CACG

Rapport d'étude

INSTITUTION ADOUR
Hautes-Pyrénées
Gers
Landes
Pyrénées-Atlantiques

# Bilan besoins-ressources sur le bassin versant de la Midouze

*La Midouze en amont de Tartas*

**Avril 2008**

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

CONSEIL REGIONAL AQUITAINE

CONSEIL RÉGIONAL MIDI-PYRÉNÉES

AFAQ ISO 9001 VERSION 2000

**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.cacg.fr

cg compagnie d'aménagement des coteaux de gascogne Aquitaine Midi-Pyrénées

Aménager les territoires et gérer l'eau

# SOMMAIRE


## PREAMBULE : CONTEXTE, OBJECTIFS DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE .....3

**1. Contexte et objectifs de l'étude .....5**

**2. Méthodologie du bilan besoins-ressources .....7**

## CHAPITRE 1 : MODELISATION DU SYSTEME DES RESSOURCES EN EAU .....9

**1. Présentation du logiciel LAGON .....11**

**2. Modélisation du réseau hydrographique .....15**
2.1. Découpage du bassin en bassins versants élémentaires .....15
2.2. Constitution du réseau hydrographique de base *dit naturel* .....15

**3. Modélisation du système de gestion .....17**
3.1. Les principaux barrages réels .....17
3.2. Les ouvrages gérés fictifs .....18
3.3. Les points de bilan .....18
3.4. Les ouvrages non gérés .....18

**4. Modélisation du système climatique et d'irrigation .....20**

**5. Modélisation du système de perturbation (ou d'influence) .....22**
5.1. Fonctions de transfert .....22
5.1.1. Notions sur l'approche « par l'amont » .....22
5.1.2. Approche menée sur le bassin de la Midouze .....23
5.1.3. Commentaires sur l'approche réalisée .....26
5.2. Fonctions de répartition .....26

## CHAPITRE 2 : ETUDE DES APPORTS NATURELS .....27

**1. Préambule : Problématique de l'évolution des débits d'étiage .....30**
1.1. Constat de la baisse des débits d'étiage mesurés sur la période de travail .....30
1.2. Analyse des causes .....32
1.2.1. Synthèse de l'analyse issue de l'Etude Midouze 2005 .....32
1.2.2. Eléments de consommation en eau de la forêt landaise .....32
1.3. Conséquence sur les bilans besoins-ressources .....33

**2. Chroniques de débits naturels disponibles .....35**
2.1. Récapitulatif des chroniques disponibles .....35
2.2. Problèmes liés à la reconstitution « classique » .....35
2.3. Besoins en matière de reconstitution .....36

**3. Méthodologie de la nouvelle reconstitution .....37**

**4. Résultats .....40**

## CHAPITRE 3 : LES BESOINS EN EAU .....45

**1. Débits consignes .....48**

1.1. Sélection des stations de référence....48
1.2. Choix des débits consignes....49
1.2.1. Rappel des conclusions de l'étude Midouze 2005....49
1.2.2. Synthèse des débits exprimés aux points de référence....50
1.2.3. Débits cibles retenus pour la constitution du premier jeu de consignes....52
1.2.4. Variantes sur les débits consignes....53

**2. Eau potable, industrie et autres prélèvements divers....54**
2.1. Prélèvements pour l'eau potable....54
2.2. Prélèvements pour l'industrie....54
2.3. Rejets....54
2.4. Autres prélèvements....55

**3. Prélèvements agricoles....56**
3.1. Les données de superficies irriguées....56
3.1.1. Sources....56
3.1.2. Travail réalisé sur les données....56
3.1.3. Cas particuliers de certains types de prélèvements agricoles....56
3.2. Le calcul des besoins unitaires....58
3.2.1. Principe....58
3.2.2. Hypothèses....58
3.2.3. Particularités de la zone des sables en terme de besoins en eau....58
3.2.4. Résultats....59
3.3. Le calcul des prélèvements agricoles....60
3.3.1. Prélèvements unitaires....60
3.3.2. Reconstitution des prélèvements....60

**4. Synthèse par sous-bassin....62**

**CHAPITRE 4 : BILANS BESOINS-RESSOURCES – CALCUL DES DEFICITS ....63**

**1. Présentation des méthodes de calcul....65**
1.1. Calcul de bilan en *système non géré*....65
1.2. Calcul de bilan en *système géré*....66

**2. Hypothèses de calcul....67**
2.1. Hypothèse sur les superficies irriguées, prélèvements AEP et rejets....67
2.2. Hypothèses de comportement et de quota d'irrigation....67
2.3. Coefficient d'efficience de gestion ($k_p$)....68
2.4. Débits consignes....68
2.5. Période de calcul des déficits....68
2.6. Synthèse....69

**3. Obtention des chroniques de deficit et calcul des valeurs statistiques de déficits absolus70**
3.1. Chroniques....70
3.2. Exemples....70
3.2.1. Exemple 1 : La Douze réalimentée par le barrage de St Jean....71
3.2.2. Exemple 2 : La Midouze de Mont-de-Marsan à Campagne....72
3.3. Méthodologie de calcul des valeurs statistiques des déficits....73
3.3.1. Type d'ajustement utilisé....73
3.3.2. Quelles valeurs statistiques ?....74

**4. Présentation du calcul des déficits résiduels....75**

**5. Simulations et résultats ..... 76**
5.1. Récapitulatif des simulations réalisées ..... 76
5.2. Résultats de déficits pour les différentes simulations ..... 76
5.3. Commentaires des résultats ..... 92
5.4. Incidence du « coefficient d'influence » nappe / rivière sur les résultats ..... 93
5.5. Les résultats à retenir ..... 95

**CHAPITRE 5 : ANALYSE SOMMAIRE DES SOLUTIONS ..... 97**

**1. Possibilités de renforcement des ressources en eau ..... 100**

**2. Proposition d'un scénario d'aménagement ..... 103**

**CONCLUSION ..... 105**

**ANNEXES ..... 109**

**Liste des Planches**

Planche 1 – Bassin versant de la Midouze ..... 6
Planche 2 – Plan schématique du modèle du système de ressources en eau de la Midouze ..... 13
Planche 3 – Carte des bve ..... 16
Planche 4 – Schéma fonctionnel ..... 19
Planche 5 – Carte des régions agricoles, postes pluviométriques et stations ETP ..... 21
Planche 6 – Evolution des débits d'étiage mesurés aux stations de Roquefort, Mont-de-Marsan et Campagne ..... 31
Planche 7 – Evolution des QMM08 ..... 44
Planche 8 – Localisation des possibilités identifiées de renforcement des ressources en eau ..... 102

**Liste des figures**

Figure 1 – Modèle de Collins sur l'influence d'un pompage en nappe sur l'écoulement en rivière ..... 23
Figure 2 – Fonctions de transfert utilisées pour le bilan besoins-ressources ..... 25
Figure 3 – Points du bassin parmi lesquels sélectionner les stations de référence ..... 48
Figure 4 – Stations de référence (ou « points de consignes ») sélectionnées ..... 49
Figure 5 – Exemple de chronique de déficit absolu ..... 70
Figure 6 – Schématisation du calcul de bilan pour cet exemple 1 ..... 71
Figure 7 – Schématisation du calcul de bilan pour cet exemple 2 ..... 72
Figure 8 – Comparaison d'un ajustement par une loi de Gauss et d'un ajustement polynomial ..... 73
Figure 9 – Incidence sur les déficits par sous-bassin du passage de 0.5 à 0.4 du coefficient d'influence des prélèvements en nappe ..... 94

**Liste des tableaux**

Tableau 1 – Caractéristiques des régions agricoles ..... 20
Tableau 2 – Méthodologie de reconstitution des débits naturels du bassin (NB bvi = « bassin versant intermédiaire ») ..... 38
Tableau 3 – Valeurs caractéristiques d'étiage naturel pour les cours d'eau principaux ..... 41

Tableau 4 – Valeurs caractéristiques d'étiage naturel pour les affluents ..... 42
Tableau 5 – Valeurs de débits aux stations de référence des rivières de coteaux ou de type intermédiaire ..... 51
Tableau 6 – Valeurs de débits aux stations de référence des rivières de la zone des sables ..... 52
Tableau 7 – Besoins unitaires théoriques : résultats synthétiques ..... 60
Tableau 8 – Synthèse des prélèvements par sous-bassin ..... 62
Tableau 9 – Quotas d'irrigation pris en compte dans les calculs de bilan ..... 67
Tableau 10 – Barrages de réalimentation du bassin de la Midouze ..... 75
Tableau 11 – Hypothèses des différentes simulations ..... 77
Tableau 12 – Résultats de déficit par scénario et par tronçon, en $Mm^3$ ..... 92
Tableau 13 – Evaluation par excès de l'influence sur les déficits de la diminution de 0.5 à 0.4 du coefficient d'influence des prélèvements en nappe ..... 94

## Liste des Abréviations Utilisées

| | | |
|---|---|---|
| BIEF | : | Un des objets de LAGON. Il correspond à un tronçon de cours d'eau constitué d'un ou plusieurs BVE successifs ; |
| BRGM | : | Bureau de Recherche Géologique et Minière ; |
| BUT | : | Besoin Unitaire Théorique annuel (mm/ha/an). Il désigne la quantité d'eau annuelle à apporter à la plante par unité de surface pour une croissance optimale ; |
| BV | : | Bassin Versant hydrologique ; |
| BVE | : | Bassin Versant élémentaire, l'objet de base de LAGON pour modéliser le réseau hydrographique ; |
| CLE | : | Commission Locale de l'Eau ; |
| DBC | : | Débit Biologique de Crise. Les valeurs de débits biologiques fournies dans le présent rapport sont issues de l'étude « Midouze 2005 » ; |
| DBO | : | Débit Biologique Optimum. Les valeurs de débits biologiques fournies dans le présent rapport sont issues de l'étude Midouze 2005 ; |
| DCR | : | Débit de Crise. Valeur réglementaire exprimée dans le SDAGE ; |
| DEF | : | Déficit, calculé comme la différence entre les besoins et les ressources sur un bassin, et pour une période donnée (calcul au pas de temps journalier) ; |
| DMS | : | Débit Minimum de Salubrité. Notion exprimée, au droit des points de consigne des ouvrages de réalimentation actuels du bassin de la Midouze, par l'arrêté interpréfectoral du 06 Juillet 2004 ; |
| DOE | : | Débit Objectif d'Etiage. Valeur réglementaire exprimée dans le SDAGE ; |
| DSG ou QSG | : | Débit seuil de gestion, exprimé au niveau du point de consigne d'un barrage de réalimentation dans le plan d'exploitation de l'ouvrage ; c'est un objectif de gestion sans valeur réglementaire ; |
| DSR | : | Débit Seuil de Restriction. Notion exprimée, au droit des points de consigne des ouvrages de réalimentation actuels du bassin de la Midouze, par l'arrêté interpréfectoral du 06 Juillet 2004 ; |
| ETAC | : | Ensemble Tactique. C'est un des objets de LAGON. Il correspond à un axe hydraulique constitué d'un ou plusieurs BIEF successifs ; |
| ETP | : | Evapotranspiration potentielle des plantes ; |
| Etude Midouze 2005 | : | Fait référence à l' « Etude contribuant à la mise en place d'une gestion globale et équilibrée sur le bassin versant de la Midouze par une détermination hydrobiologique de débits de référence », CACG, Juin 2005, réalisée pour le compte de la Préfecture des Landes – Mission Interservices de l'Eau (40) ; |
| INF | : | Elle désigne une influence ou une perturbation sur les débits des cours d'eau, exprimée en débit ; |
| $k_c$ | : | Coefficient cultural, intervenant dans le calcul des BUT ; |
| $k_p$ | : | Coefficient d'efficience de gestion, traduisant les performances de la gestion ; |

| | | |
|---|---|---|
| LAGON | : | Logiciel informatique développé par la CACG pour l'étude des bilans besoins-ressources en eau ; |
| QMJ | : | Débit mesuré journalier ; |
| QNJ | : | Débit naturel journalier ; |
| $Q_{obj}$ | : | Débit objectif au niveau d'un point de consigne ; |
| RA | : | Région agricole ; |
| RFU | : | Réserve en eau Facilement Utilisable (mm). Elle correspond à la quantité d'eau du sol en dessous de laquelle une plante flétrit. Les doses d'irrigation sont en général calculées à partir de la RFU et on irrigue dès que celle-ci est épuisée. |
| RU | : | Réserve Utile du sol (mm). Elle correspond à la capacité de rétention du sol (le volume d'eau que le sol est susceptible d'absorber) ; |
| SDGE 1994 | : | Schéma Directeur de Gestion des Etiages du bassin de l'Adour : Etude réalisée en 1994 par le groupement CACG, CARA et CEMAGREF pour le compte de l'Institution Adour ; |
| SI | : | Surface irriguée (ha). |

# RESUME

Le bassin de la Midouze, en tant qu'affluent de l'Adour, a fait l'objet d'un bilan besoins-ressources dans le cadre du Schéma Directeur de Gestion des Etiages du bassin de l'Adour de 1994. A cette occasion, ce bassin est apparu fortement déficitaire.
En outre, les dernières années ont vu la succession de situations de crise en étiage, rendant d'autant plus urgente la mise en place d'un outil de gestion tel que le SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Dans ce but, la commission locale de l'eau a été installée le 9 mars 2005 et l'Institution Adour a alors été choisie pour être la structure porteuse du SAGE Midouze.

C'est dans le cadre de ce SAGE Midouze que la commission « quantité » a souhaité engager une étude visant à actualiser le bilan besoins-ressources réalisé en 1994 et à l'affiner par tronçons. Ce sont les objectifs de la présente étude.

Les nouveaux bilans besoins-ressources ont été réalisés à l'aide du logiciel LAGON développé par la CACG. Les différentes étapes préalables aux calculs proprement dits sont la modélisation du système des ressources en eau, l'étude des apports naturels (reconstitution des débits naturels), l'évaluation des besoins en eau et la fixation de débits consignes :

- Une modélisation fine du système a été effectuée en introduisant les différents barrages de réalimentation, les points de consigne intermédiaires… de manière à pouvoir prendre en compte sa complexité et sectoriser les déficits par tronçon ;
- Une nouvelle reconstitution des débits naturels a été menée à l'aide de modèles pluie-débit et en utilisant les anciennes chroniques de débits naturels comme base de calage ou pour contrôler la cohérence des nouvelles chroniques ;
- Les besoins en eau pris en compte correspondent aux prélèvements actuels pour l'eau potable, l'industrie et l'irrigation ainsi qu'aux débits à maintenir dans les rivières, exprimés sous forme de débits consignes dont les valeurs ont été sélectionnées parmi les débits biologiques, débits naturels, consignes de gestion actuelles et DOE du SDAGE.

Plusieurs simulations (7 au total) ont été réalisées à la demande du comité de pilotage, tenant compte de caractéristiques différentes des régions agricoles et de plusieurs combinaisons de débits consignes.

La simulation validée par la CLE du SAGE Midouze (scénario2d du présent rapport) a mis en évidence un déficit résiduel[1] de 18 $Mm^3$ sur le bassin, calculé sur la base du déficit décennal LAGON correspondant à un taux de défaillance quinquennal en avenir incertain sur les axes réalimentés (satisfaction des besoins 4 années sur 5). Ce déficit se réparti comme suit :

- 5 $Mm^3$ environ proviennent de la partie amont, réalimentée,
- 6 $Mm^3$ environ proviennent de l'axe Midouze et sont liés à l'importance du débit objectif à Campagne pris égal au DOE,
- près de 3 $Mm^3$ de déficit sont localisés dans le bassin du Ludon,
- les 4 $Mm^3$ restants proviennent des affluents et des bassins aval de la Douze et du Midou, où la pression de prélèvement est forte.

La valeur quinquennale sèche du déficit résiduel LAGON s'élève à 12 $Mm^3$.

[1] Déduction faite des volumes mobilisés dans les retenues de réalimentation existantes.

Il est important de garder à l'esprit sur quelles bases ces valeurs de déficit ont été obtenues. Ainsi, les principales hypothèses de calcul à retenir sont les suivantes :

- La période de calcul des déficits couvre 22 semaines, du 01/06 au 31/10 de chaque année, et est basée sur les données hydrologiques et climatiques de la période 1969-2006. Compte tenu de l'évolution climatique maintenant avérée et des dérives observées sur la chronique (baisse des débits naturels d'étiage, diminution de la pluie efficace) dont le prolongement dans l'avenir est probable, l'incertitude sur les déficits va plutôt dans le sens d'une sous-estimation de ceux-ci par rapport à la situation à venir. Cependant, la méthode classique de détermination des déficits à partir de la chronique disponible a été conservée car il nous est apparu trop hasardeux de chercher à prolonger les tendances ;
- Les quotas d'irrigation appliqués pour les bilans correspondent aux besoins unitaires théoriques (BUT) quinquennaux secs des cultures. Ils sont variables d'une région agricole à l'autre ;
- Le coefficient d'efficience de gestion a été pris égal à 1.2 pour les axes réalimentés et à 1 pour les axes non réalimentés.

Les solutions de compensation des déficits ont été examinées de manière succincte. La mobilisation de ressources nouvelles (déjà identifiées lors d'études antérieures) pourrait permettre d'atteindre les objectifs de débit sur les axes principaux : Midou, Douze et Midouze. En revanche, des solutions restent à trouver sur quelques affluents de la zone des sables, en particulier sur le Ludon, affluent du Midou en amont de Mont-de-Marsan, qui subit une pression de prélèvement très forte.

# PREAMBULE : CONTEXTE, OBJECTIFS DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE

# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le bassin de la Midouze (présenté sur la carte de la Planche 1), en tant qu'affluent de l'Adour, a fait l'objet d'un bilan besoins-ressources et de calculs de déficit dans le cadre du Schéma directeur de gestion des étiages du bassin de l'Adour de 1994, réalisé par un groupement constitué du CEMAGREF, de la CARA et de la CACG, à la demande de l'Institution Adour et basé sur des données de 1992. Les débits de référence du SDAGE (DOE et DCR) à Campagne ont alors été déterminés sur la base des débits caractéristiques d'étiage calculés à cette occasion.
Ce bassin était alors apparu fortement déficitaire. Pour un débit objectif à Campagne pris égal au DOE (7 $m^3$/s), cette étude avait en effet estimé le déficit décennal absolu entre 16 et 37 $Mm^3$ en fonction des hypothèses sur l'évolution des surfaces irriguées, soit 8 à 29 $Mm^3$ de déficit résiduel.

Depuis, le service chargé de la police de l'eau de la DDAF des Landes a entrepris une nouvelle étape vers la mise en place d'un outil de gestion de la ressource en eau en faisant réaliser l' « Etude contribuant à la mise en place d'une gestion globale et équilibrée sur le bassin versant de la Midouze par une détermination hydrobiologique de débits de référence » (réalisée par la CACG et finalisée en 2005). Cette étude a permis la détermination de débits biologiques (DBO : débit biologique optimum et DBC : débit biologique de crise) en une vingtaine de stations de référence et de débits de dilution nécessaires au maintien de la qualité de l'eau, au niveau des principaux foyers de pollution.

