



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
ET DE L'ÉNERGIE



**Hydrologie de surface**  
**B2b – Hydrologie de la Métropole - Zooms**

Octobre 2012





Le rapport final du lot Hydrologie de Surface du projet Explore 2070 comporte les documents suivants.

---

### **A - Synthèse des travaux**

---

- A0 Note de synthèse de 4 pages
  - A1 Rapport de synthèse
  - A2 Fiches, Graphiques et Cartes de présentation des résultats
- 

### **B - Rapports thématiques détaillés**

---

- B1 Rapport détaillé Climatologie Métropole
- B2a Rapport détaillé Hydrologie Métropole
- B2b Rapport détaillé Hydrologie Métropole - Zooms**
- B3 Rapport détaillé DOM
- B4 Rapport Thermie
- B5 Synthèse Bibliographique

Le présent document constitue le rapport surligné en gris.

Il présente les travaux effectués par le lot Hydrologie de Surface pour trois bassins-zooms pour lesquels un travail de désinfluencement des débits a été effectué. Les méthodes et les résultats en termes de qualité des modélisations hydrologiques sont décrits.

# B2B - RAPPORT DETAILLE

## HYDROLOGIE METROPOLE - ZOOMS

<b>1. RESUME DU PRESENT RAPPORT .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Rappel de la démarche générale</b>	<b>1</b>
1.1.1 Méthodologie générale	1
1.1.2 Spécificité et intérêt des développements sur les bassins "Zooms"	2
<b>1.2 Principaux résultats</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJECTIFS DES ZOOMS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ZOOM ORB ET HERAULT .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Le contexte régional</b>	<b>7</b>
3.1.1 Sur la question des ressources en eau et de leurs usages	7
3.1.2 Sur la question des risques liés aux inondations	12
3.1.3 Présentation des bassins de l'Orb et l'Hérault	14
<b>3.2 Synthèse des principales influences anthropiques sur les bassins de l'Orb et l'Hérault</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Choix des points d'étude</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Naturalisation des débits</b>	<b>21</b>
<b>3.5 Résultats de modélisation : Comparaison entre simulations avec les débits influencés et avec les débits naturalisés</b>	<b>22</b>
<b>4. ZOOM SEINE .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Le contexte régional</b>	<b>25</b>
<b>4.2 Présentation du bassin</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Synthèse des principales influences anthropiques sur le bassin de la Seine</b>	<b>26</b>
<b>4.4 Choix des points d'études</b>	<b>27</b>
<b>4.5 Naturalisation des débits</b>	<b>28</b>
<b>4.6 Résultats de la naturalisation</b>	<b>30</b>
<b>4.7 Résultats de modélisation : Comparaison entre simulations avec les débits influencés et avec les débits naturalisés</b>	<b>31</b>
<b>5. ZOOM GARONNE .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Présentation du bassin</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Synthèse des principales influences anthropiques sur le bassin de la Garonne</b>	<b>36</b>
<b>5.3 Choix des points d'études</b>	<b>38</b>
<b>5.4 Naturalisation des débits</b>	<b>39</b>
<b>5.5 Résultats de modélisation : Comparaison entre simulations avec les débits influencés et avec les débits naturalisés</b>	<b>41</b>
<b>6. CONCLUSION INTER-ZOOMS.....</b>	<b>43</b>

<b>ANNEXES.....</b>	<b>45</b>
<b>Annexe 1 Principales influences anthropiques sur le bassin de l'Orb et naturalisation des débits de l'Orb</b>	<b>46</b>
<b>Annexe 2 Principales influences anthropiques sur le bassin de l'Hérault et naturalisation des débits de l'Hérault</b>	<b>71</b>
<b>Annexe 3 Principales influences anthropiques sur le bassin de la Garonne et naturalisation des débits de la Garonne</b>	<b>89</b>

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## FIGURES :