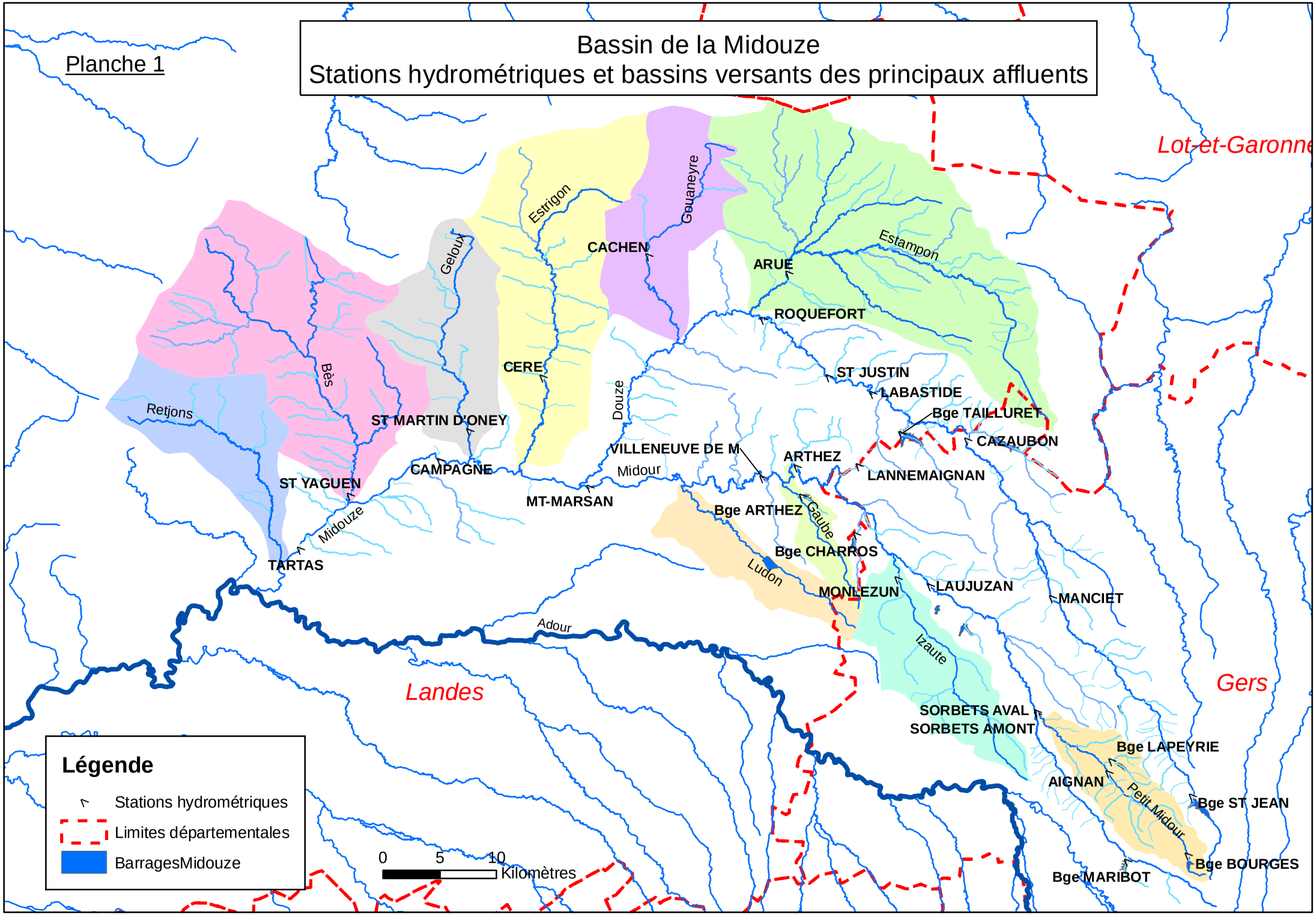
Les dernières années ont vu la succession de situations de crise en étiage sur le bassin versant de la Midouze, rendant d'autant plus urgente la mise en place d'un outil de gestion tel que le SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Dans ce but, la commission locale de l'eau a été installée le 9 mars 2005 et l'Institution Adour a alors été choisie pour être la structure porteuse du SAGE.

C'est dans le cadre de ce SAGE Midouze que la commission « quantité » a souhaité engager une étude visant à réactualiser le bilan besoins-ressources réalisé en 1994 et à l'affiner par tronçons.

Ce nouveau bilan besoins-ressources fait l'objet de la présente étude.
Il s'agit de confronter les ressources du bassin aux besoins en eau et à des débits objectifs. Le choix des stations de référence et des débits cibles y est basé sur une synthèse des résultats de l'étude « débits de référence » de 2005. Une des composantes importantes de ce nouveau bilan est la reconstitution d'une chronique actualisée de débits naturels (période 1969-2006), permettant la prise en compte de 15 années de données hydrologiques supplémentaires dont des années très sèches comme 2002, 2003, 2005, 2006.

Planche 1

# Bassin de la Midouze
## Stations hydrométriques et bassins versants des principaux affluents



# 2. METHODOLOGIE DU BILAN BESOINS-RESSOURCES

Le calcul des bilans besoins ressources sur le bassin de la Midouze est réalisé à l'aide du logiciel LAGON développé par la CACG qui autorise la prise en compte des complexités du système de gestion (nécessairement représenté alors de façon modélisée) et l'intégration des différents barrages, vannes, points de consigne,…
Ce logiciel permet de confronter, au pas de temps journalier, les valeurs des ressources en eau sur un sous-bassin donné à la somme des besoins en eau correspondant aux usages consommateurs (prélèvements – rejets) et aux objectifs de débit à maintenir en sortie du bassin.

Les résultats du bilan sont les déficits par sous-bassin.

Les déficits se calculent comme la somme des déficits journaliers sur une période donnée (ici la période retenue est du 01/06 au 31/10 de chaque année). Le déficit journalier correspond, pour un débit objectif, à la différence des besoins moins les ressources, lorsque celles-ci sont inférieures aux besoins :

$$Def(J) = Max\left[\, 0\,;\, Qobj \times k_p - QNJ - INF - Qéchangé \,\right]$$

Où Def(J) est le déficit journalier,
Qobj est le débit objectif au niveau du point de bilan considéré,
$K_p$ est un coefficient traduisant les performances de la gestion,
QNJ est le débit naturel journalier du sous-bassin,
INF est la somme algébrique des influences journalières (prélèvements, rejets) où les prélèvements sont négatifs et les rejets positifs,
Qéchangé est le débit total d'échange entre le bassin versant considéré et d'autres bassins versants (apports des affluents, transferts,…).

Ces calculs nécessitent donc une bonne connaissance des besoins et des ressources avec en particulier :

- Pour les ressources : il s'agit d'évaluer les ressources naturelles du bassin. La démarche consiste à reconstituer les débits naturels en différents points du bassin. Cette étape peut-être réalisée à partir des débits mesurés et par reconstitution de la demande en eau et des réalimentations, ou bien par l'intermédiaire de modèles pluie-débit. C'est cette seconde possibilité qui a été mise en œuvre pour cette étude.
  La période de reconstitution est ici 1969-2006. Les bilans sont donc basés sur les ressources naturelles du bassin pour cette période passée.
- Pour les besoins : il s'agit de faire un inventaire complet des besoins en eau : pour l'agriculture (la demande s'exprime en superficie irriguée, ce qui nécessite un calcul des besoins en eau par hectare irrigué), pour l'eau potable (prélèvements et rejets), pour la salubrité et la vie aquatique (ces besoins s'expriment au travers d'objectifs de débit à garantir en différents points du bassin),…
  Les bilans sont basés sur les besoins actuels et/ou un scénario d'évolution des besoins à définir en concertation avec le comité de pilotage.

Le corps du rapport présente les différentes étapes de la démarche :

1. Modélisation du système des ressources en eau (première étape nécessaire en vue de l'utilisation de l'outil de calcul LAGON),
2. Les ressources : méthode et résultats de la reconstitution des débits naturels,
3. Les besoins en eau,
4. Les bilans besoins-ressources proprement dits,
5. L'analyse sommaire des solutions possibles pour combler les déficits.

# CHAPITRE 1 : MODELISATION DU SYSTEME DES RESSOURCES EN EAU

# 1. PRESENTATION DU LOGICIEL LAGON

Le logiciel LAGON est utilisé pour les calculs de bilans besoins-ressources, calculs intermédiaires (besoins unitaires des cultures, prélèvements agricoles, débits naturels,…) et calculs des déficits volumiques en eau de surface. Il est conçu spécialement pour des systèmes de ressources en eau gérés.
Ces derniers sont essentiellement composés de ressources en eau de surface, véhiculées dans les cours d'eau et/ou stockées dans des réservoirs. Ils concernent également les ressources souterraines dont les perturbations génèrent des influences partielles et/ou décalées sur les régimes hydrauliques de surface.

Le calcul repose sur une structure bien définie du système des ressources en eau considéré et une connaissance importante des besoins et des ressources en eau. Il faut donc commencer par mener une analyse physique du problème à étudier et modéliser le système, à savoir :

- Modélisation du réseau hydrographique du bassin de la Midouze ;
- Modélisation du système de gestion ;
- Modélisation du système climatique et d'irrigation ;
- Modélisation du système de perturbation (ou influence) ;

Les paragraphes ci-après détaillent chaque étape. Le schéma fourni en Planche 2 permet de visualiser les choix de modélisation effectués et indique les principaux objets utilisés dans LAGON.

## Légende

- 06Midouz — Bassin versant élémentaire (bve)
- Axe de rivière avec points-limites de bve
- ST JUSTIN — Point consigne
- B-SJean — Ouvrage géré (le nom débutant par B-... Indique une vanne de barrage, celui débutant par VF-... une vanne fictive)
- CHARROS — Barrage
- Ensemble tactique

# Planche 2 - Modélisation du bassin versant de la Midouze en vue du bilan besoins-ressources à l'aide du logiciel LAGON

# 2. MODELISATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

La modélisation du réseau hydrographique est l'étape de base de toute la modélisation d'un système de ressources 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.

## 2.1. Découpage du bassin en bassins versants élémentaires

Les mailles surfaciques élémentaires sont les BVE (bassins versants élémentaires). Le découpage doit être tel qu'il permette de reconstituer informatiquement l'architecture du réseau hydrographique naturel par l'établissement des liens entre les BVE.

Nous avons utilisé comme bases à ce découpage :

- pour la partie amont du bassin, réalimentée, le découpage en bassin versant élémentaire utilisé dans RIO (logiciel de gestion des eaux de la CACG) ;
- et, pour le reste du bassin, le découpage en zone hydrographique de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne.

Ces découpages ont parfois du être affinés : introduction d'une limite supplémentaire au droit d'une station de mesures, d'un point de bilan, d'un barrage, d'un affluent, d'une limite de région agricole…

Le bassin versant de la Midouze a ainsi été découpé en 104 BVE qui sont présentés dans le tableau joint en annexe avec les surfaces des bassin versants correspondantes et sur la carte jointe en Planche 3.

## 2.2. Constitution du réseau hydrographique de base *dit naturel*

La constitution du réseau hydrographique de base (dit naturel ou pseudo-naturel) se fait par l'établissement des liens entre les BVE. Le réseau ainsi construit doit, pour l'essentiel, rester conforme au réseau naturel, mais également permettre de répondre aux besoins de l'étude des scénarios des bilans besoins-ressources.
Le réseau hydrographique constitué est illustré sur la Planche 2 par les attachements des BVE.

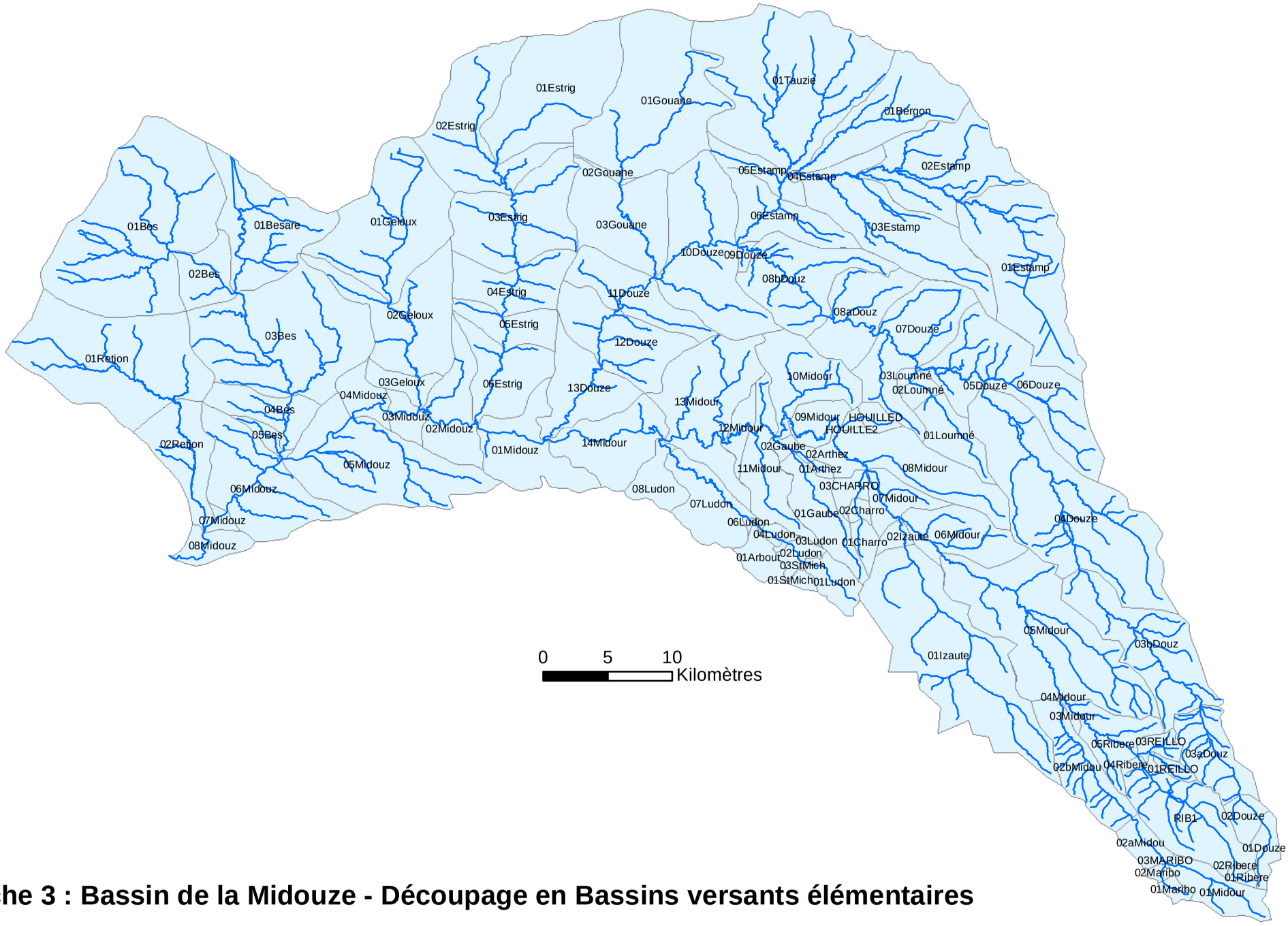



**Planche 3 : Bassin de la Midouze - Découpage en Bassins versants élémentaires**

# 3. MODELISATION DU SYSTEME 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 :

*Pour tout système de ressource en eau (géré ou non) :*

- Ouvrage non géré (prise ou vanne) ;
- Station de mesure ;
- Point de bilan.

*Pour les systèmes de ressource en eau gérés :*

- Ouvrage géré (prise ou vanne) ;
- Lac ;
- Bief ;
- Ensemble tactique (ETAC).

Les *station de mesure, point de bilan, ouvrage géré, ouvrage non géré, lac* sont des objets ponctuels. Les *bief et ensemble tactique* sont des objets structurels.

Une explicitation des objets est fournie en annexe. Les objets pris en compte dans le modèle Midouze sont indiqués sur le schéma de la Planche 2 (indication des bve, ensembles tactiques, stations de mesures, lacs, ouvrages gérés et non gérés) et sont listés dans les tableaux fournis en annexe (listes complètes de tous les objets).

Cette modélisation fine permet de rendre compte de la complexité du fonctionnement du système. En particulier, nous pourrons retenir que les objets entrés dans le modèle permettent d'intégrer les différents éléments décrits dans les paragraphes suivants (barrages, ouvrages gérés fictifs, points de bilan…). Un schéma fonctionnel est fourni en Planche 4.

## 3.1. Les principaux barrages réels

Les principaux barrages de réalimentation du bassin ont été pris en compte. Il s'agit des 7 ouvrages de réalimentation actuellement gérés par la CACG (barrages de Maribot, Bourges, Lapeyrie, Charros et Arthez pour le bassin du Midour et de St Jean et Tailluret dans le bassin de la Douze) et des 2 barrages de réalimentation du bassin du Ludon : St Michel et St Gein.

Ainsi, 9 barrages ont été modélisés, sous la forme d'une association lac–ouvrage géré : l'objet lac permet de modéliser le volume de stockage et chacun de ces lacs est affublé en sortie d'un ouvrage géré (vanne) indexé sur un point de consigne aval : le débit prélevé dans le lac et injecté dans la rivière, autrement dit le lâcher de barrage, est calculé en fonction de la consigne de débit exprimée au point consigne aval et des apports et prélèvements intermédiaires.

A l'heure actuelle, la gestion des barrages du Ludon n'est pas aussi précise. Les bilans sont donc basés sur l'hypothèse, à atteindre, d'une amélioration de cette gestion.

## 3.2. Les ouvrages gérés fictifs

Dans la mesure où des débits consignes ont été introduits pour les simulations sur des axes actuellement non réalimentés, des ouvrages gérés y ont été associés, localisés à l'extrémité amont de l'axe concerné. On respecte alors la contrainte de Lagon : 1 point de consigne – 1 ouvrage géré.

Ces ouvrages gérés fictifs sont un outil de modélisation pour calculer et localiser les déficits sur ces rivières actuellement non gérées. Ils permettent d'évaluer le volume qu'il faudrait injecter dans la rivière pour assurer la consigne, compte tenu des ressources naturelles et des influences du bassin.

Ils sont dénommés VF-… pour « Vanne Fictive » suivi d'une indication permettant de localiser l'ouvrage.

Ainsi, par exemple :

- VF-Estrig, associé au point de bilan Cère, permet de calculer le déficit éventuel sur l'ensemble tactique Estrigon pour assurer la consigne à Cère et éviter l'assèchement de la rivière en aval en tenant compte des apports naturels et des prélèvements. Cette vanne a été implantée complètement en amont de l'Estrigon. Le déficit « Estrigon » correspondra au volume calculé par LAGON à injecter au travers de VF-Estrig ;
- VF-Mtma, associé au point de bilan Campagne sur la Midouze, permet de calculer le déficit sur le tronçon Mont-de-Marsan – Campagne compte tenu de la consigne à Mont-de-Marsan (le déficit qu'engendre cette consigne amont étant, lui, évidemment, localisé en amont de Mont-de-Marsan) et de la consigne à Campagne.

## 3.3. Les points de bilan

A chacun des ouvrages gérés précédemment décrits (vannes des barrages existants et ouvrages gérés fictifs) est associé un point de bilan au niveau duquel est fixée la consigne de gestion de l'ouvrage géré (ou débit objectif).

Ainsi, le modèle Midouze est constitué de 21 points de bilan au total (20 points[1] que nous pouvons également appeler points de consigne ou « stations de référence » proposées et validées en comité de pilotage et 1 point de bilan fictif –outil de modélisation- pour la gestion du barrage de St Michel sur le Ludon).

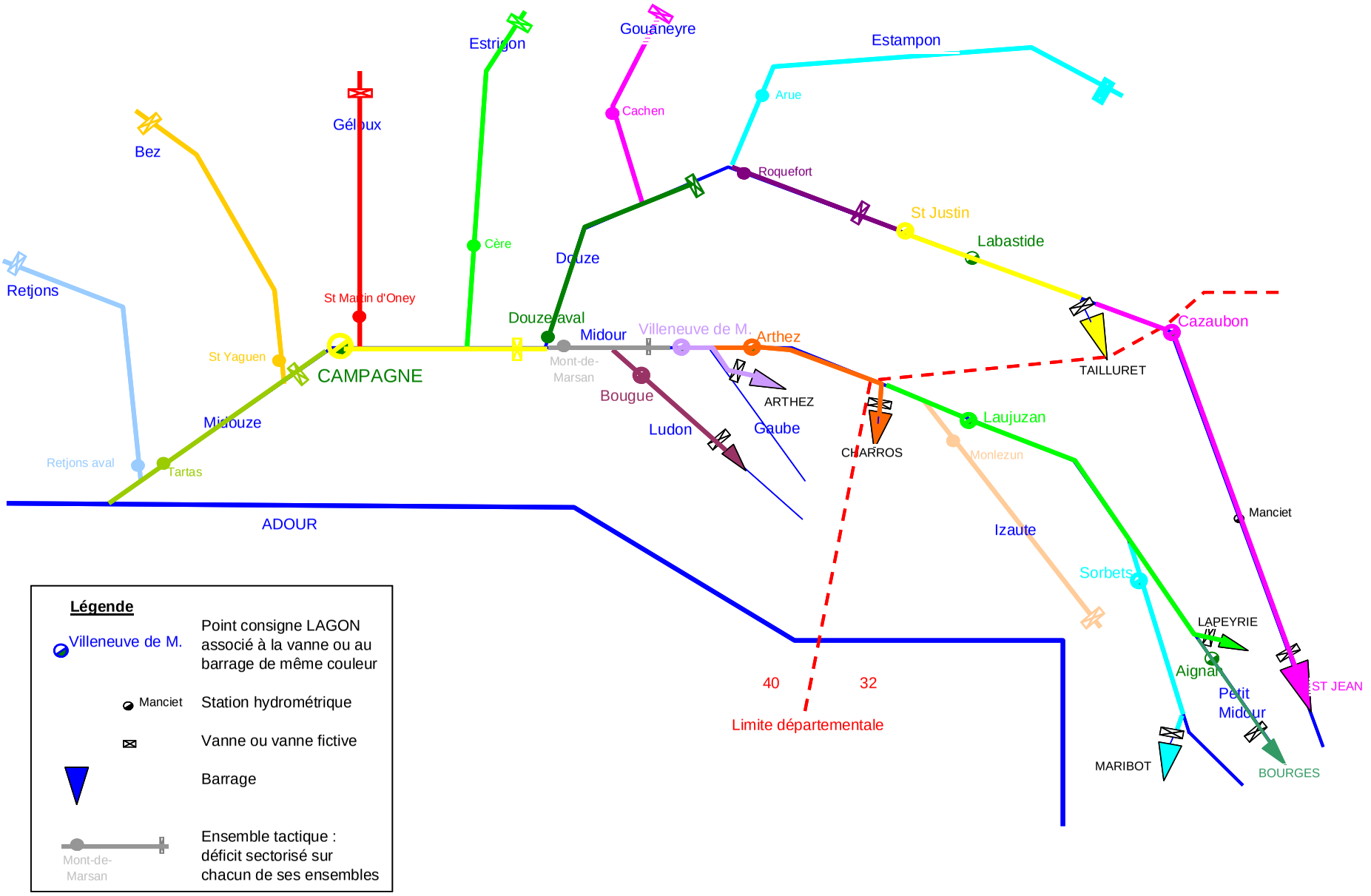
## 3.4. Les ouvrages non gérés

Nous n'avons pas introduit d'ouvrage non géré dans la modélisation du système Midouze.

[1] Les modalités de sélection de ces 20 points sont présentées au Chapitre 3, §1.1

# BASSIN DE LA MIDOUZE - MODELISATION LAGON

## Planche 4 : schéma fonctionnel




**Légende**

| | |
|---|---|
| Villeneuve de M. | Point consigne LAGON associé à la vanne ou au barrage de même couleur |
| Manciet | Station hydrométrique |
| | Vanne ou vanne fictive |
| | Barrage |
| Mont-de-Marsan | Ensemble tactique : déficit sectorisé sur chacun de ses ensembles |

# 4. MODELISATION DU SYSTEME 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. Elles jouent un rôle intermédiaire entre les ressources en eau et les objets de consommation d'eau (ex : les différents prélèvements). 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 dans LAGON pour le calcul des besoins unitaires des cultures (BUT).

Le bassin de la Midouze a été découpé en 5 régions agricoles (voir la délimitation de ces régions sur la carte de la Planche 5).

Ces caractéristiques sont fournies dans le tableau ci-après. Les lignes « répartition des postes pluviométriques » et « répartition des ETP » indiquent les stations climatologiques caractéristiques de la RA que nous avons utilisées pour le calcul des BUT. Notons que l'assolement pris en compte correspond à l'assolement « actuel » (dernières données disponibles, recueillies auprès de la DRAF Aquitaine pour la partie landaise du bassin et de la DDAF32 pour la partie gersoise du bassin).

**Tableau 1 – Caractéristiques des régions agricoles**

| **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<br>30%Maumusson | 100%Salles | 100% Mont-de-Marsan | 100% Mont-de-Marsan |
| **Répartition des ETP** | | 50% Ossun<br>50% Mont-de-Marsan | 50% Ossun<br>50% Mont-de-Marsan | 30%Ossun<br>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** *(sources : DRAF Aquitaine et DDAF32)* | | 60%Maïs<br>30%Soja<br>6%Fèves et féveroles<br>3%Pois<br>1%Maïs Doux | 60%Maïs<br>30%Soja<br>6%Fèves et féveroles<br>3%Pois<br>1%Maïs Doux | 91%Maïs<br>4%Soja<br>2%Maïs doux<br>1%Haricots<br>1%Fèves et féveroles<br>1%Pois | 85%Maïs<br>7%Maïs doux<br>4%Haricots verts<br>3%Asperges<br>1%Prairies | 78%Maïs<br>12%Maïs doux<br>5%Haricots verts<br>5%Asperges |

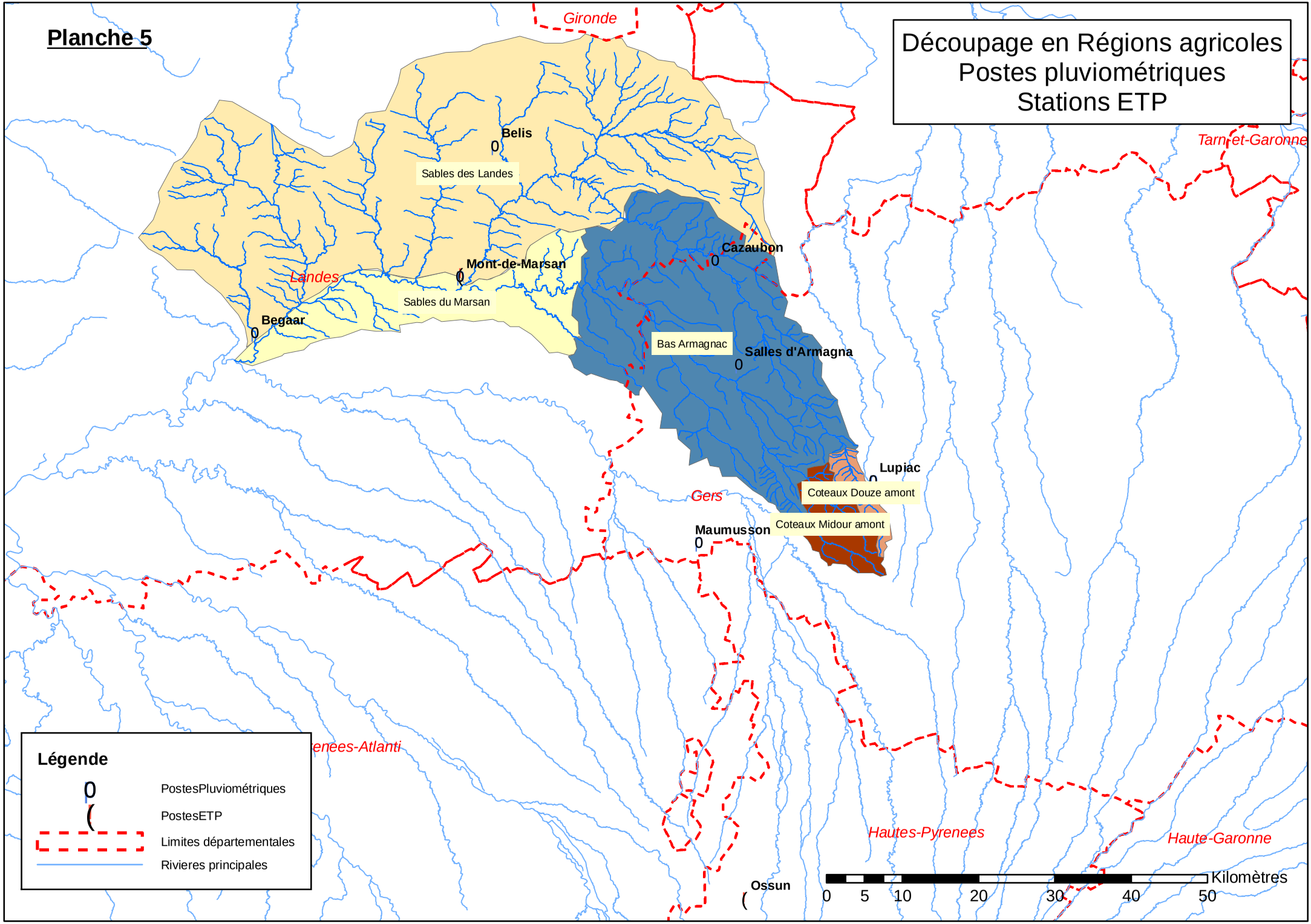


Planche 5
Découpage en Régions agricoles
Postes pluviométriques
Stations ETP
Gironde
Tarn-et-Garonne
Belis
Sables des Landes
Cazaubon
Mont-de-Marsan
Landes
Sables du Marsan
Begaar
Bas Armagnac
Salles d'Armagna
Lupiac
Coteaux Douze amont
Gers
Maumusson
Coteaux Midour amont
enees-Atlanti
Hautes-Pyrenees
Haute-Garonne
Ossun
Légende
PostesPluviométriques
PostesETP
Limites départementales
Rivieres principales
Kilomètres
0 5 10 20 30 40 50

# 5. MODELISATION DU SYSTEME DE PERTURBATION (OU D'INFLUENCE)

Le système de perturbation (ou d'influence) est un acteur principal du système de ressources en eau. Il comprend toutes les perturbations directes ou indirectes sur les ressources en eau de surface (ex : prélèvements, rejets) et les fonctions descriptives (ex : fonction de transfert, fonction de répartition) si nécessaires.

LAGON considère les prélèvements dans les nappes comme des prélèvements indirects. Il utilise des fonctions de transfert pour évaluer leur influence équivalente sur les débits des cours d'eau. Par ailleurs, il emploie des fonctions de répartition pour décrire la répartition mensuelle au cours de l'année des prélèvements AEP, industriels, des prélèvements divers et des rejets.

Les hypothèses retenues pour les prélèvements proprement dits (superficies irriguées pour les prélèvements agricoles, débits prélevés pour l'eau potable,…) sont fournies plus loin. Nous ne présentons ici que la modélisation du système d'influence réalisée au travers des fonctions de transfert et de répartition.

## 5.1. Fonctions de transfert

Dans le bassin de la Midouze, la problématique de l'influence des prélèvements en nappe sur les écoulements superficiels est primordiale. En effet, ces prélèvements représentent environ 70% des prélèvements d'eau totaux du bassin et il est certain qu'une partie plus ou moins importante s'effectue au détriment des écoulements superficiels.
La présence de plusieurs aquifères interconnectés rend passablement complexe la détermination du taux d'influence d'un pompage en nappe sur le débit des rivières et la détermination directe des influences « par l'amont », c'est à dire en partant des captages, est quasiment impossible sauf si elle s'effectue à l'aide d'un modèle mathématique de nappe.

### 5.1.1. Notions sur l'approche « par l'amont »

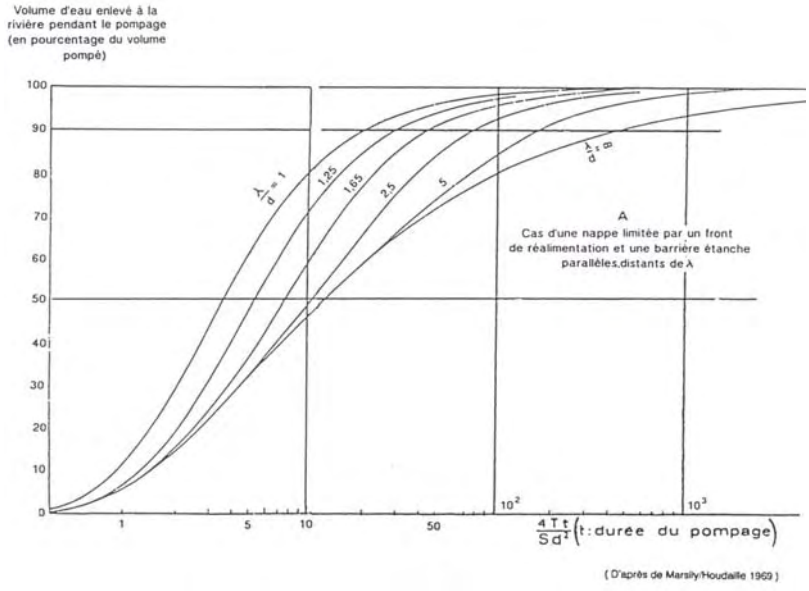
Pour un captage donné, on peut évaluer l'influence du pompage en nappe sur le volume d'eau s'écoulant dans la rivière, au travers notamment du modèle de Collins. Ce modèle permet d'évaluer l'influence au travers des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (T et S), de la durée du pompage et de la distance au cours d'eau.

Prenons un exemple pour illustrer ce modèle. Pour un pompage donné, dans le contexte suivant :

- Transmissivité T= 0.01 m²/s,
- Coefficient d'emmagasinement S = 5%,
- Durée du pompage t = 2.5 mois,
- Distance du cours d'eau d = 700m.

→ $4\,Tt / Sd^2 = 10.5$ → l'influence varie entre 45 et 80% selon les conditions aux limites.

**Figure 1 – Modèle de Collins sur l'influence d'un pompage en nappe sur l'écoulement en rivière**




Plus un captage est proche d'un cours d'eau, plus son débit est élevé (symptomatique d'une bonne diffusivité T/S), plus la durée du pompage est longue et… plus l'influence est forte sur le cours d'eau.

En d'autres termes, pour une durée de pompage au moins égale à 1 mois, pour tout captage situé à moins de 500 m d'un cours d'eau, le taux d'influence varie entre 60 et 85% et pour tout captage situé à moins de 1000 m, il varie entre 40 et 70 %.

A l'échelle d'un secteur exploité, ou a fortiori d'un sous-bassin, les phénomènes se compliquent par suite des interférences entre ouvrages et rendent ce type de calculs impossibles : il faut utiliser un modèle, qui devra restituer dans son fonctionnement en transitoire la variation dans le temps du débit du cours d'eau due au développement des prélèvements. L'approche « par l'amont » n'est donc pas utilisable dans le cadre de la présente étude. Toutefois, cet examen succinct du modèle de Collins nous donne un premier ordre de grandeur de l'influence des pompages en nappe.

### 5.1.2. Approche menée sur le bassin de la Midouze

Dans le cadre de la présente étude, nous avons donc mené une réflexion globale « par l'aval » qui nous est apparue comme la seule approche possible, basée sur :

1. L'évaluation globale (au niveau des stations hydrométriques du Midou à Mont-de-Marsan et de la Midouze à Campagne) de l'influence de l'ensemble des prélèvements en nappe sur le débit d'étiage des cours d'eau ;
2. La comparaison de cette influence, exprimée en volume et en débit, avec le volume et le débit des prélèvements correspondants, fournissant un coefficient global d'influence ;
3. La recherche d'une péréquation permettant d'établir des coefficients d'influence partiels, par aquifère et par zone.

Cette approche est détaillée en annexe dans le document « Impact des prélèvements dans les nappes sur les écoulements superficiels du bassin » présenté et diffusé au comité de pilotage en avril 2007 et soumis à la validation du BRGM[1] et du service hydrogéologie du conseil général des Landes.

Cette analyse a débouché sur la délimitation de domaines hydrogéologiques et sur la détermination de coefficients d'influence globaux en volume, résultant de l'analyse des écarts entre débits naturels et débits mesurés. Ces derniers ont été évalués à :

- 1 à l'amont de la station hydrométrique de Mont-de-Marsan sur le Midou,
- 0.5 à l'amont de la station de Campagne sur la Midouze.

Une répartition des coefficients d'influence par domaine et par aquifère a, de là, été proposée. Pondérés des surfaces irriguées correspondantes, ces coefficients redonnent le coefficient d'influence global de 0.5 à Campagne.

Pour calculer les influences en débit et tenir compte en particulier des effets retardés des pompages en nappe, deux types de fonction de transfert ont été proposés :

- 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 directement basé sur la fonction qui avait été calée sur le bassin de l'Adour lors du SDGE 1994,
- la fonction 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.

Ces fonctions de transfert sont appliquées selon le domaine et l'aquifère concerné, avec le coefficient d'influence traduisant le rapport en volume du pompage équivalent en rivière sur le volume prélevé en nappe.
Elles sont du type deuxième ordre avec retard. L'influence se prolonge plusieurs semaines après l'arrêt du pompage.

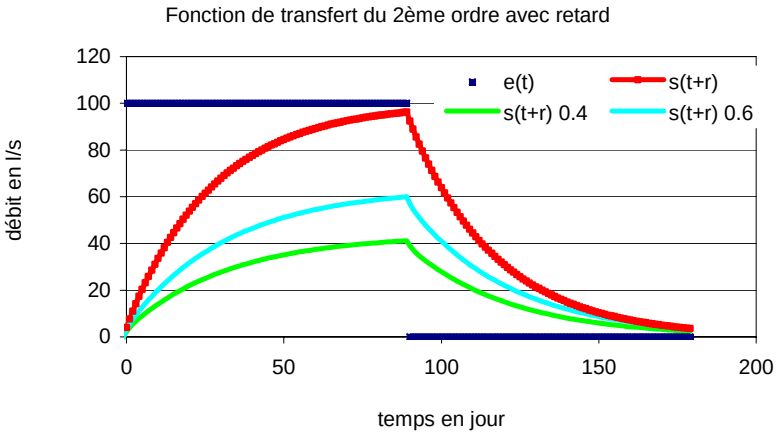
Les courbes correspondantes sont données ci-après pour la fonction de type 1 avec des coefficients de 1, 0.6 et 0.4 et pour la fonction de type 2 avec un coefficient de 0.25. Sur ces graphiques, e(t) représente un pompage en nappe (entrée) fictif constant de 100 l/s pendant 90 jours et s(t+r) le pompage équivalent en rivière (sortie).

[1] Qui n'a malheureusement pas donné son avis.