Figure 1 : Languedoc-Roussillon – relief et ressources superficielles (carte BRLi) .....	7
Figure 2 : Débit moyen du fleuve Orb à la station de Viéussan illustrant son régime méditerranéen.....	8
Figure 3 : Extrait d'un document INSEE sur la population de Languedoc-Roussillon.....	9
Figure 4 : La baisse des superficies irriguées en Languedoc-Roussillon (extrait AQUA 2020).....	11
Figure 5 : Territoires de demande/territoires d'offre – Cas de l'Hérault et de l'Orb pour l'eau potable .....	12
Figure 5 : Inventaire des principales influences anthropiques sur le bassin de l'Orb (cours d'eau et nappes alluviales) ou liés à l'Orb. Débits moyens hebdomadaires en 2003.....	16
Figure 6 : Bassin de l'Orb et principales sources d'artificialisation du fleuve.....	17
Figure 7 : Inventaire des principales influences anthropiques sur le bassin de l'Hérault (cours d'eau et nappes alluviales). Débits moyens hebdomadaires pour une année type 2003.....	18
Figure 8 : Bassin de l'Hérault et principales sources d'artificialisation des débits du fleuve .....	19
Figure 9 : Points de calcul choisis pour le zoom de l'Orb et de l'Hérault .....	21
Figure 10 - Critères C2MQ (rond bleu) et C2MLQ (carré rouge) pour la modélisation avec débits naturalisés et débits influencés.....	23
Figure 11 - Régime hydrologique des débits influencés et naturalisés de l'Orb à Viéussan (gauche) et de l'Orb à Béziers (droite) .....	24
Figure 12 - Secteur d'étude pour le zoom Seine, localisation des points de simulation et des quatre barrages-réservoirs.....	26
Figure 13 – Evolution des prélèvements selon les usages et par scénario aux horizons 2015 et 2025. ....	27
Figure 14 – Débits influencés (bleu) et naturalisés (rouge) à la station de la Marne à Saint-Dizier. Située sur la Marne à l'aval immédiat du canal de prélèvement qui détourne une partie des eaux de la Marne vers le réservoir Marne, la station montre clairement les signes de l'influence de la prise. En hiver et au printemps, le remplissage du barrage induit une diminution du débit de la Marne. ....	30
Figure 15 - Débits influencés (bleu) et naturalisés (rouge) à la station de Paris-Austerlitz. A nouveau l'influence des barrages réservoirs est bien lisible: les crues sont écrêtées et en été, le soutien d'étiage permet un débit minimal garanti.....	31
Figure 16 - Critères C2MQ (rond bleu) et C2MLQ (carré rouge) pour la modélisation avec débits naturalisés et débits influencés.....	32
Figure 17 - Régime hydrologique des débits influencés et naturalisés de la Marne à St-Dizier (gauche) et de la Seine à Méry-sur-Marne (droite).....	33
Figure 18 : Secteur d'étude, localisation des bassins versants et principales sources d'anthropisation de la Garonne (Source : Sauquet, 2009).....	35
Figure 19 : Evolution des surfaces irriguées selon les départements (Source : Sauquet, 2009).....	36
Figure 20 : Part des prélèvements des différents usages sur le bassin de gestion Adour-Garonne (a) et sur le bassin versant de Lamagistère (b) (Source : Sauquet, 2009).....	37
Figure 21: Part des consommations réelles des différents usages sur le bassin de gestion Adour-Garonne (a) et sur le bassin versant de Lamagistère (b) (Source : Sauquet, 2009).....	37
Figure 22 : Répartition des volumes prélevés par origine de l'eau sur le bassin de gestion Adour-Garonne (a) et sur le bassin versant de Lamagistère (b) (Source : Sauquet, 2009).....	38
Figure 23 : Sous-bassins définis par les points de calculs choisis pour le Zoom de la Garonne (Source : Sauquet, 2009) .....	39
Figure 24 : Identification des éléments de base pour la reconstitution des débits aux exutoires de bassins influencés par des grandes retenues hydrauliques (Agosta, 2007). ....	40

Figure 25 - Critères C2MQ (rond bleu) et C2MLQ (carré rouge) pour la modélisation avec débits naturalisés et débits influencés.....	42
Figure 26 - Régime hydrologique des débits influencés et naturalisés de la Garonne à Portet-sur-Garonne (gauche) et de l'Ariège à Foix (droite).....	43
Figure 27 : Le barrage des Monts d'Orb.....	49
Figure 28 : Prélèvements AEP sur le bassin de l'ORB.....	51
Figure 29 : Inventaire des principaux prélèvements dans le bassin de l'Orb (cours d'eau et nappes alluviales) ou liés à l'Orb (Portiragnes) – Débits moyens mensuels cumulés en 2003.....	53
Figure 30 : Inventaire des principales influences anthropique sur le bassin de l'Orb (cours d'eau et nappes alluviales) ou liés à l'Orb (Portiragnes) – Débits moyens hebdomadaires en 2003.....	55
Figure 31 : Débits journaliers naturel et influencé à l'aval de Réals – année 2003.....	55
Figure 32 : Carte du bassin de l'Orb et des principales influences anthropiques répertoriées.....	56
Figure 33 : topologie de l'Orb.....	57
Figure 34 : Types de lien selon les grands domaines traversés.....	73
Figure 35 : Prélèvements des 4 stations desservant les périmètres gérés par BRL dans la vallée de l'Hérault.....	78
Figure 36 : Prélèvements en eau sur le bassin du fleuve Hérault (cours d'eau et nappes alluviales).....	81
Figure 37 : Prélèvements en eau sur le bassin du fleuve Hérault (cours d'eau et nappes alluviales) en débit cumulé.....	81
Figure 38 : Carte du bassin de l'Hérault et des principales influences anthropiques répertoriées.....	82
Figure 39 : Topologie de l'Hérault.....	85
Figure 40 : Débits mensuels moyens observés et naturels reconstitués pour ce qui est disponibles sur la période 1970-2005 (en bleu : régime naturel, en rouge : débits observés aux stations).....	94

## TABLEAUX :

Tableau 1 : Plages des tendances calculées à partir des 14 simulations, sur l'ensemble des points de calcul des bassins zooms.....	3
Tableau 2 : Sélection des points d'étude pour le zoom Orb et Hérault.....	20
Tableau 3 - Performance en calage des modèles ZOOM_NAT (avec débits naturalisés) et GR4J_NEJ07 (avec débits influencés).....	23
Tableau 4 - Liste des points de simulation avec utilisation des débits naturalisés. Lorsque c'était possible, nous avons associé à chacun des 25 points d'études la station hydrologique de la banque HYDRO correspondante. Pour 5 points, aucune station HYDRO, donc aucune observation des débits influencés n'est disponible et la comparaison est caduque.....	28
Tableau 5 - Performance en calage des modèles ZOOM_NAT (avec débits naturalisés) et GR4J_NEJ07 (avec débits influencés) (les périodes d'analyse peuvent différer légèrement suivant les bassins). .....	31
Tableau 6 : Volumes prélevés par usages suivants les sous-bassins définis par les stations hydrométriques (Source : Sauquet, 2009).....	38
Tableau 7 : Points de calculs choisis pour le Zoom du bassin de la Garonne.....	38
Tableau 8 - Performance en calage des modèles ZOOM_NAT (avec débits naturalisés) et GR4J_NEJ07 (avec débits influencés) (les périodes d'analyse peuvent différer légèrement suivant les bassins) .....	41
Tableau 9 : Performances moyennes en modélisation avec utilisation des débits influencés et des débits naturalisés.....	44
Tableau 10 : Caractéristiques des prélèvements du réseau BRL sur l'Orb.....	50
Tableau 11 : Principaux prélèvements nets dans le bassin de l'Orb (cours d'eau et nappes alluviales) ou liés à l'Orb (Portiragnes).....	53
Tableau 12 : Comparaison des VCN 30 (5 ans sec) naturels et influencés en des points clés du bassin de l'Hérault.....	75
Tableau 13 : Tableau de synthèse des prélèvements en cours d'eau ou nappe alluviale dans le bassin du fleuve Hérault.....	80

Tableau 14 : Données hydrométriques utilisées pour la naturalisation des débits de l'Hérault .....86

## 1. RESUME DU PRESENT RAPPORT

La tâche principale attendue du Lot Hydrologie de surface est une évaluation de l'impact possible du changement climatique à l'horizon 2070 sur les ressources en eau superficielles en France métropolitaine et sur les départements d'Outre-mer.