**Figure 2 – Fonctions de transfert utilisées pour le bilan besoins-ressources**

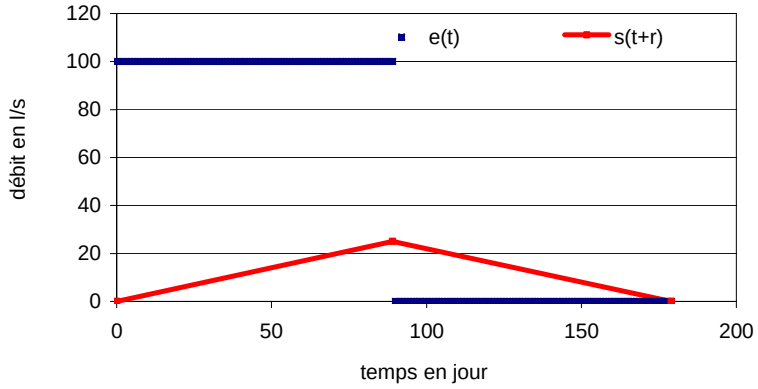
**Fonction type 1**

Dissymétrique ; l'influence diminue rapidement avec l'arrêt des prélèvements

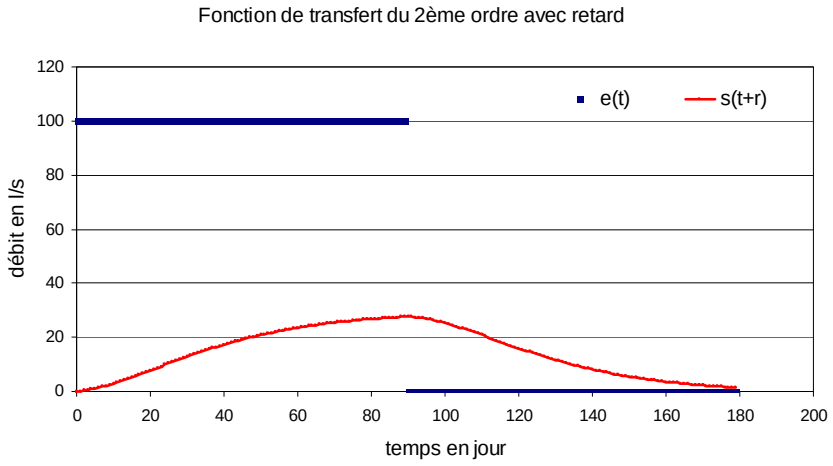



**Fonction type 2**

Fonction symétrique : l'influence des prélèvements est plus retardée




Concrètement, la mise en œuvre d'une fonction de type 2 parfaitement symétrique n'est pas réalisable avec les fonctions de deuxième ordre avec retard. La fonction de type 2 que nous utilisons pour les bilans n'est donc pas tout à fait symétrique (en fait, l'impact sur les 90 premiers jours est 57% du volume pompé x coeff, alors que celui de la fonction de type 1 est de 71% x coeff et que celui d'une fonction exactement symétrique serait de 50% x coeff). Elle a la forme suivante :




Les détails et les fonctions de transfert retenues par secteur et par aquifère sont fournis dans le document joint en annexe.

### 5.1.3. Commentaires sur l'approche réalisée

L'approche proposée est une approche « par l'aval » qui assimile l'influence des prélèvements à l'écart entre les débits mesurés et les débits naturels reconstitués à l'aval du bassin. L'influence des prélèvements dans les nappes est ensuite calculée par la différence de l'écart total moins les prélèvements en rivière.

Une décomposition de l'influence globale à l'intérieur du bassin a secondairement été recherchée par une zonation basée sur le caractère plus ou moins direct des relations nappes-rivières.

Les coefficients obtenus traduisent une influence globale en volume. La traduction en débit a été effectuée par le biais de fonctions de transfert.

Cette approche est certainement imprécise mais ses résultats semblent tout à fait satisfaisants pour l'utilisation à laquelle ils sont réservés, à savoir la réalisation du bilan besoins-ressources sur le bassin de la Midouze.

En effet :

- ses variantes conduisent à des résultats cohérents,
- elle présente le gros avantage de garantir la cohérence débits mesurés / débits naturels / influences, ce qui est important dans l'optique du bilan besoins-ressources,
- et, comme nous le verrons en fin de document lors de la présentation des résultats, si l'on teste quelle serait l'incidence sur les résultats de la diminution de 0.5 à 0.4 du coefficient global en volume, elle apparaît relativement faible.

## 5.2. Fonctions de répartition

Les fonctions de répartition traduisent la répartition des prélèvements, mois par mois, au sein d'une année : la fonction de répartition est donc composée de 12 coefficients.

Pour les prélèvements AEP et industriels, les prélèvements sont supposés constants tout au long de l'année. Tous les rejets identifiés étant ceux correspondant à ces prélèvements, ils sont aussi supposés constants tout au long de l'année. La fonction de répartition pour les prélèvements AEP et industriels et les rejets est donc composée de coefficients 1 pour chaque mois.

En dehors des prélèvements AEP, industriels et agricoles, il reste –comme nous le verrons plus loin- un dernier type de prélèvements. Il s'agit de prélèvements autorisés par la DDAF40 pour des usages non agricoles comme l'arrosage des espaces verts et du terrain de foot de la ville de Mont-de-Marsan, de jardins familiaux, le remplissage du lac de la ville de St Pierre du Mont. Ces prélèvements, qui représentent 17 autorisations estivales au total dont la moitié en nappe et la moitié en rivière, ont été classés « divers ». Ils ont été assimilés à un pompage constant pendant 2.5 mois. La fonction de répartition pour ces prélèvements de type « divers »[1] est donc constituée de 0 sauf pour les mois de Juin (coeff. 0.5), Juillet (coeff. 1) et Août (coeff. 1). Il n'y a pas de rejet associé à ces prélèvements.

[1] Dénommée fonction de répartition MTMA (pour « Mont-de-Marsan ») dans LAGON

# CHAPITRE 2 :
# ETUDE DES APPORTS NATURELS

La reconstitution des débits naturels est une étape très importante au cours d'une étude des ressources en eau.
Elle peut être menée directement à partir des débits mesurés et d'une reconstitution des influences passées (méthode dite « LAGON ») lorsque toutes les informations concernées sont disponibles. Il est alors nécessaire que les débits mesurés soient fiables et assez complets et que l'on puisse connaître les influences avec une bonne approximation (prélèvements, influence des prélèvements en nappe sur les écoulements superficiels, dérivations, transferts, lâchers de barrage,…). Or dans la réalité, il est souvent très difficile d'avoir une bonne connaissance des différents termes sur l'ensemble de la période.
Il existe toutefois d'autres moyens de reconstituer des débits naturels et notamment :

- Par les corrélations avec les débits naturels d'autres stations de mesure,
- Par des modèles pluie-débit : dans ce cas, il faut pouvoir disposer de chroniques journalières de données climatologiques (pluie et ETP) et, pour le calage du modèle, de quelques années de débits naturels reconstitués par une autre méthode ou de débits mesurés.

Nous faisons de plus en plus souvent appel à cette dernière technique qu'est la modélisation pluie-débit car elle permet de s'affranchir de la reconstitution –souvent hasardeuse- des influences sur la période. Cette méthode est particulièrement adaptée sur ce bassin où nous disposons déjà de débits naturels sur la période 1969-1991, reconstitués lors du Schéma Directeur de Gestion des Etiages de 1994 par la méthode LAGON et qui serviront au calage des modèles pluie-débit.

Dans le présent chapitre sur la reconstitution des débits naturels, est abordée en préambule la problématique de l'évolution des débits d'étiage (mesurés mais aussi naturels) qui devra être gardée à l'esprit jusqu'à la conclusion de cette étude.

# 1. PREAMBULE : PROBLEMATIQUE DE L'EVOLUTION DES DEBITS D'ETIAGE

## 1.1. Constat de la baisse des débits d'étiage mesurés sur la période de travail

Dans le bref rappel méthodologique, nous avons présenté de façon simplifiée les termes du bilan besoins–ressources : on confronte les besoins (en général les besoins actuels ou un niveau de besoin à définir, y compris des débits cibles) aux ressources naturelles du bassin évaluées sur la chronique passée 1969-2006.

Les chroniques de déficit, ainsi que les valeurs de synthèse qui en découlent, sont donc calculées sur les conditions hydro-climatiques des 38 dernières années.

Or sur le bassin de la Midouze, comme sur d'autres bassins voisins, on voit apparaître sur cette période une baisse des débits d'étiage, quel que soit l'indicateur retenu pour les caractériser. Cette dérive s'observe au travers des débits mesurés aux stations de Campagne sur la Midouze, Mont-de-Marsan sur le Midou et, de façon beaucoup plus atténuée, Roquefort sur la Douze. Elle peut être illustrée par les graphique de la Planche 6, actualisés, déjà présentés avec un début d'analyse des causes dans le rapport de l'Etude Midouze 2005 sur les débits de référence. Une synthèse de cette analyse, actualisée, est donnée au §1.2.1.

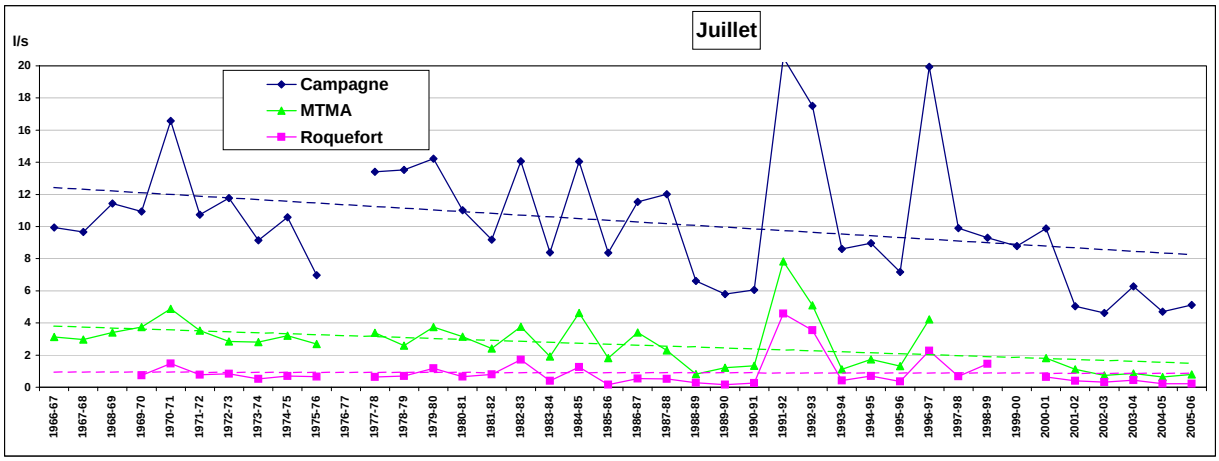
Entre 1967 et 2006, l'évolution des QMNA (débit mensuel le plus faible de l'année), visible que la Planche 6 et quantifiable à partir de la droite de régression, inspire les commentaires suivants :

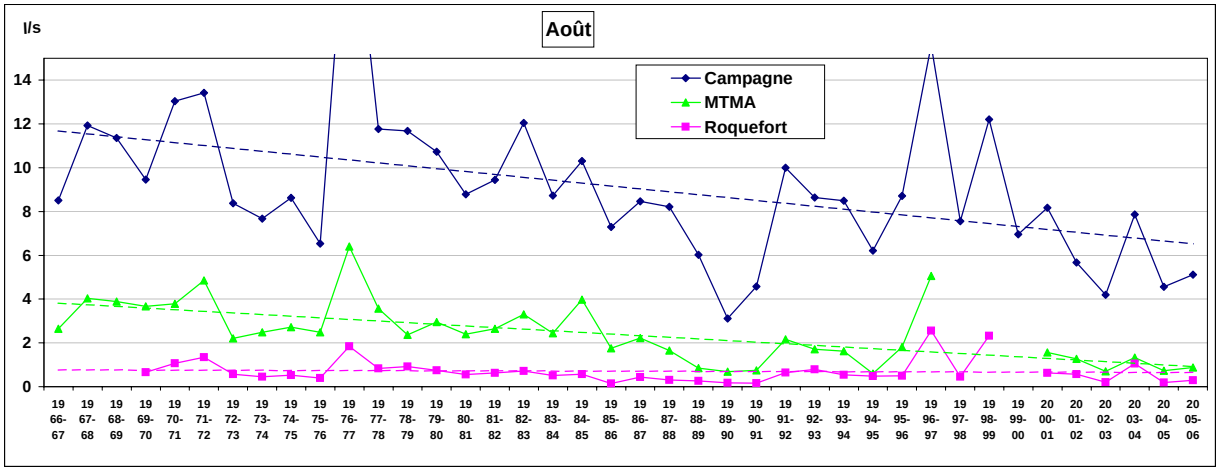
- A **Roquefort sur la Douze** : une baisse du débit s'observe entre 1980 et 1991, suivie d'une reprise à partir de 1992 imputable à la fois au retour d'années mieux arrosées et à la mise en service des barrages. Les dernières années de la chronique (2001-2006) voient cependant le retour d'une baisse liée aux conditions climatiques. D'après la courbe de tendance, la diminution du débit atteint 0.3 $m^3/s$ sur l'ensemble de la chronique soit 0.7 /s/km² en débit spécifique : la diminution est donc faible à Roquefort dont le bassin s'inscrit majoritairement en dehors de la zone des sables ;
- A **Mont-de-Marsan sur le Midou** : la baisse moyenne sur la chronique s'élève à plus de 2.5 $m^3/s$, ce qui représente 3.1 l/s/km² et plus de 60% des débits d'origine ;
- A **Campagne sur la Midouze** : la baisse atteint 4 $m^3/s$ sur la chronique, soit 1.6 l/s/km².

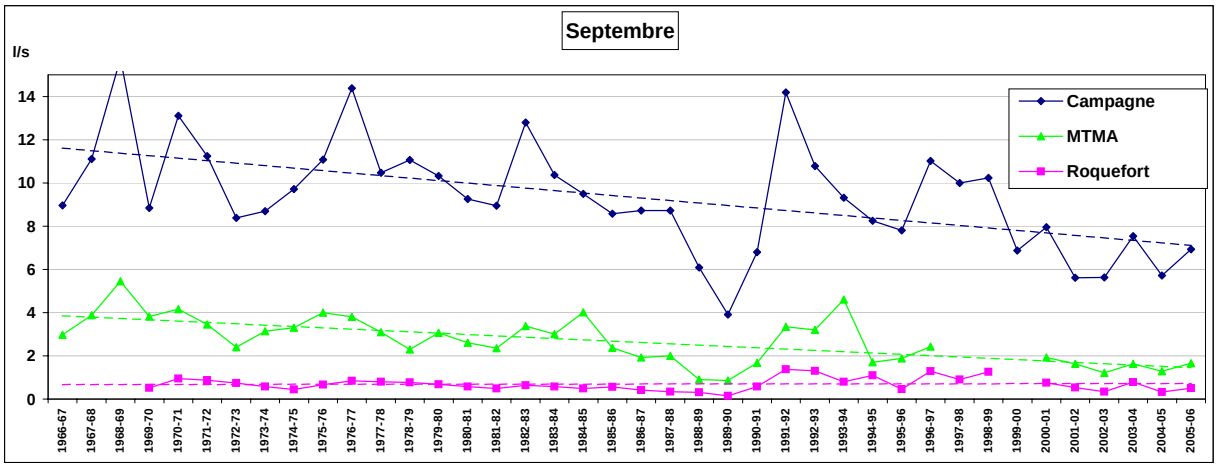
Ainsi, analysée à partir du QMNA, la baisse des débits d'étiage s'observe peu au niveau de Roquefort sur la Douze. C'est par contre sur le Midour aval qu'elle est la plus forte et plus de 60% de la baisse visible au niveau de Campagne provient de la baisse des débits du Midou.

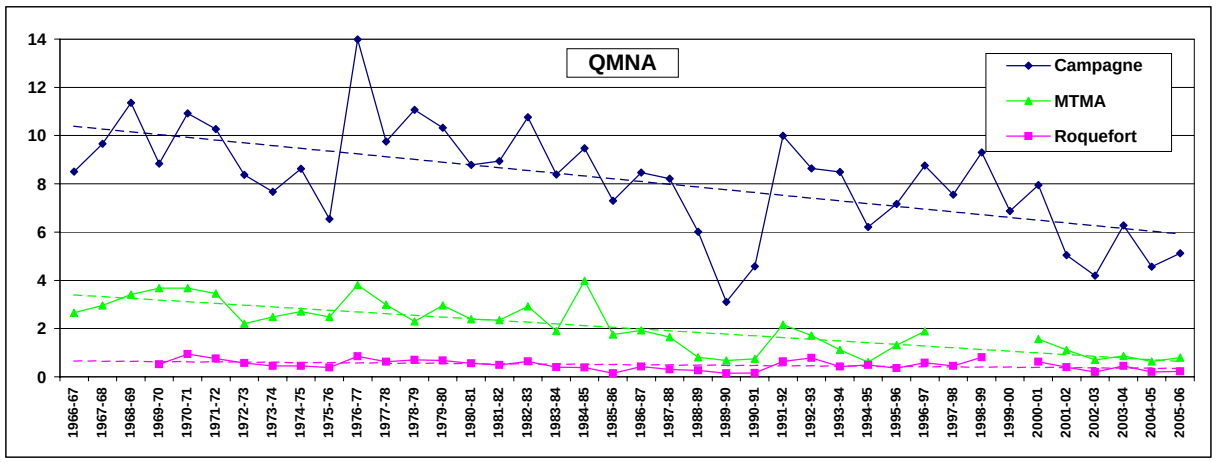
**Planche 6**

Comparaison des chroniques de débits mensuels des mois d'étiage aux 3 stations de base



## 1.2. Analyse des causes

*Ce paragraphe reprend les conclusions de l'analyse issue de l'étude Midouze 2005 sur les débits de référence, complétées des éléments recueillis sur la forêt landaise.*

### 1.2.1. Synthèse de l'analyse issue de l'Etude Midouze 2005

La dérive des débits d'étiage à l'aval du bassin ne peut être attribuée à l'influence des bassins amont (coteaux molassiques) puisque les apports de ceux-ci sont faibles par rapport au total. Elle ne peut donc provenir que d'une baisse des apports des nappes d'accompagnement dans la mesure où, en période d'étiage, les apports de ruissellement sur la zone des sables sont négligeables. A son tour, cette baisse ne peut provenir que de deux phénomènes :

- une baisse de la recharge naturelle,
- l'augmentation des prélèvements.

L'analyse de ces deux phénomènes nous avait alors (Etude Midouze 2005) conduit aux conclusions suivantes :

- La baisse des débits d'étiage pourrait être liée à l'augmentation de l'ETP (manifestation de l'évolution climatique ???) constatée à la station de Mont-de-Marsan, qui aurait provoqué une baisse sensible de la pluie efficace (paramètre P-ETP). Ce phénomène est étonnant et, bien que la tendance se prolonge sur les dernières années, il reste à confirmer. Cette dérive de la pluie efficace pourrait expliquer la moitié de la baisse des débits de la Midouze.
- Le restant de la baisse pourrait logiquement résulter de l'influence des prélèvements agricoles qui ont en effet connu une importante croissance, dont l'essentiel pendant les années 1980 à 1992. Cette période est justement celle pendant laquelle l'essentiel de la baisse des débits d'étiage s'est manifestée.
- Les prélèvements en nappe représentent la majeure partie des prélèvements agricoles du bassin, les pompages directs en rivière ayant par ailleurs été pour partie compensés par la création de retenues. En conséquence, l'impact des prélèvements dans les nappes d'accompagnement sur les écoulements superficiels paraît certain.
- Un autre phénomène peut entrer en ligne de compte : l'augmentation de la productivité des cultures et de la forêt. Son effet sur l'évapotranspiration réelle pourrait induire en année sèche une baisse de la recharge des nappes.

Concernant ce dernier point et pour étoffer l'analyse, nous avons cherché, dans le cadre de la présente nouvelle étude, à obtenir des ordres de grandeur sur la consommation d'eau des pins des Landes et surtout sur l'augmentation éventuelle de cette consommation au cours des 40 dernières années.

### 1.2.2. Eléments de consommation en eau de la forêt landaise

Les éléments de réponse fournis par l'INRA de Bordeaux (Unité de Recherches Ecologie Fonctionnelle et Physique de l'Environnement, dont nous remercions ici très chaleureusement les membres pour leur collaboration) sont les suivants :

- En moyenne sur la massif forestier des Landes, la productivité de la forêt a connu une hausse spectaculaire de 4 $m^3$ de bois/ha/an en 1960 à 11.6 $m^3$ de bois/ha/an en 1998 ;

- Cette augmentation s'accompagne vraisemblablement d'une augmentation de la consommation d'eau, mais pas dans la même proportion que la hausse de productivité. En effet, cette dernière trouve son origine dans l'amélioration des techniques : fertilisation, drainage, contrôle des sous-bois (lutte contre l'incendie), arrêt du gemmage… or, en particulier, le contrôle des sous-bois irait plutôt dans le sens d'une baisse de la consommation d'eau à l'hectare. Si des bilans hydriques précis ont été réalisés récemment sur des parcelles de référence, on ne dispose par contre pas d'information pour quantifier l'augmentation de la consommation en eau d'un hectare de pin au cours des 40 dernières années ;
- De plus, la surface de forêt est en diminution : défrichement de l'ordre de 600 ha/an en moyenne sur le département entre 1985 et 2005.

Nous en retiendrons que :

1. D'un côté, on peut penser que la consommation en eau des pins à l'hectare est effectivement en hausse car la productivité a fortement augmenté et s'accompagne vraisemblablement d'une augmentation de la consommation en eau.

2. D'un autre côté, on ne dispose pas d'information pour quantifier cette augmentation mais on peut affirmer qu'elle n'est pas proportionnelle à la hausse de productivité car :
   - Le contrôle des sous-bois va plutôt dans le sens d'une baisse de la consommation d'eau à l'hectare,
   - La diminution des surfaces de forêt va dans le sens d'une diminution de la consommation totale d'eau par les pins,
   - Si la baisse de la pluie efficace est effective et se traduit par une baisse de la nappe en été, les arbres vont avoir tendance à réguler leur transpiration et donc à prélever moins pendant la période estivale.

Nous n'avons donc pas suffisamment d'éléments pour quantifier les effets de l'augmentation de la productivité de la forêt. La question du rôle qu'elle pourrait jouer sur la baisse des débits d'étiage de la Midouze reste entière.

## 1.3. Conséquence sur les bilans besoins-ressources

Nous voulons en venir au fait que la baisse des débits d'étiage dans le bassin de la Midouze n'est vraisemblablement pas liée au seul développement des prélèvements agricoles. Des facteurs climatiques et peut être la consommation de la forêt landaise entreraient également en ligne de compte. Ainsi, et comme nous le verrons plus loin, la diminution des débits d'étiage s'observe également, dans une moindre mesure, sur les débits naturels reconstitués dans cette étude par modèle pluie-débit. L'hypothèse de stationnarité de la chronique n'est donc pas vérifiée : elle est affectée d'une dérive (tendance à la baisse).

Le réchauffement climatique mondial étant désormais avéré, nous sommes peut être en train de parler d'une de ses manifestations.

Dans ce cas et si, comme le prédisent les modèles climatiques, l'augmentation des températures (et avec elle, celle de l'ETP ?) se prolongeait, cela pourrait avoir sur le bilan besoins ressources les conséquences suivantes :

1. les ressources naturelles du bassin sont susceptibles de continuer à s'amenuiser dans les années à venir ;
2. le risque est donc de sous-estimer, par un bilan basé sur les conditions hydro-climatiques des 38 années passées, les situations de crise futures.

Ceci étant dit, il serait hasardeux de faire des hypothèses sur l'évolution à venir des débits d'étiage. Le bilan sera donc mené de façon usuelle à partir des conditions hydro-climatiques du passé mais il conviendra de garder à l'esprit que les déficits annoncés plus loin pourraient être sous-estimés si la tendance à la baisse des débits naturels d'étiage se prolonge.

# 2. CHRONIQUES DE DEBITS NATURELS DISPONIBLES

## 2.1. Récapitulatif des chroniques disponibles

Des reconstitutions de débits naturels ont été menées sur le bassin de la Midouze dans le cadre du Schéma de Gestion des Etiages de l'Adour (CACG 1994).

La méthodologie employée était une reconstitution « classique » où le débit naturel est calculé comme la somme du débit mesuré et des influences ( = débit mesuré + prélèvements – rejets – lâchers de barrage).

Ces débits naturels ont été reconstitués au pas de temps journalier en 7 points du bassin :

- les 5 stations hydrométriques principales, à long historique :
  - **Campagne** sur la Midouze,
  - Mont-de-Marsan et Laujuzan sur le Midour,
  - **Roquefort** et **Cazaubon** sur la Douze,
- complétées de 2 stations fictives :
  - **MIAD** (Midouze en amont immédiat du confluent avec l'Adour)
  - et **DOMI** (Douze en amont immédiat du confluent avec le Midour).

La reconstitution avait alors été effectuée sur les données vérifiées, complétées et homogénéisées de la période commune **1968/69 à 1990/91**, soit 23 années hydrologiques.

## 2.2. Problèmes liés à la reconstitution « classique »

La comparaison entre différentes stations et, pour une même station, entre débits naturels reconstitués par cette méthode et débits mesurés, peut faire apparaître certaines incohérences, liées à une méconnaissance des influences ou à la mauvaise qualité des mesures.

Pour les années anciennes, les influences étaient plus faibles qu'à l'heure actuelle et probablement négligeables, mais par contre, les mesures de débit étaient peut-être moins fiables.

Dans les années 80-90, les influences ont augmenté et même si les débits mesurés étaient probablement de meilleure qualité, la méconnaissance des influences constitue une nouvelle source d'erreur. Les imprécisions dans la reconstitution des influences généraient parfois dans les anciennes chroniques de QNJ des remontées de débit (sans précipitations significatives) ou des baisses soudaines qui paraissaient bien peu naturelles.

Ces constats nous ont conduits à rechercher des méthodes de reconstitution permettant de s'affranchir de la connaissance de ces différents termes et qui privilégient la cohérence amont-aval des débits naturels, c'est pourquoi l'on s'oriente de plus en plus souvent vers la technique de la modélisation pluie-débit.

## 2.3. Besoins en matière de reconstitution

Pour les bilans, il nous faut disposer de chroniques de débits naturels sur la période choisie (ici : 01/01/1969 au 31/12/2006) et au minimum pour tous les points de consigne. Il est donc nécessaire de prolonger sur la période 1992-2006 les chroniques déjà disponibles et d'effectuer les reconstitutions en d'autres points du bassin.

# 3. METHODOLOGIE DE LA NOUVELLE RECONSTITUTION

Compte tenu du caractère incomplet des séries disponibles vis à vis de notre objectif d'actualisation des bilans et des imperfections liées à l'ancienne méthode, nous avons choisi de procéder à une nouvelle reconstitution de débits naturels sur toute la période 1969-2006, à l'aide de modèles pluie-débit. Les « anciens » débits naturels sont utilisés dans la phase de calage de ces modèles.
Cette méthode utilise des données de base très différentes de celles de la méthode classique, puisque l'on se base sur des données de pluie et d'ETP et qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des chroniques complètes de débits mesurés et d'influences. Elle permet donc aussi d'une certaine façon de vérifier la cohérence des mesures ou des anciennes reconstitutions (on peut dans certains cas mettre en évidence des incohérences flagrantes lors de l'examen des chroniques : débit constant pendant plusieurs semaines, débit augmentant en l'absence de pluie, baisses soudaines de débit…).

Les différentes étapes de la reconstitution de débits naturels par cette méthode sont les suivantes :

1. Calage des paramètres du modèle : on fait varier les paramètres du modèle jusqu'à obtenir une chronique simulée très proche de la chronique des débits naturels disponibles issue du Schéma de 1994, c'est à dire sur la période 1969-1991. *Notez que, pour les stations influencées par des prélèvements en nappe, nous avons privilégié un bon calage sur les années anciennes (le début de la chronique étant peu ou pas influencé par les prélèvements agricoles) car l'influence méconnue de ces prélèvements sur les écoulements superficiels a pu générer des imprécisions sur les anciens débits naturels.*

2. Reconstitution des débits naturels : un utilise les paramètres obtenus à l'étape 1 et on simule les débits à partir des données journalières de pluie et ETP, pour la période manquante 1991-2006.

3. Confrontation aux débits mesurés : les séries simulées sont comparées aux débits mesurés, de manière à vérifier la cohérence des chroniques obtenues. Cette confrontation est indispensable car elle sert aussi à caler les conditions initiales pour chaque année (niveaux des réservoirs sol et hydrologique). Les débits naturels suivent alors les débits mesurés en début d'année et jusqu'au démarrage des irrigations où l'on observe un décrochage entre les deux chroniques. Sur des chroniques bien calées, on retrouve à l'automne superposition des deux séries.

Ceci est applicable aux stations principales du bassin, dont a vu précédemment qu'elles disposent d'un historique suffisant de débits mesurés et de débits naturels du SDGE 1994.

Pour la reconstitution au niveau des autres stations du bassin, nous avons utilisé :

- soit les modèles pluie-débit élaborés pour les stations principales (mêmes paramètres du modèle, mais celui-ci étant appliqué à un bassin de surface différente),
- soit directement les débits naturels des stations principales, transposés par application d'un coefficient correcteur (par exemple interpolation entre une station amont et une station aval).

Le tableau suivant indique par point consigne la méthodologie mise en œuvre.

**Tableau 2 – Méthodologie de reconstitution des débits naturels du bassin** (NB bvi = « bassin versant intermédiaire »)

| Nom Station | Description | Méthodologie | Si modèle pluie-débit, stations climatiques utilisées |
|---|---|---|---|
| AIGNAN | Riberette à Aignan | QNJ Laujuzan x rapport BV | |
| ARTHEZ | Midour à Arthez d'Ac | (QNJ Laujuzan+QNJ Monlezun) x rapport BV$^{0.8}$ | |
| ARUE | Estampon à Arue | Utilisation du modèle du bvi Campagne avec recalage sur les débits mesurés | Pluvio : Bélis, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| BOUGUE | Ludon à Bougue | Utilisation du modèle du bvi Mont-de-Marsan avec recalage sur les jaugeages disponibles | Pluvio : Salles d'Ac, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan, Ossun |
| CACHEN | Gouaneyre à Cachen | Utilisation du modèle du bvi Campagne avec recalage sur les débits mesurés | Pluvio : Bélis, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| CAMPAGNE | Midouze à Campagne | **Modèle pluie-débit Bvi Campagne**<br>Calé sur le bvi (Roquefort+Mtma)-Campagne | Pluvio : Bélis, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| CAZAUBON | Douze à Cazaubon | **Modèle pluie-débit Cazaubon** | Pluvio : Salles d'Ac, Cazaubon et Lupiac<br>ETP : Mont-de-Marsan et Ossun |
| CERE | Estrigon à Cère | Utilisation du modèle du bvi Campagne avec recalage sur les débits mesurés | Pluvio : Bélis, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| DOMI | Station fictive Douze aval | QNJ Roqf + Utilisation du modèle Bvi Campagne | Pluvio : Bélis, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| LABASTIDE | Douze à Labastide d'Ac | Interpolation QNJ Cazaubon et Roquefort | |
| LAUJUZAN | Midour à Laujuzan | **Modèle pluie-débit Laujuzan** | Pluvio : Salles d'Ac, Maumusson et Lupiac<br>ETP : Mont-de-Marsan et Ossun |
| MIAD | Station fictive Midouze aval | QNJ Campagne + QNJ du bvi (Campagne-MIAD) calculé avec les mêmes paramètres que Bez et Retjons | Pluvio : Bégaar, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| MONLEZUN | Izaute à Monlezun | QNJ = QMJ (débits mesurés) car station réputée non influencée (pas de prélèvements autorisés sur ce bassin) | |
| MONT-DE-MARSAN | Midou à Mont-de-Marsan | **Modèle pluie-débit Bvi Mont-de-Marsan**<br>Calé sur le bvi (Laujuzan+Monlezun)-Mtma | Pluvio : Salles d'Ac, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan, Ossun |
| RETJONS_AVAL | Station fictive Retjons aval | Utilisation du modèle du Bez à St Yaguen, appliqué à SBV Retjons | Pluvio : Bégaar, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| ROQUEFORT | Douze à Roquefort | **Modèle pluie-débit Roquefort**<br>Calé sur le bvi Cazaubon-Roquefort | Pluvio : Cazaubon, Bélis<br>ETP : Mont-de-Marsan, Ossun |
| SORBETS | Midour à Sorbets amont | QNJ Laujuzan x rapport BV | |
| SORBETS_AV | Midour à Sorbets aval | QNJ Laujuzan x rapport BV | |
| ST_JUSTIN | Douze à St Justin | Interpolation QNJ Cazaubon et Roquefort | |
| ST_MARTIN | Géloux à St Martin d'Oney | Utilisation du modèle du bvi Campagne avec recalage sur les débits mesurés | Pluvio : Bélis, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| ST_YAGUEN | Bez à St Yaguen | Utilisation du modèle du bvi Campagne | Pluvio : Bégaar, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| TARTAS | Midouze à Tartas | QNJ Campagne + QNJ du bvi (Campagne-Tartas) calculé avec les mêmes paramètres que Bez et Retjons | Pluvio : Bégaar, Mont-de-Marsan<br>ETP : Mont-de-Marsan |
| VILLENEUVE | Midour à Villeneuve de Marsan | QNJ Arthez x rapport BV | |

En annexe, est fournie une note expliquant les principes d'un modèle pluie-débit, la signification des paramètres et la méthode de calage. Dans cette même annexe sont donnés les tableaux récapitulatifs des paramètres retenus.

# 4. RESULTATS

Les résultats de débits naturels sont donnés en annexe pour les stations principales au travers des tableaux de débits moyens mensuels calculés sur ces nouvelles chroniques.

Nous présentons également dans cette annexe une synthèse des QMNA5, avec comparaison des valeurs obtenues sur débits naturels et débits mesurés pour différentes lois d'ajustement.

Sont fournis ci-après les tableaux de synthèse présentant les débits caractéristiques d'étiage et débits moyens annuels calculés sur ces nouveaux débits naturels au niveau des principaux points du bassin.

Pour la plupart des paramètres, les valeurs statistiques correspondent à celles obtenues par ajustement d'une loi de Gauss pour une année moyenne (période de retour T=2ans) et pour des années sèches de période de retour 5 ans et 10 ans. Pour certaines stations où les débits d'étiage sont faibles et présentent une variabilité importante (écart type élevé), la loi de Gauss conduit à des résultats négatifs pour les années sèches. Elle n'est alors pas adaptée, ce qui explique les quelques cases « nc » (non calculé) du tableau.

Pour le $QMNA_5$ (débit mensuel le plus faible, de période de retour 5 ans), nous avons cherché à obtenir de meilleurs ajustements. Cette grandeur est en effet largement utilisée par la suite : elle est comparée aux valeurs de débits biologiques et de débits consignes, et parfois utilisée comme débit objectif pour les bilans. Il est donc primordial d'en avoir une bonne évaluation.
Ainsi, comme présenté dans le tableau des $QMNA_5$ fourni en annexe, l'ajustement d'une loi de Gauss et d'une loi de Galton (dont l'adéquation a, pour chacune, été testée par le test du $Khi^2$) a été comparé avec la valeur donnée par les fréquences expérimentales. La valeur finalement retenue dépend de l'adéquation des lois et de la concordance des 3 résultats.
La différence de méthode de détermination explique que la valeur du $QMNA_5$ apparaisse surlignée dans les tableaux de synthèse ci-après.

## Tableau 3 – Valeurs caractéristiques d'étiage naturel pour les cours d'eau principaux

| Cours d'eau principaux - valeurs caractéristiques d'étiage calculées à partir des débits naturels 1969-2006 | | | | | | | | | | | | | Débit moyen annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stations des cours d'eau principaux | | | | | Débits caractéristiques d'étiage calculés à partir des débits naturels | | | | | | | | |
| Cours d'eau | Station | Taille BV (km²) | Unité de débit | Période de retour | QMM08 | QMNA | QCN5 | QCN10 | QCN30 | VCN5 | VCN10 | VCN30 | QA |
| Midour | Laujuzan | 256 | m3/s | T = 2 ans | 0.19 | 0.10 | 0.05 | 0.07 | 0.17 | 0.04 | 0.05 | 0.08 | 1.61 |
| | | | | T = 5 ans | 0.03 | **0.05** | 0.02 | 0.02 | 0.08 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 1.11 |
| | | | | T = 10 ans | nc | nc | nc | nc | nc | nc | nc | nc | 0.85 |
| | Arthez | 523 | m3/s | T = 2 ans | 0.46 | 0.29 | 0.18 | 0.22 | 0.42 | 0.17 | 0.18 | 0.24 | 3.25 |
| | | | | T = 5 ans | 0.09 | **0.16** | 0.10 | 0.12 | 0.21 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 2.30 |
| | | | | T = 10 ans | nc | 0.09 | 0.06 | 0.07 | 0.10 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 1.80 |
| | Villeneuve de M. | 603 | m3/s | T = 2 ans | 0.53 | 0.33 | 0.21 | 0.26 | 0.49 | 0.19 | 0.21 | 0.28 | 3.75 |
| | | | | T = 5 ans | 0.10 | **0.19** | 0.12 | 0.14 | 0.24 | 0.11 | 0.12 | 0.16 | 2.65 |
| | | | | T = 10 ans | nc | 0.10 | 0.07 | 0.08 | 0.11 | 0.06 | 0.07 | 0.09 | 2.07 |
| | Mont-de-Marsan | 800 | m3/s | T = 2 ans | 3.00 | 2.60 | 2.38 | 2.46 | 2.91 | 2.35 | 2.38 | 2.50 | 7.06 |
| | | | | T = 5 ans | 2.21 | **2.20** | 2.05 | 2.11 | 2.37 | 2.03 | 2.06 | 2.13 | 5.18 |
| | | | | T = 10 ans | 1.80 | 1.99 | 1.88 | 1.93 | 2.09 | 1.86 | 1.88 | 1.94 | 4.20 |
| Douze | Cazaubon | 217 | m3/s | T = 2 ans | 0.21 | 0.14 | 0.09 | 0.11 | 0.20 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 1.34 |
| | | | | T = 5 ans | 0.09 | **0.075** | 0.05 | 0.06 | 0.12 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.95 |
| | | | | T = 10 ans | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.74 |
| | Roquefort | 450 | m3/s | T = 2 ans | 0.80 | 0.52 | 0.34 | 0.43 | 0.74 | 0.32 | 0.35 | 0.46 | 2.83 |
| | | | | T = 5 ans | 0.33 | **0.350** | 0.25 | 0.31 | 0.52 | 0.23 | 0.25 | 0.33 | 2.08 |
| | | | | T = 10 ans | 0.08 | 0.29 | 0.20 | 0.24 | 0.40 | 0.18 | 0.20 | 0.26 | 1.69 |
| | Mont-de-Marsan (DOMI) | 1227 | m3/s | T = 2 ans | 5.0 | 4.3 | 4.0 | 4.1 | 4.7 | 3.9 | 4.0 | 4.2 | 10.1 |
| | | | | T = 5 ans | 3.8 | **3.8** | 3.6 | 3.7 | 4.1 | 3.6 | 3.6 | 3.7 | 7.8 |
| | | | | T = 10 ans | 3.2 | 3.6 | 3.4 | 3.5 | 3.7 | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 6.6 |
| Midouze | Campagne | 2500 | m3/s | T = 2 ans | 10.6 | 9.2 | 8.6 | 8.8 | 10.1 | 8.5 | 8.6 | 8.9 | 21.7 |
| | | | | T = 5 ans | 8.2 | **8.2** | 7.7 | 7.9 | 8.6 | 7.7 | 7.8 | 8.0 | 16.6 |
| | | | | T = 10 ans | 6.9 | 7.6 | 7.3 | 7.4 | 7.8 | 7.3 | 7.3 | 7.5 | 14.0 |
| | Tartas | 3000 | m3/s | T = 2 ans | 13.0 | 11.2 | 10.5 | 10.7 | 12.3 | 10.3 | 10.5 | 10.9 | 27.0 |
| | | | | T = 5 ans | 9.9 | **10.0** | 9.4 | 9.6 | 10.4 | 9.4 | 9.4 | 9.7 | 21.0 |
| | | | | T = 10 ans | 8.3 | 9.2 | 8.9 | 9.0 | 9.5 | 8.8 | 8.9 | 9.1 | 17.8 |