Une partie des travaux a porté spécifiquement sur la quantification des évolutions naturelles des eaux de surface. Une des difficultés rencontrées dans l'étude de ces évolutions réside dans l'existence des activités humaines qui modifient les régimes naturels et ainsi perturbent la caractérisation de la réponse du bassin aux forçages climatiques. Ce rapport présente un développement spécifique de ces travaux, réalisé sur certains bassins cibles représentatifs de forts enjeux (Seine, Orb-Hérault et Garonne, nommés "Zooms" par la suite) et pour lesquels nous disposons de débits désinfluencés (c'est-à-dire corrigés des influences humaines), permettant ainsi d'avoir une meilleure estimation de l'évolution de la ressource naturelle. Les conclusions finales issues de ce travail spécifique et les résultats finaux sur l'ensemble du territoire français sont présentés dans le rapport général A1.

Nous présenterons dans ce qui suit la démarche générale de modélisation proposée et la nature des résultats obtenus en termes de tendances et d'incertitudes.

### 1.1 RAPPEL DE LA DEMARCHE GENERALE

#### 1.1.1 Méthodologie générale

Le Lot Hydrologie de surface a mis en place une chaîne de modélisation visant à produire des simulations de débits journaliers en temps présent (1962-1991) et en temps futur (2046-2065) au droit de 1522 points de calcul sur la métropole.

Cette chaîne de calcul est construite selon l'idée suivante :

- ▶ Des modèles climatiques sont utilisés pour simuler le climat présent et le climat futur au droit des points de calcul, sous la forme de séries de précipitation, température et évapotranspiration potentielle (ETP). Il s'agit de sept modèles de circulation générale (GCMs) forcés par le scénario d'émission de gaz à effet de serre A1B, et désagregés par une méthode de descente d'échelle statistique.
- ▶ Ces données de sorties des modèles climatiques sont utilisées en entrée de deux modèles hydrologiques afin de simuler les débits présents et futurs possibles aux exutoires des bassins, et donc d'appréhender les changements hydrologiques possibles en ces points.

Cette chaîne de calcul fait intervenir plusieurs modèles, dans le but de cerner une part de l'incertitude inhérente à ce type d'approche. Cette chaîne de calcul produit et utilise des chroniques simulées de précipitation, évapotranspiration potentielle et débit au pas de temps journalier, sur deux périodes : 1962-1991 et 2046-2065. Les différences entre les résultats des simulations sur ces deux périodes permettent d'identifier des évolutions climatiques et hydrologiques possibles.

Les résultats ne constituent pas des prévisions mais des projections visant à donner une image des états possibles des cours d'eau français à l'horizon 2050-2070. Il sera essentiel de garder à l'esprit que de nombreuses incertitudes sont attachées à tous les résultats produits. Le lecteur est invité à la plus grande prudence quant à leur utilisation.

### 1.1.2 Spécificité et intérêt des développements sur les bassins "Zooms"

Compte tenu des contraintes du projet, le travail de modélisation hydrologique ne pouvait s'attacher à prendre en compte les diverses influences anthropiques sur les débits observés au droit des 1522 points de calcul.

Deux raisons principales expliquent cela :

- ▶ d'une part, il n'y a pas, à l'heure actuelle, de base de données nationale centralisée et facilement exploitable, qui permettrait de prendre en compte les diverses influences pouvant exister sur les bassins ;
- ▶ d'autre part, compte tenu des outils de modélisation utilisés, il n'y pas de procédure automatisable permettant de prendre en compte ces influences dans les modèles.

Pour les bassins sur lesquels il y a des influences fortes en crue ou en étiage, cela peut cependant avoir pour conséquence d'entraîner un biais dans l'estimation des paramètres du modèle hydrologique (les paramètres ont tendance à s'adapter aux influences) et dans ses sorties.

Afin d'estimer le biais que peut introduire cette hypothèse sur les résultats du projet, un travail de modélisation des états naturels a été réalisé sur quelques bassins dits « bassins zooms », sur la base de séries de débits désinfluencés issues d'autres études spécifiques. Ces dernières ont permis d'évaluer les principales influences anthropiques (barrages, prélèvements, dépendances et impacts depuis l'amont, transfert hydraulique, etc.), et de reconstituer les débits naturels via des modélisations hydrauliques et/ou hydrologiques. Ici, le travail de modélisation sur la base de ces séries a été réalisé avec le modèle hydrologique GR4J, qui a donc été calé sur les débits naturalisés.

La comparaison des résultats obtenus selon les deux démarches (avec et sans désinfluencement des débits) permet de déterminer la sensibilité des résultats (en termes de tendances hydrologiques futures) et de leur qualité vis-à-vis du travail de désinfluencement. Elle permet de rendre compte de l'incertitude liée à l'utilisation des débits influencés dans les travaux du lot 3.

Les bassins-zooms pour lesquels cette analyse a été effectuée sont :

- ▶ deux bassins côtiers méditerranéens : les bassins de l'Orb et de l'Hérault,
- ▶ le bassin de la Seine,
- ▶ le bassin de la Garonne.