Valeurs obtenues par ajustement de lois de Gauss sauf pour le QMNA5 : Comparaison de l'ajustement de plusieurs lois et sélection de la meilleure

## Tableau 4 – Valeurs caractéristiques d'étiage naturel pour les affluents

| Affluents - valeurs caractéristiques d'étiage calculées à partir des débits naturels 1969-2006 | | | | | | | | | | | | | Débit moyen annuel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Affluents | | | | | Débits caractéristiques d'étiage calculés à partir des débits naturels | | | | | | | | |
| Cours d'eau | Station | Taille BV (km²) | Unité de débit | Période de retour | QMM08 | QMNA | QCN5 | QCN10 | QCN30 | VCN5 | VCN10 | VCN30 | QA |
| Retjons | **aval** | 131 | m3/s | T = 2 ans | 0.64 | 0.52 | 0.49 | 0.50 | 0.56 | 0.48 | 0.49 | 0.51 | 1.4 |
| | | | | T = 5 ans | 0.45 | **0.45** | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 1.1 |
| | | | | T = 10 ans | 0.34 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.9 |
| Bez | **St Yaguen** | 338 | m3/s | T = 2 ans | 1.65 | 1.34 | 1.26 | 1.29 | 1.44 | 1.25 | 1.26 | 1.31 | 3.6 |
| | | | | T = 5 ans | 1.15 | **1.20** | 1.13 | 1.14 | 1.17 | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 2.8 |
| | | | | T = 10 ans | 0.89 | 1.04 | 1.06 | 1.06 | 1.03 | 1.06 | 1.06 | 1.06 | 2.4 |
| Estrigon | **Cère** | 210 | m3/s | T = 2 ans | 1.15 | 1.00 | 0.96 | 0.97 | 1.05 | 0.95 | 0.96 | 0.98 | 2.2 |
| | | | | T = 5 ans | 0.91 | **0.90** | 0.89 | 0.90 | 0.93 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 1.8 |
| | | | | T = 10 ans | 0.79 | 0.85 | 0.85 | 0.86 | 0.86 | 0.85 | 0.86 | 0.86 | 1.5 |
| Géloux | **St Martin d'Oney** | 130 | m3/s | T = 2 ans | 0.58 | 0.50 | 0.48 | 0.49 | 0.54 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | 1.13 |
| | | | | T = 5 ans | 0.45 | **0.45** | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.86 |
| | | | | T = 10 ans | 0.37 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.73 |
| Gouaneyre | **Cachen** | 86 | m3/s | T = 2 ans | 0.35 | 0.29 | 0.27 | 0.28 | 0.31 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.73 |
| | | | | T = 5 ans | 0.25 | **0.26** | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.24 | 0.24 | 0.25 | 0.54 |
| | | | | T = 10 ans | 0.21 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.45 |
| Estampon | **Arue** | 378 | m3/s | T = 2 ans | 1.65 | 1.42 | 1.33 | 1.37 | 1.52 | 1.32 | 1.34 | 1.38 | 3.13 |
| | | | | T = 5 ans | 1.26 | **1.30** | 1.20 | 1.22 | 1.29 | 1.20 | 1.21 | 1.24 | 2.38 |
| | | | | T = 10 ans | 1.06 | 1.17 | 1.14 | 1.14 | 1.17 | 1.13 | 1.14 | 1.16 | 1.98 |
| Ludon | **Bougue** | 64 | m3/s | T = 2 ans | 0.53 | 0.47 | 0.44 | 0.45 | 0.51 | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.75 |
| | | | | T = 5 ans | 0.43 | **0.40** | 0.38 | 0.39 | 0.42 | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.57 |
| | | | | T = 10 ans | 0.38 | 0.36 | 0.35 | 0.35 | 0.38 | 0.35 | 0.35 | 0.36 | 0.47 |
| Izaute | **Monlezun** | 111 | l/s | T = 2 ans | 160 | 107 | 73 | 85 | 147 | 68 | 74 | 91 | 850 |
| | | | | T = 5 ans | 21 | **30** | 33 | 43 | 67 | 30 | 35 | 48 | 620 |
| | | | | T = 10 ans | nc | nc | nc | nc | nc | nc | nc | nc | 500 |
| Petit Midour | **Aignan** | 49 | l/s | T = 2 ans | 36 | 19 | 10 | 14 | 33 | 8 | 10 | 16 | 310 |
| | | | | T = 5 ans | 5 | **10** | 3 | 4 | 15 | 3 | 3 | 6 | 210 |
| | | | | T = 10 ans | nc | nc | nc | nc | nc | nc | nc | nc | 160 |

Valeurs obtenues par ajustement de lois de Gauss sauf pour le QMNA5 : Comparaison de l'ajustement de plusieurs lois et sélection de la meilleure

Comme le laissait présager la baisse des débits d'étiage observée sur les débits mesurés et présentée au premier paragraphe de ce chapitre, la dérive s'observe également sur certaines chroniques de débits naturels. Nous en proposons une illustration au travers des graphiques suivants (Planche 7) représentant l'évolution des débits moyens du mois d'Août (QMM08) à Mont-de-Marsan et à Campagne pour les débits mesurés et les débits naturels.

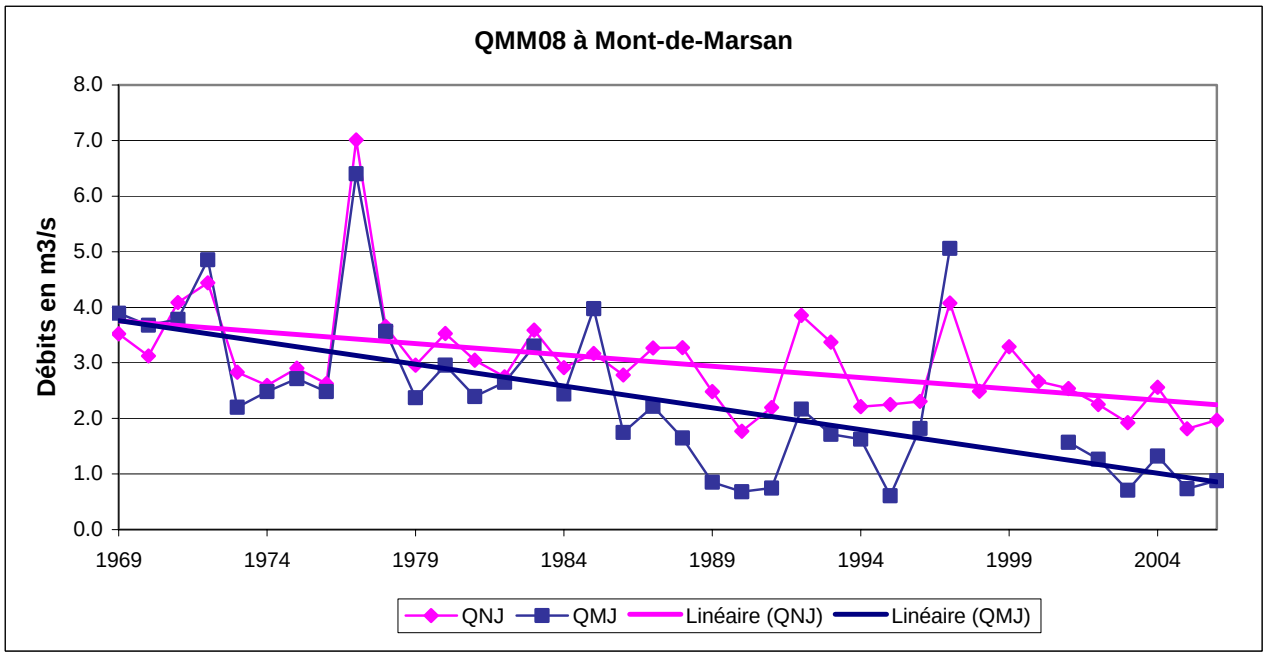
On voit sur cette planche que, si les débits naturels ne baissent évidemment pas autant que les débits mesurés, ces derniers étant affectés du développement des prélèvements au sein de la chronique, ils ont tout de même tendance à diminuer. Si l'on se réfère aux courbes de tendance linéaires, les baisses atteignent :

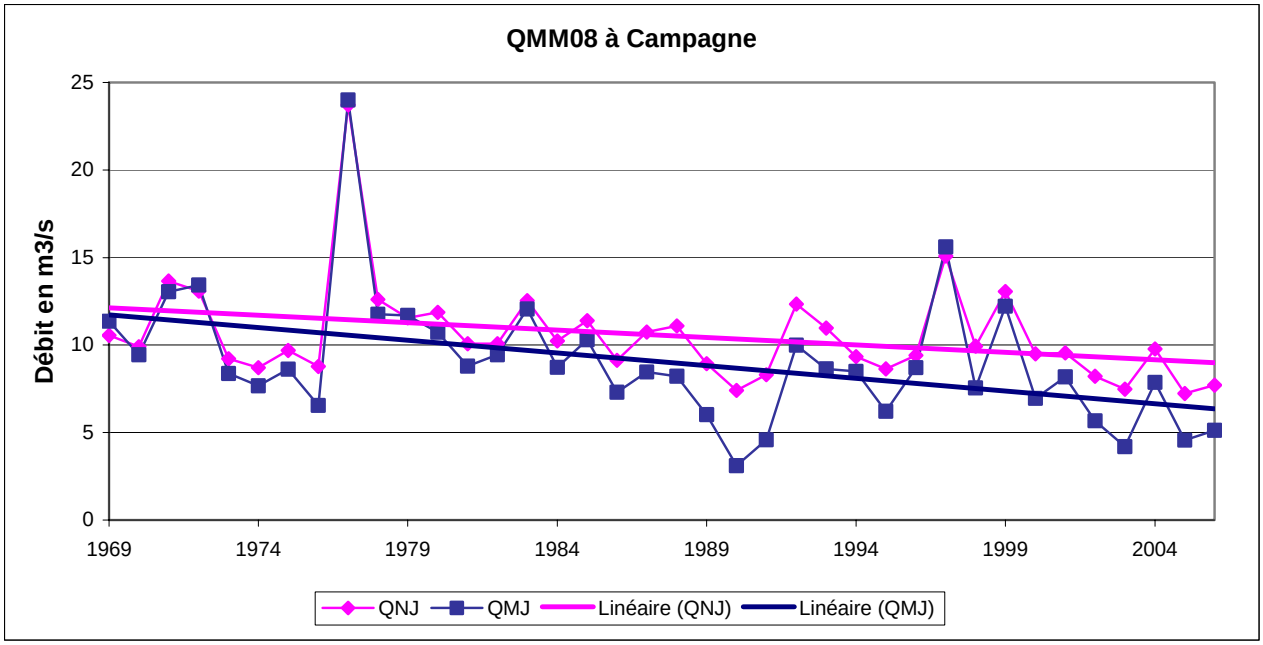
- près de 1.5 $m^3$/s entre 1969 et 2006 à Mont-de-Marsan (contre 3 $m^3$/s sur les débits mesurés),
- près de 3 $m^3$/s à Campagne (contre 5 $m^3$/s environ sur les débits mesurés).

Ces valeurs sont cohérentes avec l'ordre de grandeur qui avait été donné dans l'étude Midouze 2005 sur les débits de référence : la moitié environ de la baisse des débits d'étiage de la Midouze serait liée à la diminution de la pluie efficace, on la retrouve donc dans les débits naturels.

**Planche 7 – Evolution des QMM08**

## Evolution comparée des débits moyens du mois d'août calculés sur débits mesurés et sur débits naturels aux stations de Campagne et Mont-de-Marsan



# CHAPITRE 3 :
# LES BESOINS EN EAU

Les besoins en eau peuvent prendre plusieurs formes : débits consignes (déterminés sur la base de contraintes de salubrité, débits biologiques…), et prélèvements d'eau (prélèvements pour l'eau potable, l'irrigation, l'industrie…).

Les débits consignes ont été sélectionnés parmi les différentes valeurs de débits exprimées en chaque point de référence : débits biologiques, débits de dilution, débits consignes en vigueur pour la gestion des barrages, débits réglementaires (DOE, DCR, DMS, DSR), débits naturels... Ces valeurs ont fait l'objet de discussions lors des différents comités de pilotage et plusieurs jeux de consignes ont finalement été testés.

Les données concernant les prélèvements en nappe et en rivière, à usage d'irrigation, industriel ou pour l'eau potable ont été recueillies. Pour estimer les prélèvements agricoles à partir des superficies irriguées, il est nécessaire d'effectuer un calcul des besoins en eau des cultures. Les données de base, ainsi que le calcul de ces besoins, sont exposés dans ce chapitre.

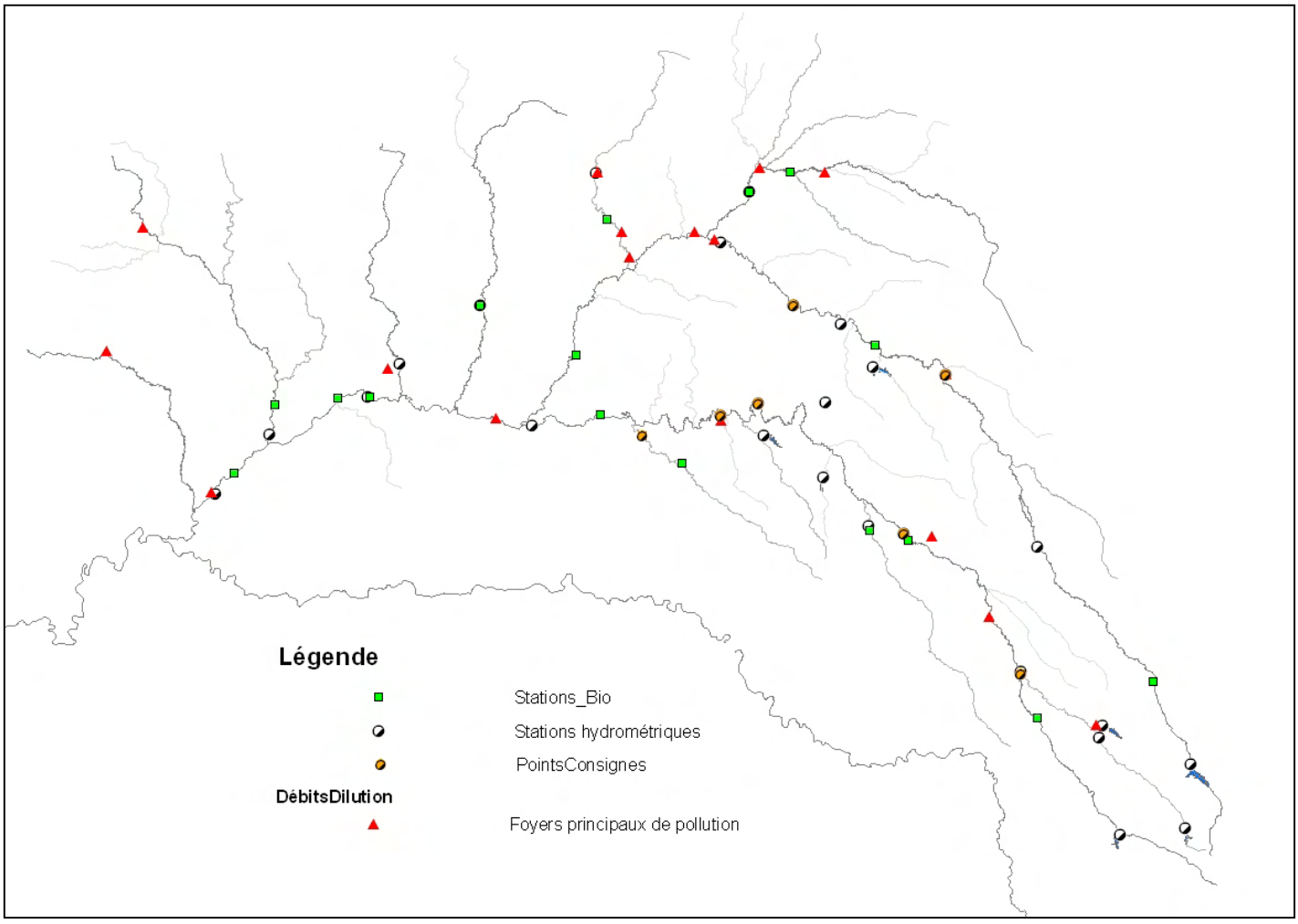
# 1. DEBITS CONSIGNES

Les débits consignes sont exprimés au niveau de stations de référence.

## 1.1. Sélection des stations de référence

Pour faire cette sélection, une cartographie a été réalisée permettant de visualiser au sein du bassin les différents points au niveau desquels s'expriment des contraintes de dilution, réglementaire, de gestion ou des valeurs de débits biologiques (valeurs issues de l'étude Midouze 2005), ainsi que ceux équipés de stations hydrométriques. Cette cartographie est fournie ci-dessous.

**Figure 3 – Points du bassin parmi lesquels sélectionner les stations de référence**

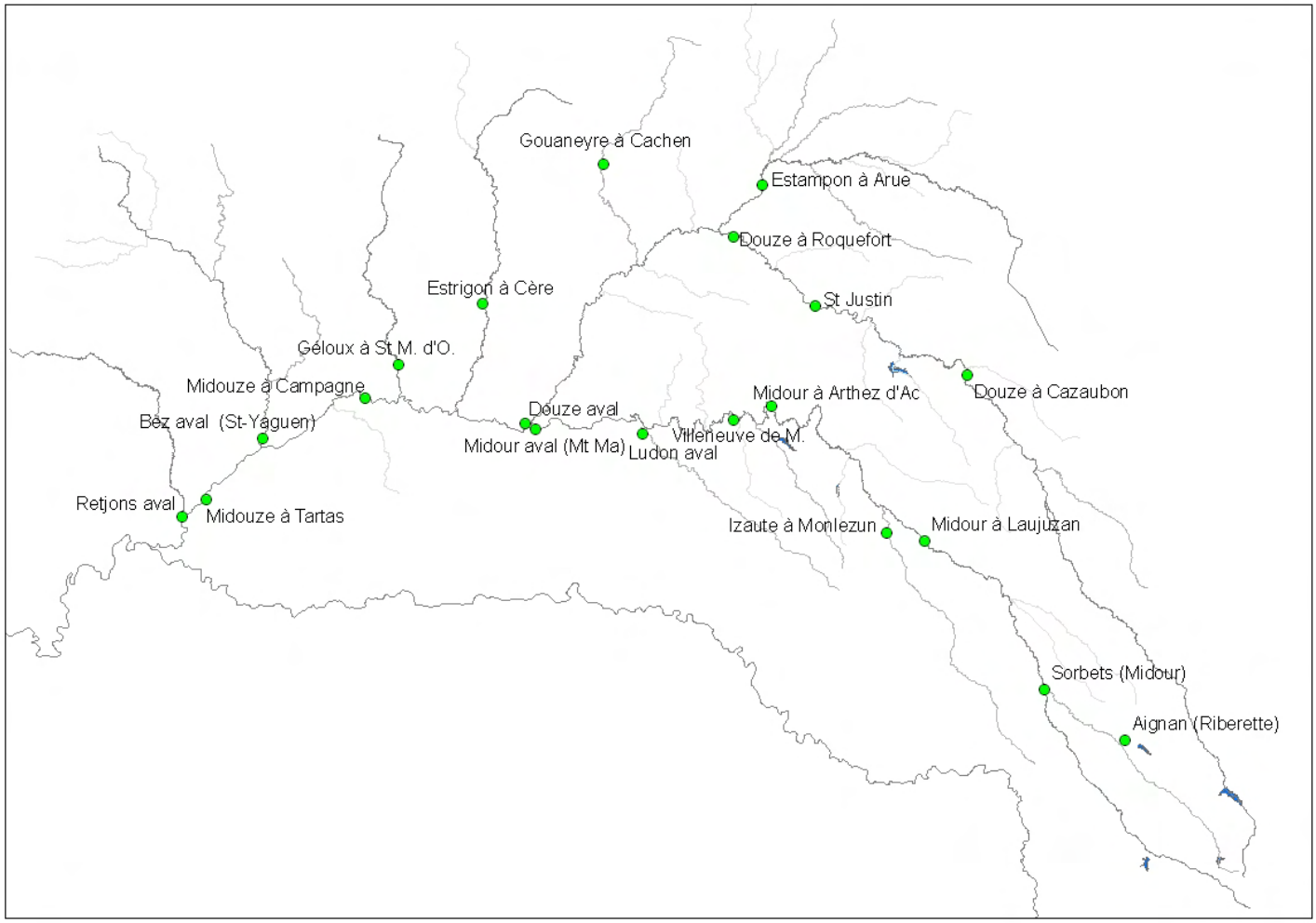



Comme le montre la carte, ces points sont très nombreux et il ne serait pas réaliste d'élaborer un bilan besoins-ressources en tenant compte de l'ensemble des valeurs de débit de référence exprimées en ces points.

Il a ainsi été décidé de sélectionner parmi ces points 20 stations de référence ou « points de consigne » ou « points de bilan ». La sélection a été basée sur la position pertinente du point dans le

schéma fonctionnel du bassin, si possible la présence d'une station hydrométrique et l'expression à ce niveau de valeurs de débits biologiques ou de débits de dilution.
Cette sélection est visible sur la figure suivante.

**Figure 4 – Stations de référence (ou « points de consignes ») sélectionnées**




## 1.2. Choix des débits consignes

Les débits consignes du bilan besoins-ressources sont donc exprimés au niveau de ces stations, pour la période allant du 01/06 au 31/10 de chaque année.
Ces valeurs ont été longuement discutées, au cours de plusieurs comités de pilotage de l'étude. Nous présentons dans ce paragraphe la logique adoptée pour le choix des débits consignes, après un rappel des conclusions de l'étude Midouze 2005.

### 1.2.1. Rappel des conclusions de l'étude Midouze 2005

Nous rappelons ici les axes de réflexion donnés en conclusion de l' « Etude contribuant à la mise en place d'une gestion globale et équilibrée sur le bassin de la Midouze par une détermination hydrobiologique de débits de référence » (CACG, 2005).

Cette étude avait pour objectif de fournir des valeurs de référence par une approche hydrobiologique et piscicole (détermination de débits biologiques) puis par une approche physico-chimique (débits de dilution exprimés au niveau des foyers de pollution). Les résultats avaient alors été comparés aux valeurs caractéristiques d'étiage, évaluées à partir des chroniques de débits naturels reconstitués (disponibles à ce moment là pour la période 1968/69-1990/91).

#### *1.2.1.1 Débits de dilution*

On constate que, pour les foyers les plus significatifs, les débits de dilution se situent très nettement au delà des valeurs caractéristiques d'étiage quinquennal.

Ainsi, à moins de pousser à l'extrême les efficiences de dépollution ou de prolonger la réflexion en tenant compte des phénomènes d'auto-épuration, **une gestion « physico-chimique » des étiages de la Midouze ne paraît pas pouvoir constituer un objectif réaliste**.

#### *1.2.1.2 Débits biologiques*

- *Sur les bassins amont du domaine des coteaux molassiques*

Les valeurs de débits biologiques (DBC et DBO) obtenues sont significativement plus élevées que celles des étiages naturels (QMNA5). Cette situation semble correspondre à des caractéristiques particulières du lit mineur (largeur et encaissement importants) pouvant résulter de facteurs naturels, mais probablement amplifiés par l'impact des aménagements hydrauliques réalisés sur ces cours d'eau.

**Pour ces sections de cours d'eau, la mise en place d'une gestion visant à garantir le respect des DBO irait largement au delà de la restauration des caractéristiques naturelles. Le maintien des DBC apparaît pouvoir constituer un objectif plus réaliste, sous réserve cependant de disposer des ressources complémentaires nécessaires.**

- *Sur les basins de la zone des sables*

**Les valeurs de débits biologiques « objectifs » (DBO) sont en revanche compatibles avec les niveaux d'étiage naturels et peuvent donc constituer pour ces bassins des objectifs réalistes.**

### 1.2.2. Synthèse des débits exprimés aux points de référence

Les tableaux joints (Tableau 5 pour les bassins des coteaux molassiques et Tableau 6 pour les bassins des sables) rassemblent les différentes valeurs de débits exprimées au niveau des 20 stations de référence :

- **Qdilu futur** et **Qdilu actuel** sont les débits de dilution calculés dans l'étude Midouze 2005, éventuellement « ramenés » au droit du point de référence lorsqu'une contrainte de dilution est exprimée au niveau d'un point proche. La situation actuelle restant encore caractérisée par un certain nombre de déficiences de dépollution, les valeurs à retenir de l'étude Midouze sont les Qdilu futur, correspondant à des hypothèses d'amélioration des taux de collecte et des performances d'épuration ;

- **DBO** et **DBC** sont les débits biologiques, issus également de l'étude Midouze 2005, où DBC est le Débit Biologique de Crise et DBO le Débit Biologique Objectif ;
- **QMNA5** est le débit moyen mensuel le plus faible, de période de retour 5 ans. Cette valeur a été calculée sur les chroniques disponibles de débits mesurés et les chroniques de débits naturels reconstitués sur la période 1969-2006 ;
- **DMS** et **DSR** sont le Débit Minimum de Salubrité et le Débit Seuil de Restriction, exprimés, au droit des points de consigne des ouvrages de réalimentation actuels, par l'arrêté interpréfectoral du 06 Juillet 2004.
- Cet arrêté en donne les définitions suivantes : « Le débit seuil de restriction s'entend comme le débit qu'il convient de maintenir au niveau de la station de contrôle afin de garantir en tout temps la conservation du débit minimum de salubrité en sortie de zone d'influence. La transgression du débit seuil de restriction emporte l'arrêt total des prélèvements sur la zone d'influence de l'ouvrage de réalimentation, sur les affluents non réalimentés de la zone d'influence et sur le cours amont du cours d'eau d'alimentation du barrage. » ;
- **QSG** est le débit seuil de gestion ou « objectif de gestion », indiqué dans les plans d'exploitation des barrages de réalimentation. Le QSG constituait l'objectif visé par le gestionnaire en période de réalimentation avant l'arrêté interpréfectoral de Juillet 2004 ; il n'avait pas de valeur réglementaire ;
- **DOE** et **DCR** sont le Débit Objectif d'Etiage et le Débit de Crise exprimé par le SDAGE Adour-Garonne à la station de Campagne sur la Midouze.

**Tableau 5 – Valeurs de débits aux stations de référence des rivières de coteaux ou de type intermédiaire**

| | | | | | | | Débits caractéristiques QMNA5 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | QMNA5 sur débits naturels 2007 (calculés sur période 1969-2006) | QMNA5 sur débits mesurés | | | | | | |
| Axe | **Station de référence** | km² | Q dilu futur | Q dilu actuel | DBO | DBC | | Valeur | *Période de mesure* | DMS | DSR | QSG | DOE | DCR |
| Midour | Sorbets | 67 | | | *"70"* | *"30"* | 13 | 8 | *1994-2006* | **30** | **30** | **30** | | |
| | Laujuzan | 256 | *"150"* | *"50"* | **180** | **130** | **50** | 50 | *1969-2006* | **80** | **80** | **80** | | |
| | Arthez | 523 | | | **500** | **80** | ~ 160 | 200 | *1995-2006* | **80** | **120** | **100** | | |
| | Villeneuve de M. | 603 | **300** | **520** | *"850"* | *"560"* | ~ 190 | 250 ? | *2001-2006* | **90** | **225** | **300** | | |
| Douze | Cazaubon | 217 | **600** | **410** | *"250"* | *"45"* | **75** | 65 | *1971-2006* | **60** | **60** | **80** | | |
| | St Justin | 400 | | | **660** | **265** | 290 | 150 ? | *2003-2006* | **90** | **150** | | | |
| | Roquefort amont | 450 | *"200"* | *"190"* | **830** | **380** | **350** | 320 | *1969-2006* | | | | | |
| Affluents | Petit Midour à Aignan | 49 | **190** | **150** | *"60"* | *"20"* | 10 | 10 ? | *2003-2006* | | | | | |
| | Izaute à Monlezun | 111 | | | **110** | **60** | **30** | 30 | *1969-2006* | | | | | |

Les valeurs entre guillements sont des estimations à partir des points voisins

**Tableau 6 – Valeurs de débits aux stations de référence des rivières de la zone des sables**

| | | | | | | | Débits caractéristiques QMNA5 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | QMNA5 sur débits naturels 2007 (calculés sur période 1969-2006) | QMNA5 sur débits mesurés | | | | | | |
| Axe | **Station de référence** | km² | Q dilu futur | Q dilu actuel | DBO | DBC | | Valeur | *Période de mesure* | DMS | DSR | QSG | DOE | DCR |
| Midour | Mont de Marsan | 800 | *"4 000"* | *"2 800"* | **2 230** | **1 650** | **2 200** | 1 100 | *1969-2006* | | | | | |
| Douze | Mt de Marsan | 1 227 | *"6 900"* | *"4 900"* | **3 140** | **2 410** | 3 800 | *pas de mesure* | | | | | | |
| Midouze | Campagne | 2 500 | | | **5 600** | **4 500** | **8 200** | 6 400 | *1969-2006* | | | | **7 000** | **4 000** |
| | Tartas | 3 000 | 20 400 | 20 400 | **6 400** | **5 300** | 10 000 | *pas de mesure* | | | | | | |
| Affluents | Ludon à Bougue | 64 | | | **350** | **210** | 400 | *pas de mesure* | | **17** | **17** | | | |
| | Estampon à Arue | 378 | *"550"* | *"520"* | **1 230** | **840** | 1 300 | 1000 | *1996-2006* | | | | | |
| | Gouaneyre à Cachen | 86 | **230** | **230** | **380** | **230** | 260 | 200 | *1993-2006* | | | | | |
| | Estrigon à Cère | 210 | *"50"* | *"50"* | **770** | **500** | 900 | 560 | *1991-2006 (hors 1994)* | | | | | |
| | Géloux à St Martin d'Oney | 130 | **350** | **390** | **520** | **330** | 450 | 340 | *1993-2006* | | | | | |
| | Bez à St Yaguen | 338 | | | **1 120** | **760** | 1 200 | *Période de mesures trop courte et données réputées peu fiables* | | | | **1 800** | | |
| | Retjons aval | 131 | | | **530** | **330** | 450 | *pas de mesure* | | | | | | |

Les valeurs entre guillements sont des estimations à partir des points voisins

### 1.2.3. Débits cibles retenus pour la constitution du premier jeu de consignes

C'est sur la base de ces débits et des conclusions de l'étude Midouze 2005 que le comité de pilotage a élaboré un premier jeu de consignes.

Les débits cibles ont été choisis en respectant les principes suivants :

1. **Respect des débits réglementaires ou consignes de gestion (7 stations de référence)** :
   - Pour tous les points sur lesquels ont été exprimés des DSR, hors Ludon à Bougue[1] (6 stations), cette valeur a été proposée comme débit cible pendant la période de réalimentation supposée fixe annuellement (du 15/06 au 31/08 de chaque année). En dehors de la période de réalimentation, les débits consignes retenus correspondent au DMS, ou au $QMNA_5$ naturel si le DMS apparaît manifestement élevé par rapport aux conditions naturelles d'étiage (c'est-à-dire si DMS > $QMNA_5$) ;
   - Pour le point nodal du SDAGE, Campagne, le DOE (7 $m^3/s$) a été retenu comme débit-cible, en cohérence avec le SDAGE et avec les études menées sur les bassins voisins (en particulier sur les bassins Luys-Louts et Adour en amont de Aire-sur-Adour, où ce sont toujours les DOE qui ont été appliqués comme consignes au niveau des points nodaux du SDAGE). La valeur de 7 $m^3/s$ étant assez nettement supérieure au DBO (5.6 $m^3/s$) en ce

[1] Il a en effet été admis par le comité de pilotage que le DSR exprimé par arrêté interpréfectoral pour la station du Ludon à Bougue ne correspond pas à un débit satisfaisant pour ce cours d'eau.

point, la première simulation intégrera donc une variante du débit cible à Campagne à hauteur du DBO.

2. **« Cible = DBC ou QMNA5 » pour les bassins des coteaux molassiques ou de type intermédiaire (3 stations de référence) :**
   Ce principe, comme le suivant, est largement inspiré des conclusions de l'étude Midouze 2005. Le choix s'est donc orienté vers les DBC pour les bassins des coteaux molassiques, et vers les DBO pour les bassins des sables, dans tous les cas sans trop s'éloigner d'une situation naturelle (QMNA5).
   Ainsi, pour les rivières de la partie amont du bassin, le débit cible est pris égal à la plus faible valeur entre le DBC et le QMNA5.

3. **« Cible = DBO ou QMNA5 » pour les bassins des sables (10 stations de référence) :**
   Le débit cible est pris égal à la plus faible valeur entre le DBO et le QMNA5.

### 1.2.4. Variantes sur les débits consignes

Les variantes testées sur les débits consignes ont été les suivantes :

- A Campagne : application du DOE ou du DBO, ou de 0.8DOE[1] (par pure coïncidence, cette valeur de 0.8DOE correspond à 5.6 $m^3/s$ c'est à dire le DBO) ;
- Dans la zone des sables : l'application du DBO (en fait min(DBO,QMNA5)) ou du DBC.

Les valeurs de débits cibles correspondantes ainsi que celles testées dans les autres simulations sont récapitulées au chapitre 4.

[1] Le comité de pilotage a proposé de tester cette valeur car, selon le SDAGE, le DOE est respecté pour l'étiage d'une année si, pendant cet étiage, le plus faible débit moyen de 10 jours consécutifs (VCN10) n'a pas été inférieur à 80% du DOE (VCN10>0,8 DOE) ; le DOE ainsi défini doit être respecté statistiquement 8 années sur 10.
Lors des simulations LAGON, les bilans besoins-ressources sont effectués en supposant la satisfaction du débit objectif. Ainsi, si on applique 0.8DOE comme débit objectif au niveau du point nodal, cette valeur de débit est satisfaite en permanence dans la simulation et donc a fortiori VCN10>0.8DOE.

# 2. EAU POTABLE, INDUSTRIE ET AUTRES PRELEVEMENTS DIVERS

Nous classons dans cette rubrique tous les prélèvements et rejets qui ne sont pas à usage d'irrigation.

## 2.1. Prélèvements pour l'eau potable

Les besoins pour l'alimentation en eau potable ont été évalués à partir des données de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, croisées avec celles de l'Observatoire de l'Eau des Pays de l'Adour et celles de la DDAF32.

Ces prélèvements ont été affectés au BVE correspondant au travers de leurs coordonnées géographiques.

Les autorisations de prélèvements pour l'eau potable sur le bassin de la Midouze représentent au total plus de **14 $Mm^3$ par an (environ 460 l/s en débit fictif continu)**, dont seulement 10% s'effectuent directement sur les écoulements superficiels (rivières, sources, résurgences karstiques). La plupart des prélèvements pour l'eau potable s'opère donc dans les nappes.

L'analyse réalisée sur l'impact des prélèvements en nappe (présentée en annexe et de façon résumée au §5.1 du chapitre 1) nous a montré que, dans ce bassin à la structure hydrogéologique complexe, plusieurs aquifères sont connectés, plus ou mois directement, aux écoulements superficiels. Nous avons élaboré plusieurs fonctions de transfert permettant de traduire l'influence des prélèvements en nappe. Ces fonctions de transfert sont appliquées aux prélèvements en eau potable de la même façon qu'aux prélèvements agricoles puisque les données de base le permettent (indication de l'aquifère concerné, avec son code).

## 2.2. Prélèvements pour l'industrie

Dans nos bilans, les prélèvements industriels ont été pris en compte exactement de la même manière que les prélèvements pour l'eau potable, dans le sens où la même fonction de répartition (cf. § 5.2 du chapitre 1) leur est appliquée ainsi que la fonction de transfert correspondante à l'aquifère concerné pour les prélèvements en nappe.

La source des données est également l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Le total des prélèvements industriels sur le bassin s'élève à près de **14 $Mm^3$ (440 l/s en débit fictif continu)** dont près de 8 $Mm^3$ s'opèrent directement dans les rivières.

## 2.3. Rejets

Une part importante des volumes prélevés pour l'AEP et l'industrie retourne après utilisation aux milieux naturels.
Pour le bilan, nous avons fait l'approximation que les rejets représentent 80% des débits prélevés et qu'ils s'effectuent en totalité dans le milieu superficiel (ce qui n'est pas tout à fait vrai pour les assainissements autonomes). Les rejets de l'assainissement domestique ont été répartis par

commune (rejet au niveau du centroïde de la commune) au prorata de la population de celle-ci (recensement 1999).

Notons que, à l'échelle d'un sous-bassin, il y a des cas où ces rejets peuvent constituer un gain de ressources : lorsque le prélèvement se situe hors bassin ou dans une nappe profonde non connectée aux écoulements superficiels, alors que le rejet s'effectue vers le milieu superficiel.
Quoi qu'il en soit, et nous le verrons au moment de la synthèse des prélèvements élaborée un peu plus loin, les prélèvements AEP et industriel et les rejets correspondants représentent un terme marginal du bilan et sont de peu d'influence sur celui-ci.