La présentation des influences anthropiques sur ces bassins et les méthodes utilisées pour le désinfluencement des débits sont détaillées dans le présent document.

L'analyse est réalisée en deux étapes :

- ▶ d'une part, on compare la fiabilité du modèle GR4J en temps présent pour les deux approches (avec et sans désinfluencement) ;
- ▶ d'autre part, on met en regard les tendances calculées à partir des deux approches, afin d'évaluer le poids relatif de cette incertitude, par rapport aux autres sources d'incertitudes exposées précédemment.

## 1.2 PRINCIPAUX RESULTATS

L'analyse comparative des performances du modèle GR4J avec l'utilisation ou non des débits naturalisés pour le calage révèle des différences entre les bassins zooms. Pour le bassin de la Seine, l'amélioration des performances de modélisation est générale et assez prononcée, en particulier pour la simulation des basses eaux. En revanche, pour les bassins de la Garonne, l'Orb et l'Hérault, les résultats sont plus mitigés. Cela peut être le signe que, sur ces bassins, les difficultés induites par les influences anthropiques sont du même ordre de grandeur que celles induites par la modélisation du système naturel elle-même.

En termes d'incertitudes sur les tendances hydrologiques à horizon futur, il semble que l'incertitude liée à l'utilisation de débits influencés est bien plus faible que les incertitudes liées aux modèles climatiques.

Cependant, cette incertitude peut être importante pour certains bassins fortement influencés : sur la Seine, l'écart entre les tendances dépasse parfois de 10% des débits actuels, selon l'utilisation des données de calage. La Figure 1 donne les plages des tendances calculées sur ces bassins à partir de l'ensemble des simulations, avant et après travail de désinfluencement.

L'utilisation de débits influencés peut donc fortement impacter les résultats, et il reste donc préférable, pour toute étude d'impact, de considérer les débits naturalisés pour avoir accès à une estimation de l'évolution de la ressource naturelle, sans introduire le bruit lié aux influences humaines.

Tableau 1 : Plages des tendances calculées à partir des 14 simulations, sur l'ensemble des points de calcul des bassins zooms

	Module		QMNA5		QJXA10	
	Sans désinfluencement	Après désinfluencement	Sans désinfluencement	Après désinfluencement	Sans désinfluencement	Après désinfluencement
Seine	-11 à -57%	-4 à -54%	-58 à -70%	-30 à -70%	+23% à -36%	+12% à -31%
Garonne	-19 à -61%	-19 à -60%	-20 à -70%	-22 à -69%	+45 à -70%	+45 à -70%
Orb et Hérault	+10 à -55%	+10 à -60%	-18 à -55%	-21 à -61%	+63 à -60%	+60 à -60%

## 2. OBJECTIFS DES ZOOMS

Dans le cadre du travail mené à l'échelle du territoire national, il n'y a pas eu d'étude détaillée des influences anthropiques sur les bassins versants. Deux raisons essentielles expliquent ce choix :

- ▶ il n'y a pas, à l'heure actuelle, de base de données nationale centralisée et facilement exploitable, qui permettrait de prendre en compte les diverses influences pouvant exister sur les bassins (prélèvements divers, influences d'ouvrages ayant des objectifs de gestion variés, transferts interbassins, etc.). Bien qu'une partie de ces données existe, elles sont aujourd'hui dispersée dans un grand nombre d'institutions (Agences de l'eau, gestionnaires d'ouvrage, syndicats d'irrigation, producteurs d'eau, etc), ce qui rendait leur collecte, critique, harmonisation et mise en forme incompatible avec les contraintes du projet ;
- ▶ la prise en compte de ces influences ne s'accommode pas très bien de procédures automatisées, les bassins présentant souvent des spécificités nécessitant des approches de modélisation "sur mesure". Les modèles hydrologiques utilisés ici n'étant pas conçus intrinsèquement pour prendre en compte les influences, il faut donc procéder à une naturalisation des débits pour reconstituer le régime naturel que l'on cherchera ensuite à simuler, l'étape de naturalisation restant une opération délicate et non automatisable.

En conséquence, le travail à l'échelle du millier de bassins de l'étude nationale ne pouvait s'attacher à prendre en compte ces diverses influences. Nous avons donc fait l'hypothèse que les débits simulés par les modèles hydrologiques pouvaient être considérés comme une estimation des débits observés. Pour l'étude d'impact des changements climatiques, cela revient à faire l'hypothèse que les influences seront considérées comme inchangées dans le futur sur ces bassins.

Pour les bassins sur lesquels il y a des influences fortes en crue ou en étiage, cela peut cependant avoir pour conséquence d'entraîner un biais dans l'estimation des paramètres du modèle hydrologique (les paramètres ont tendance à s'adapter aux influences) et dans ses sorties.

L'objectif des zooms est de réaliser un travail de désinfluencement des débits et de modélisation des états naturels pour certains bassins versants. En chaque point d'étude, l'ensemble des influences anthropiques sera prises en compte (barrages, prélèvements, dépendances et impacts depuis l'amont, transfert hydraulique, etc.), et les débits naturels seront reconstitués. Les débits simulés seront donc calés sur des débits naturels. Les résultats obtenus selon les deux démarches (avec et sans désinfluencement) seront comparés, afin de déterminer la sensibilité des résultats et de leur qualité vis-à-vis du travail de désinfluencement.

Trois zooms seront réalisés, pour les bassins suivants :

- ▶ les bassins de l'Orb et de l'Hérault,
- ▶ le bassin de la Seine,
- ▶ le bassin de la Garonne.