## 2.4. Autres prélèvements

Il existe également, mais de façon plus marginale, quelques prélèvements pour l'arrosage des espaces verts, de terrains de sport, le remplissage de plans d'eau d'agrément…

Les autorisations de prélèvement correspondantes ont été recueillies auprès de la DDAF40 ; elles figurent dans les fichiers d'autorisation des prélèvements agricoles. Pour le présent bilan besoins-ressources, ils ne peuvent être assimilés à des prélèvements agricoles car les données de base ne sont pas les mêmes (ils ne sont pas exprimés en hectares irrigués mais en volume autorisé) et la répartition dans le temps est différente (les besoins agricoles sont fonctions de la climatologie alors que ces autres prélèvements sont plus aléatoires).

Pour les besoins du calcul, la répartition dans le temps de ces prélèvements a été considérée comme constante pendant 10 semaines réparties entre Juin et Août. Le volume total autorisé a été transformé en débit fictif continu (en l/s) réparti sur ces dix semaines, au travers de la fonction de répartition MTMA (Cf. le paragraphe sur les fonctions de répartition au Chapitre 1). Il n'y a pas de rejet associé à ces prélèvements.

Ces prélèvements représentent un volume total autorisé de **0.16 Mm$^3$/an**, soit un **débit fictif continu de 26.4 l/s sur 10 semaines**.

# 3. PRELEVEMENTS AGRICOLES

## 3.1. Les données de superficies irriguées

### 3.1.1. Sources

Les données concernant les superficies irriguées ont été recueillies auprès des services de la Police de l'eau des départements 32 et 40 et confrontées aux informations disponibles à la CACG concernant les prélèvements en rivières réalimentées (conventions de restitution).

L'objectif en était de connaître avec une bonne précision les superficies irriguées actuelles (ce travail ayant été initié à l'automne 2006, il a été réalisé sur la base des autorisations 2006). Le présent bilan besoins-ressources étant mené, comme nous l'avons vu précédemment, sur des débits naturels reconstitués par modèles pluie-débit, il ne nécessite pas le rassemblement des données passées de surfaces irriguées permettant de retracer leur évolution dans le temps.

### 3.1.2. Travail réalisé sur les données

Les prélèvements ont été répartis par BVE et par type de ressource et d'irrigation. Par « type d'irrigation », on distingue celle pratiquée par aspersion de celle pratiquée par submersion. Sur le bassin de la Midouze, seule est pratiquée l'irrigation par aspersion.

L'affectation des superficies irriguées aux BVE a été réalisée sous Système d'Information Géographique grâce aux coordonnées Lambert des points de prélèvements (information désormais disponible pour les départements concernés).

Pour chaque BVE, les surfaces irriguées ont été classées selon le type de ressource :

- prélèvement direct en rivière,
- prélèvement en nappe : surfaces irrigués selon l'aquifère prélevé, récapitulées par fonction de transfert adoptée (cf. présentation des fonctions de transfert au §5.1 du Chapitre 1), des aquifères différents pouvant avoir des fonctions de transfert similaires.

Les valeurs prises en compte sont récapitulées par sous-ensemble un peu plus loin dans ce rapport.

### 3.1.3. Cas particuliers de certains types de prélèvements agricoles

#### *3.1.3.1 Prélèvements dans des retenues d'eau*

Parmi les prélèvements dans des retenues, nous avons distingué :

- ceux s'opérant dans des barrages de réalimentation,
- ceux s'opérant dans d'autres retenues (dites « collinaires » ou « individuelles »).

Les premiers ont été pris en compte comme des prélèvements en rivière, au même titre que les prélèvements s'effectuant réellement en rivière et faisant l'objet de conventions de restitution avec le gestionnaire du barrage. Au moment du bilan final et du calcul du déficit résiduel (correspondant au déficit absolu moins les ressources déjà mobilisées cf. § 4 du Chapitre 4) la ressource mobilisée dans le barrage correspondant est prise en compte pour le calcul du déficit résiduel.

La connaissance que l'on a du second type de prélèvement est hétérogène sur le bassin :

- dans le Gers, seules les retenues et leurs caractéristiques sont recensées (localisation, utilisation, surface et volume) ; les informations concernant les prélèvements proprement dits (surfaces irriguées en particulier) ne sont pas disponibles ;
- dans les Landes, le recensement des transferts d'eau est très détaillé : pour une même retenue, le fichier landais indique le remplissage (avec évaluation, en volume autorisé, de la part de remplissage hivernal -du 15/10 au 15/04- et de la part de remplissage estival –du 15/04 au 15/10) et le prélèvement qui s'y effectue ensuite (surface irriguée, volume autorisé).

Nous avons donc procédé de la manière suivante :

- pour la partie gersoise du bassin et faute de mieux compte tenu des données disponibles, les prélèvements dans les retenues individuelles ont été considérés sans influence sur le bilan réalisé du 01/06 au 31/10 de chaque année ; cela revient à considérer que l'intégralité du remplissage de ces retenues s'effectue en dehors de cette période. C'est généralement effectivement le cas, mais il y a probablement des exceptions ;
- pour la partie landaise, compte tenu du niveau de détail dans les autorisations, nous avons pu mener une approche plus fine. Les remplissages hivernaux sont sans influence sur le bilan. Ainsi, seuls les remplissages estivaux ont été considérés comme des prélèvements influents ; ils ont ainsi été assimilés à des prélèvements en rivière ou en nappe, selon la ressource utilisée pour le remplissage estival de la retenue. La surface irriguée équivalente prise en compte pour chaque retenue est celle correspondant uniquement au remplissage estival, lorsqu'il y en a.

#### *3.1.3.2 Prélèvements « complexes »*

Dans les fichiers d'autorisation de prélèvements dans les Landes, on voit apparaître des systèmes très complexes, par exemple : pompage en nappe, alimentation de rivière par ce pompage puis pompage en rivière. La DDAF40 délivre une autorisation pour chacune des composantes de ce système, ce qui génère 3 lignes dans le fichier des prélèvements.

Un travail a donc été réalisé pour sélectionner uniquement le prélèvement influent : dans l'exemple cité, si les volumes et les surfaces irriguées en jeu sont identiques pour les 3 composantes du prélèvement, on ne retient comme prélèvement influent que le prélèvement en nappe. Dans les cas où les volumes en jeu et surfaces irriguées sont différents, nous avons analysé cette différente et retenu par exemple le pompage en nappe, complété par un pompage complémentaire en rivière (pour une surface irriguée égale à la différence).

## 3.2. Le calcul des besoins unitaires

### 3.2.1. Principe

Les besoins unitaires théoriques représentent la quantité d'eau qu'il faudrait apporter à la plante en plus des apports naturels (pluie) pour arriver à une production maximale de matière sèche. Ils ne représentent pas forcément ce que l'agriculteur consomme, puisque l'apport d'eau par irrigation dépend de contraintes matérielles, législatives (restrictions, tours d'eau), de la conduite technique des apports d'eau (prévision des besoins en avenir incertain et ajustement des doses pouvant conduire à des apports insuffisants ou excessifs) et des conditions économiques.

Le besoin unitaire théorique se calcule d'après la formule de Penman au pas de temps décadaire :

$$BUT = kc\ ETP - Pluie - RFU$$

où :

- l'ETP de Penman est une donnée météorologique standard d'évaporation qui, multipliée par le coefficient cultural kc, permet d'obtenir l'évapotranspiration correspondant à l'assolement du bassin considéré,
- la pluie doit être représentative de la pluviométrie du bassin considéré,
- la RU correspond à la réserve utilisable en eau du sol par la plante. La RFU (Réserve Facilement Utilisable) est estimée à environ 2/3 de la RU.

### 3.2.2. Hypothèses

Les calculs de BUT s'effectuent pour chacune des régions agricoles, celles-ci étant définies comme homogènes pour les paramètres intervenant dans le calcul des besoins unitaires.
Les hypothèses d'assolement, de météorologie (postes ETP et postes pluviométriques pris en compte et avec quels coefficients), de pédologie (réserve utile des sols) ont été fournies au chapitre 1 (§4) dans le tableau détaillant la composition des régions agricoles.

Les coefficients culturaux permettent de faire le lien entre une ETP « standard » et l'évapotranspiration d'un certain type de plante. Les valeurs utilisées dans cette étude sont présentées en annexe. Notons que, pour une même culture, ces valeurs sont généralement égales d'une région agricole à l'autre. Pour le bassin de la Midouze, d'après la Chambre d'Agriculture des Landes, les semis de maïs sont plus précoces dans les sables des Landes (d'une quinzaine de jours environ). Les coefficients culturaux du maïs pour cette région ont donc été avancés d'une décade.

### 3.2.3. Particularités de la zone des sables en terme de besoins en eau

*[Sources : « Etat des lieux du SAGE Leyre » : particularité des sols sableux vis à vis des besoins en eau et apports d'irrigation ; explications orales par la Chambre d'Agriculture des Landes]*

Les sols sableux rencontrés dans les régions agricoles Landes et Marsan ont une réserve en eau et donc une RFU très faible. Dans ces sols, la RFU est ainsi consommée en quelques jours par la

culture et des apports d'eau faibles et réguliers sont nécessaires pour répondre aux besoins des cultures.

De plus, dans les sols sableux, toute l'eau apportée n'est pas efficace. Il y existe en effet des chemins préférentiels, à travers lesquels l'eau passe sans être retenue. Ainsi une partie des apports s'infiltre et rejoint les nappes superficielles (telles que la nappe du Plio-Quaternaire). Ce retour à la nappe est estimé entre 40 et 50% de l'apport. L'état hydrique initial du sol contribue cependant à améliorer l'efficience des apports : plus le sol est sec, plus il sera difficile à réhumidifier, plus les passages préférentiels seront importants et moins l'efficience d'un apport d'eau sera bonne. Ainsi pour améliorer l'efficience de l'irrigation, mieux vaut ne pas trop laisser le sol se dessècher.

Ces particularités conduisent à des pratiques de l'irrigation adaptées au contexte, avec des apports nettement supérieurs aux besoins en eau des plantes. **Il est important de garder cette particularité en tête, qui explique pourquoi les besoins unitaires calculés (résultats présentés plus loin) pourront apparaître faibles par rapport aux doses réellement apportées et aux volumes autorisés.**
**A l'inverse, les valeurs de besoins unitaires théoriques ne pourront être utilisées directement pour définir des doses d'irrigation et en particulier fixer des quotas. Il faudra pour cela tenir compte des infiltrations vers les nappes et du coefficient d'efficience de l'apport.**

**Pour les calculs de bilan besoins-ressources, ce sont bien par contre les quantités consommées (=BUT) qui nous intéressent ;** la part des quantités d'eau apportées aux cultures retournant à la nappe est un élément qui ne doit pas intervenir dans le bilan car il est certes ponctionné dans les ressources en eau mais y retourne très rapidement.

Compte tenu de la nécessité de ne pas trop laisser les sols se dessécher pour une bonne pratique de l'irrigation, les sols se comportent plus ou moins comme si leur RFU était plus faible qu'elle n'est. Afin de tenir compte de cette particularité, il a été demandé par la Chambre d'Agriculture des Landes (demande acceptée par le comité de pilotage mais non retenue par la suite) que, **dans un premier scénario,** les calculs les besoins unitaires théoriques des régions agricoles Landes et Marsan soient réalisés avec des RFU respectives de 0 mm (contre RFU mesurée = 35 mm) et 10 mm (contre RFU mesurée = 45 mm). Ces régions agricoles aux RFU modifiées ont été renommées Landes2 et Marsan2 pour éviter les confusions ; en dehors de la RFU, elles ont exactement les mêmes caractéristiques que les RA Landes et Marsan.

**Le deuxième scénario de BUT** étudié correspond aux valeurs mesurées de la RFU (35 et 45 mm). C'est finalement ce scénario qui a été validé par le comité de pilotage (afin de ne tenir compte dans le bilan que de la quantité d'eau consommée par les cultures) et que nous considèrerons donc comme le scénario de base, bien qu'étudié dans un second temps.

### 3.2.4. Résultats

Les calculs ont été effectués au pas de temps décadaire et l'on dispose donc d'une chronique de BUT décadaires sur la période 1969-2006.
Les résultats sont présentés, pour chaque région agricole, sous forme de chroniques des besoins unitaires théoriques annuels, fournies en annexe. Les valeurs de synthèse à retenir sont récapitulées dans le tableau suivant (valeurs moyennes et valeurs statistiques obtenues par ajustement d'une loi de Gauss).

**Tableau 7 – Besoins unitaires théoriques : résultats synthétiques**

| | **Valeurs statistiques des BUT en m3/an** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Scénario correspondant** | **Scénarios 1 et 2** | | | **Scénario 2** (scénario de base) | | ***Scénario 1*** *(non retenu par le comité de pilotage)* | |
| **Région agricole : (RFU prise en compte)** | **Douze_amont (70 mm)** | **Midour_amont (70 mm)** | **Bas_Armagnac (50 mm)** | **Marsan (45 mm)** | **Landes (35 mm)** | ***Marsan 2 (10 mm)*** | ***Landes 2 (0 mm)*** |
| MOYENNE | 1 410 | 1 330 | 1 650 | 1 630 | 1 750 | *2 080* | *2 340* |
| Ecart-Type | 608 | 597 | 691 | 700 | 708 | *621* | *604* |
| **Quantiles obtenus par ajustement d'une loi de Gauss** | | | | | | | |
| T=10ans | 2 190 | 2 090 | 2530 | 2 520 | 2 660 | *2 880* | *3 120* |
| T=5ans | 1 920 | 1 830 | 2230 | 2 220 | 2 350 | *2 600* | *2 850* |
| T=2ans | 1 410 | 1 330 | 1650 | 1 630 | 1 750 | *2 080* | *2 340* |

Les besoins théoriques en année moyenne varient de 1400 $m^3$/ha environ pour l'amont du bassin, dans les coteaux gersois, à près de 1750 en aval, dans les zones des sables pour le scénario de base : 1600 dans la région agricole Marsan en rive gauche de la Midouze et 1750 dans la région agricole Landes en rive droite de la Midouze. Les BUT des régions Landes et Marsan dépassent 2000 $m^3$/ha en année moyenne pour le scénario 1 initialement étudié.

## 3.3. Le calcul des prélèvements agricoles

### 3.3.1. Prélèvements unitaires

En multipliant les besoins unitaires théoriques par un coefficient comportemental qui tient compte de la conduite technique des apports d'eau et des conditions économiques[1] et par un changement d'unités, on obtient les prélèvements unitaires agricoles (en l/s/ha).

Pour le bassin de la Midouze, ce coefficient est, dans la pratique, supérieur à 1 dans la zone des sables compte tenu du contexte particulier (cf. explications au § 3.2.3 du Chapitre 3). Toutefois, le surplus d'eau s'infiltre vers la nappe et retourne aux ressources en eau. Pour ne tenir compte que de la part consommée, c'est donc un coefficient de 1 qui a été retenu pour tout le bassin.

### 3.3.2. Reconstitution des prélèvements

Les prélèvements agricoles théoriques sont calculés pour chaque BVE en multipliant les prélèvements unitaires par une superficie irriguée (la même pour toute la chronique 1969-2006) correspondant à un

[1] L'apport d'eau pouvant être, pour ces raisons, différent du BUT.

niveau de prélèvement que l'on souhaite tester pour le calcul des déficits. Les prélèvements en nappe sont traduits en prélèvements équivalents en rivière en utilisant les fonctions de transfert présentées au chapitre 2.

Dans cette étude le calcul a été effectué avec la superficie irriguée de l'année 2006 (voir tableau de synthèse des valeurs prises en compte au §4).

## 4. SYNTHESE PAR SOUS-BASSIN

Dans les tableaux suivants, nous avons récapitulé les prélèvements et rejets pris en compte dans nos calculs. Concernant les prélèvements en nappe, ces tableaux font apparaître la somme de tous les prélèvements et concernent donc différents aquifères.

Le découpage adopté, en bve, étant très fin, ce n'est pas le détail par bve que nous présentons ci-dessous mais un récapitulatif par sous-bassin, en séparant les ponctions qui s'opèrent sur les rivières de celles qui s'opèrent sur les nappes (ici les prélèvements en nappe ont été globalisés, alors qu'ils ont été séparés par type de fonction de transfert dans LAGON).

.

| **Tableau 8 – Synthèse des prélèvements par sous-bassin** | Surface du sous-bassin versant en km² | RIVIERE | | | | NAPPES (tous aquifères confondus ici) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Surface irriguée (en ha) | AEP et industrie (en l/s) | Autres (en l/s) | Rejets (en l/s) | Surface irriguée (en ha) | AEP et industrie (en l/s) | Autres (en l/s) |
| BES | 344.8 | 486 | 0 | 0 | 19.6 | 3 716 | 29.3 | 0 |
| DOUZE ROQF-MTMA (hors Estampon et Gouaneyre) | 187.6 | 102 | 3.5 | 4.3 | 9.4 | 571 | 48.2 | 0 |
| DOUZE ST JEAN (réalimentée par St Jean + amont) | 295.3 | 1 986 | 3.5 | 0 | 16.5 | 18 | 12.4 | 0 |
| DOUZE ST JUSTIN-ROQF | 49.0 | 329 | 0 | 0 | 1.3 | 27 | 0 | 0 |
| DOUZE TAILLURET (réalimentée par Tailluret+affluent) | 113.1 | 686 | 0 | 0 | 2.5 | 224 | 4.4 | 0 |
| ESTAMPON | 433.5 | 357 | 0 | 0 | 3.4 | 5 293 | 23.6 | 0 |
| ESTRIGON | 280.2 | 119 | 0 | 0 | 4.1 | 2 250 | 66.2 | 0.8 |
| GELOUX | 142.6 | 161 | 0.1 | 0 | 2.7 | 1 107 | 14.9 | 0 |
| GOUANEYRE | 150.2 | 48 | 0 | 0 | 1.3 | 1 375 | 0.6 | 0 |
| IZAUTE | 120.1 | 0 | 5.7 | 0 | 2.1 | 0 | 0 | 0 |
| LUDON | 77.6 | 1 412 | 30.1 | 0 | 2.7 | 1 280 | 26.9 | 0 |
| MIDOUR ARTHEZ (réalimenté par Arthez + affluents Gaube, Arthez) | 60.6 | 493 | 0 | 0 | 3.6 | 304 | 0 | 0 |
| MIDOUR CHARROS (réalimenté par Charros + affluents Houeillède, Charros amont) | 118.9 | 1 080 | 0 | 0 | 3.3 | 120 | 19.9 | 0 |
| MIDOUR LAUJUZAN (amont réalim Charros et hors Izaute) | 300.4 | 1 531 | 6.2 | 0 | 9.6 | 0 | 0 | 0 |
| MIDOUR VILLENEUVE-MTMA (hors Ludon) | 107.3 | 700 | 0 | 14.5 | 42 | 821 | 12.6 | 0 |
| MIDOUZE AVAL CAMPAGNE (hors Bes et Retjons) | 164.2 | 2 257 | 0 | 0 | 9.4 | 2 743 | 0 | 0 |
| MIDOUZE MTMA-CAMPAGNE (hors Estrigon et Géloux) | 78.1 | 404 | 0 | 0 | 10.3 | 675 | 29.3 | 6.9 |
| RETJONS | 131.2 | 130 | 205.1 | 0 | 294.6 | 1 278 | 8.5 | 0 |
| **Total** | **3 154.7** | **12 280** | **254.2** | **18.7** | **438.4** | **21 802** | **296.8** | **7.7** |

On peut réaliser un calcul rapide permettant de comparer les différents termes, en traduisant en débit fictif continu sur 2.5 mois les prélèvements agricoles à partir d'un BUT moyen sur le bassin (environ 1500 $m^3$/ha en année moyenne). Ce BUT représente un prélèvement de 0.23 l/s/ha soit près de 8 $m^3$/s pour les 34 000 ha irrigués du bassin.