Pour chaque zoom, le présent chapitre s'articule comme suit :

- ▶ Présentation du contexte général lié aux bassins, intégrant l'état des ressources en eau, leurs usages, les évolutions possibles et les risques liés aux cours d'eau ;
- ▶ Présentation des bassins versants, intégrant une synthèse des influences anthropiques existantes pour chaque bassin. Le détail de ces influences est présenté en annexe ;
- ▶ Choix des points d'étude : pour certains zooms, le choix des stations hydrométriques a été élargi par rapport aux travaux à l'échelle du territoire national.
- ▶ Naturalisation des débits : la méthodologie générale de naturalisation des débits est exposée.

- ▶ Résultats : la qualité des calages obtenus est analysée et comparée aux résultats sans désinfluencement. Les indicateurs obtenus avec et sans désinfluencement sont analysés et mis en regard.



### 3. ZOOM ORB ET HERAULT

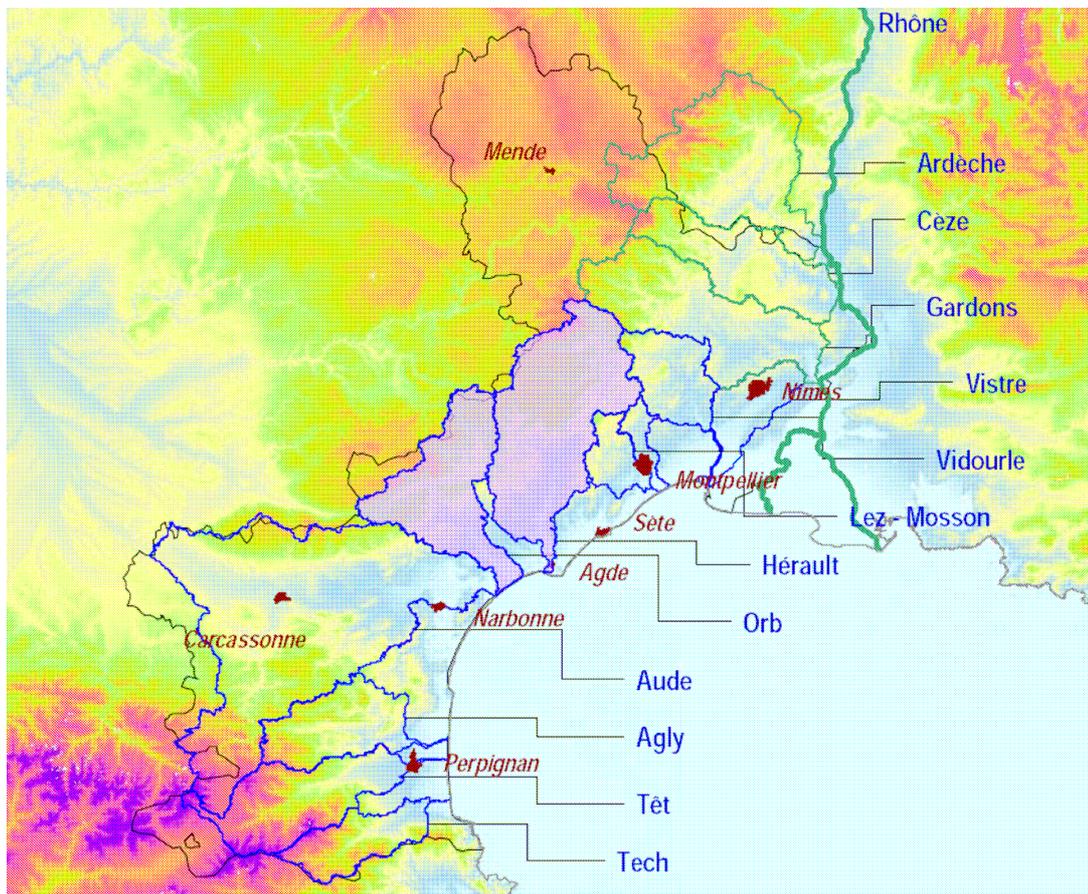
#### 3.1 LE CONTEXTE REGIONAL

##### 3.1.1 Sur la question des ressources en eau et de leurs usages

###### DES RESSOURCES EN EAU TRES VARIEES

La Région Languedoc-Roussillon présente sur un territoire réduit une très grande palette de contextes topographiques, géologiques et pluviométriques qui produisent au final une très grande variété de ressources en eau.

Figure 1 : Languedoc-Roussillon - relief et ressources superficielles (carte BRLi)



Très schématiquement, il se dessine les ensembles suivants pour les eaux superficielles :

- **la vallée du Rhône.** Le régime du fleuve dans cette partie aval subit l'influence des très nombreux aménagements que connaît le fleuve dans ses parties les plus amont.

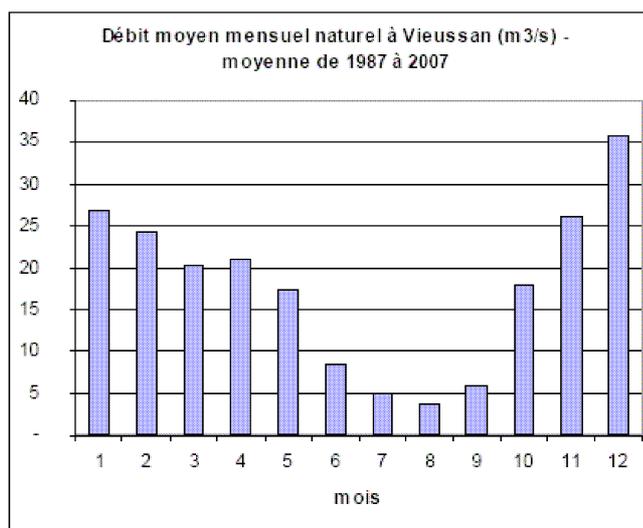
Le module à la station de Beaucaire (quelques km avant l'embouchure) s'élève à 1690 m<sup>3</sup>/s (période 1970-2005), soit 53 milliards de m<sup>3</sup>/an. Le débit mensuel moyen varie d'environ 2000 m<sup>3</sup>/s en janvier février à 1000 m<sup>3</sup>/s en août. Les plus basses eaux connues sont un débit de 300 m<sup>3</sup>/s le 8 août 1976. Le VCN30 de temps de retour 10 ans est de 530 m<sup>3</sup>/s sur la période 1970-2005. (Réf : calculs BRLi sur la base des données de la banque Hydro).

- **un amphithéâtre qui s'étend depuis les contreforts sud du massif central et des Pyrénées jusqu'au Rhône ou à la Méditerranée.** Les eaux de surfaces se structurent en une série d'affluents rive droite du Rhône : Ardèche, Cèze, Gardon puis de courts fleuves côtiers (cités ici de l'est vers l'ouest : Vistre, Vidourle, Lez et Mosson, Hérault, Libron, Orb, Aude, Agly, Têt et Tech).

Quelques précisions sur l'Hérault et l'Orb (réf : études récentes conduites par BRLi sur les ressources régionales) :

- Le fleuve Hérault prend sa source sur le flanc sud du massif de l'Aigoual à 1288 m d'altitude. Il rejoint la Méditerranée après un parcours de 148 km. La surface totale de son bassin s'élève à 2 585 km<sup>2</sup>. Son module à l'embouchure (Agde) est d'environ 41 m<sup>3</sup>/s (calcul BRLi sur la période 1966-2006). Son régime présente une très forte variabilité intra- et interannuelle.
- Le fleuve Orb prend naissance sur les plateaux calcaires du causse du Larzac au Nord et sur le massif volcanique de l'Escandorgue (865 m) au Nord Est. Le bassin culmine à 1126 m au sommet de l'Espinouse. Le fleuve rejoint la Méditerranée après un parcours de 136 km. La surface totale du bassin s'élève à 1545 km<sup>2</sup>. Son module à l'embouchure (Béziers) est d'environ 26 m<sup>3</sup>/s (calcul BRLi sur la période 1966-2006). Comme l'Hérault, son régime présente une très forte variabilité intra- et interannuelle.

Figure 2 : Débit moyen du fleuve Orb à la station de Vieussan illustrant son régime méditerranéen



- **le département de la Lozère** constitue dans une large partie de son territoire une zone de têtes de bassins appartenant soit au bassin de la Loire (sources de l'Allier et de la Truyère) soit à celui de la Garonne (sources du Lot et du Tarn) et subissant une influence plus montagnarde et/ou océanique.

Pour les eaux souterraines, très schématiquement, on peut distinguer d'une part des hauts de bassins versants marqués par des zones de socles avec des roches magmatiques ou métamorphiques très peu perméables comprenant des nappes très localisées, par exemple à la faveur d'arène granitique. On distingue d'autre part des zones plus aval où l'on rencontrera trois grands types d'aquifère :

- aquifères karstiques à la faveur de terrains secondaires ou tertiaires. Ils peuvent donner lieu à des résurgences importantes (exemple de la source du Lez qui alimente la ville de Montpellier) ;
- aquifères alluviaux développés en particulier sur les sections aval des fleuves côtiers ou sur des alluvions laissés par la migration de cours d'eau (nappe de la Vistrenque par exemple)

- aquifères multicouches du pliocène et du quaternaire en bordure littorale (nappes de l'Asien entre les fleuves Orb et Hérault et nappe du plio-quaternaire dans la plaine du Roussillon).

#### UNE FAÇADE MEDITERRANEENNE SOUMISE A DES ETIAGES SEVERES :

En dehors du Rhône, une large partie des écoulements superficiels se font pendant des périodes très courtes correspondant à des épisodes pluvieux très intenses.

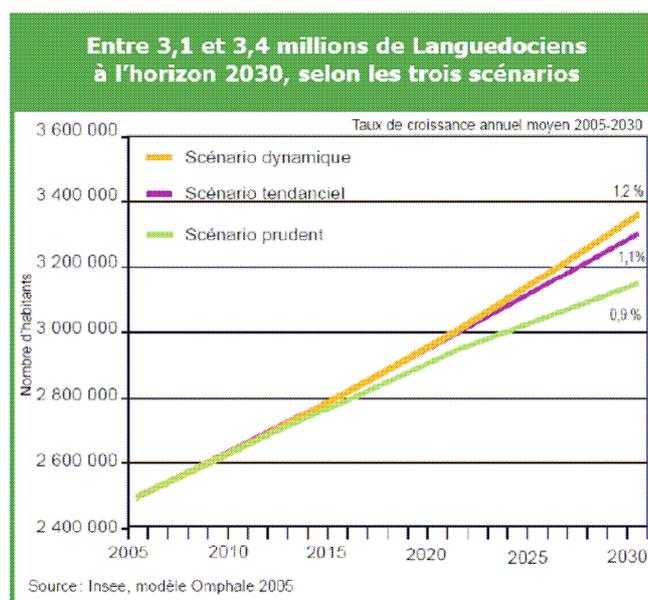
Les étiages des fleuves côtiers peuvent être particulièrement sévères.

Le VCN 30 naturel de temps retour 5 ans sec du fleuve Hérault à l'embouchure (Agde) est d'environ 4,5 m<sup>3</sup>/s. Pour l'Orb, le même quantile s'élève à environ 3 m<sup>3</sup>/s. (réf : études récentes e BRLi sur les ressources régionales sur la base des données de la banque Hydro et de calculs de naturalisation).

#### LA REGION POURRAIT VOIR SA POPULATION AUGMENTER DE 30 % A L'HORIZON 2020

La région Languedoc-Roussillon comporte aujourd'hui environ 2,6 millions d'habitants et les études INSEE disponibles indiquent qu'elle pourrait voir sa population croître d'environ 800 000 habitants dans les 25 ans (soit une croissance d'environ 30%). Elle se place au deuxième rang français en termes de croissance démographique, derrière Midi-Pyrénées.

Figure 3 : Extrait d'un document INSEE sur la population de Languedoc-Roussillon



Source : « Projection de population à l'horizon 2030 en Languedoc-Roussillon » - INSEE et Région Languedoc-Roussillon – décembre 2007

Parallèlement à cette hausse de population, on attend une hausse importante de la demande en eau potable. Le document prospectif AQUA 2020 indique que la demande en eau potable régionale (actuellement d'environ 300 Mm<sup>3</sup>) pourrait croître de 60 Mm<sup>3</sup> dans un scénario stationnaire des comportements et des rendements de réseaux.

## LA PRESENCE DE SYSTEMES HYDROAGRIQUES TRES VARIES

La région connaît une superficie irriguée d'environ 65 000 ha (source RGA 2000) qui représente 7% de la SAU et un volume prélevé net d'environ 300 Mm<sup>3</sup> (ref AQUA 2020). Trois cultures, les vergers, le maraîchage et la vigne, représentent près de 60% des surfaces irriguées. On trouve ensuite les prairies et des céréales.

La variété des systèmes hydroagricoles est importante, tant sur le plan des ressources en eau utilisées que des modes d'adduction, de distribution et d'irrigation.

En termes de ressources en eau, on trouve essentiellement le Rhône et les barrages (Salagou, Monts d'Orb, Ganguise, Vinça, Agly, ...),

Plusieurs modes d'adduction/distribution coexistent : périmètres sous pression (grands périmètres du Gard et de l'Hérault alimentés par le Rhône, périmètres du Lauragais, ...), périmètres alimentés par des canaux gravitaires (en particulier dans les Pyrénées Orientales mais aussi en Cévennes ou ailleurs en plaine), pompes individuelles en rivière ou en nappe.

Les grands systèmes régulés (ressource en provenance du Rhône ou de barrages) représentent plus de 75 % des prélèvements nets (ref AQUA 2020).

Les différents modes d'irrigation sont : localisé, aspersion, gravitaire.

Les structures de gestion sont : société d'aménagement régional (BRL), Associations Syndicales Autorisées, syndicats mixtes, individuels, ...

## DES INTERROGATIONS SUR L'AVENIR DE L'AGRICULTURE

L'agriculture languedocienne se trouve confrontée à de multiples interrogations : crise viticole, crise des filières fruits et légumes, régression de l'espace rural devant l'accroissement urbain, attentisme foncier, ....

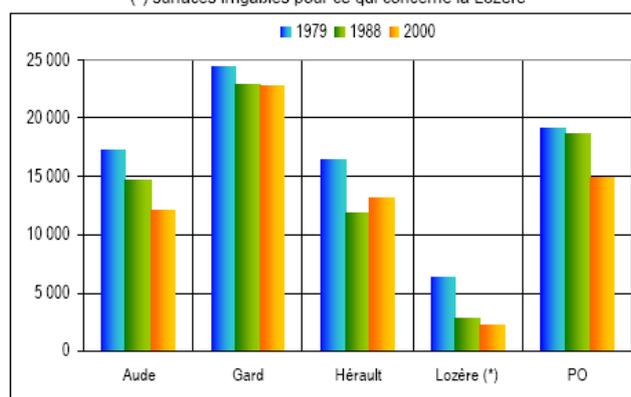
On note deux mouvements globaux concernant l'agriculture irriguée : une baisse globale des superficies irriguées depuis 30 ans ....

Figure 4 : La baisse des superficies irriguées en Languedoc-Roussillon (extrait AQUA 2020)

Figure 3.3 : Evolution des superficies irriguées d'après les RGA

Superficie irriguée en Languedoc - Roussillon (ha)			
	1979	1988	2000
Aude	17 286	14 753	12 166
Gard	24 490	22 962	22 815
Hérault	16 496	11 811	13 207
Lozère (*)	6 355	2 821	2 217
PO	19 101	18 712	14 957
<b>Région</b>	<b>83 728</b>	<b>71 059</b>	<b>65 362</b>
Indice	100	85	78
<b>Part de la SAU</b>	<b>8%</b>	<b>7%</b>	<b>7%</b>

(\*) surfaces irrigables pour ce qui concerne la Lozère



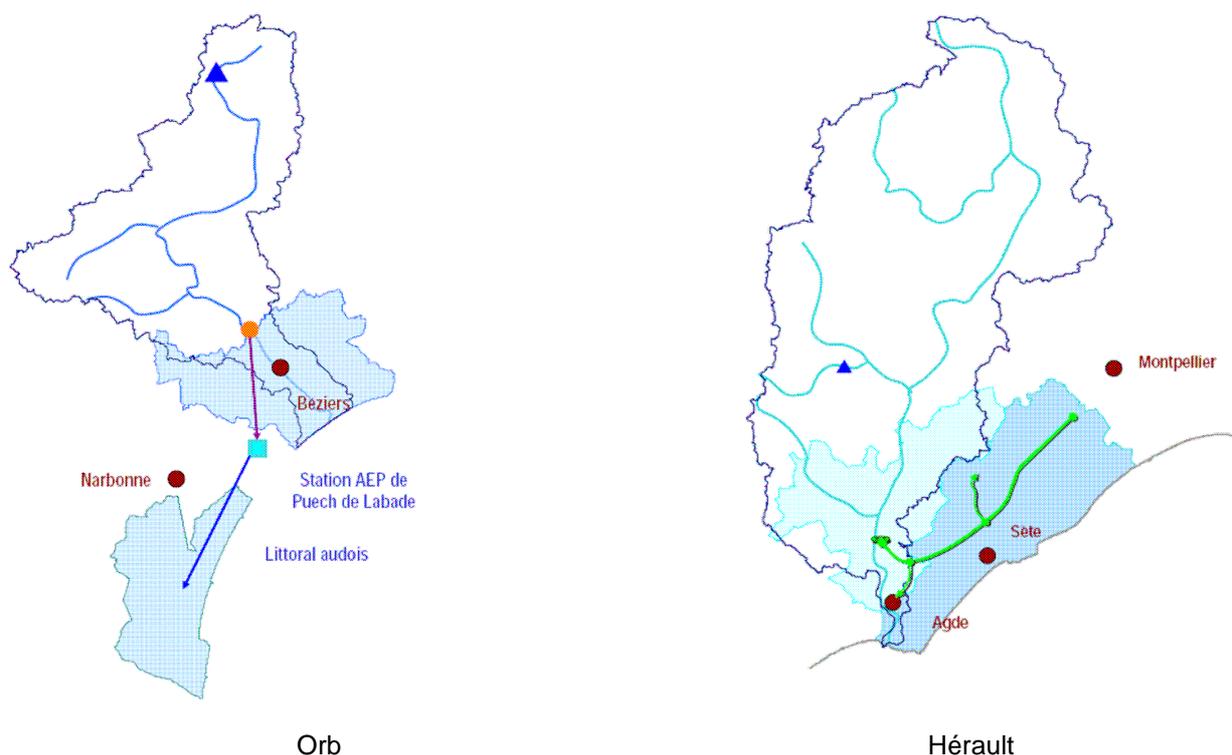
... mais une hausse importante des demandes pour développer l'irrigation sur des cultures jusque là peu irriguées, en particulier la vigne. Les vignerons invoquent sur ce dernier point la volonté de s'adapter aux changements du climat en se donnant les moyens d'un contrôle plus fin de la quantité et de la qualité de leurs produits.

NB sur l'ordre de grandeur de la demande en eau d'irrigation de la vigne en Languedoc-Roussillon : les parcelles équipées consomment entre 0 m<sup>3</sup>/ha les années suffisamment arrosées et 800 m<sup>3</sup>/ha les années les plus sèches.

### UN ENTRECROISEMENT DES TERRITOIRES

Le caractère très localisé des ressources régionales (fleuves côtiers ou nappes) conduit à de nombreux échanges entre bassins versants et à un entrecroisement complexe entre les territoires d'offres (les aquifères et les bassins versants) et les territoires de demande qui peuvent se trouver éloignés des zones d'origine de l'eau. Citons par exemple le cas des stations littorales de l'extrémité ouest du département de l'Hérault à l'extrémité ouest du département de l'Aude qui se trouvent alimentées par de l'eau du bassin de l'Orb via un transfert.

Figure 5 : Territoires de demande/territoires d'offre - Cas de l'Hérault et de l'Orb pour l'eau potable



Les deux schémas mettent en parallèle les bassins versants et les territoires desservis (pour l'eau potable) à partir de leurs ressources en eau.

### 3.1.2 Sur la question des risques liés aux inondations

Les éléments présentés ici sont principalement extraits (avec des coupes) du volet « Inondations » du document de synthèse de la démarche régionale « AQUA 2020 » :

#### EN TERMES CLIMATIQUES

En 50 années de mesures, sur la période 1950 à 2000 environ, **Météo France a enregistré 200 pluies diluviennes de plus de 200 mm en 24 heures sur le bassin méditerranéen, dont 130 en Languedoc Roussillon**. Au cours des 100 dernières années, un certain nombre d'événements majeurs (1907, 1933, aiguât de 1940, 1958, octobre 1988, novembre 1999, septembre 2002, décembre 2003) ont été à l'origine de dégâts considérables et d'un nombre de victimes significatif. Au-delà de ces événements majeurs, de nombreux épisodes pluviométriques très intenses ont été observés au droit de zones géographiques plus localisées (septembre 2004, septembre 2005, novembre 2005, janvier 2006 pour les plus récents d'entre eux).

#### EN TERMES D'INONDATIONS

La diversité des cours d'eau et bassins versants producteurs induit des risques de caractéristiques diverses pour les populations. Cependant, à l'exception du Rhône, les bassins sont soumis à **des crues rapides de 6 à 36 heures**. On peut différencier les phénomènes :

- ▶ Les crues torrentielles et rapides qui concernent les hautes et moyennes vallées,

- ▶ Les crues péri-urbaines et urbaines qui conjuguent d'importants ruissellements pluviaux en provenance de petits bassins versants ruraux amont et des zones urbaines (cas de Nîmes le 3 octobre 1988),
- ▶ Les débordements dans les basses plaines : ils sont liés à la rupture de pente qui diminue la capacité d'écoulement des cours d'eau et provoque des débordements dans une large plaine alluviale.

Le Rhône, avec un bassin versant de 96 500 km<sup>2</sup>, connaît des crues lentes pouvant durer plusieurs jours et des conditions de ressuyage difficiles.

Les zones côtières sont de plus soumises au risque de submersion marine (voir Bibliographie du Lot spécifique à ce sujet).

La région est donc régulièrement soumise à des inondations sous l'influence des facteurs climatiques naturels qui la caractérisent : leurs effets sont d'autant plus perceptibles que **la vulnérabilité des terres s'est accrue avec le développement de l'urbanisation notamment et que les enjeux associés sont devenus très importants**, qu'il s'agisse de préservation des vies humaines, des biens ou de l'outil économique (industriel ou agricole).

**9 % de la superficie du territoire apparaît en zone inondable** (atlas des zones inondables DIREN LR-2005) ; cette superficie est inégalement répartie : on note ainsi que **28% de la plaine littorale est inondable alors même que c'est dans ce secteur que la pression démographique est la plus forte**.

L'étendue des zones urbaines représente 3 % du territoire régional (BDD Corine Land Cover), dont près d'un tiers est en zone inondable.

10 % de la superficie inondable est urbanisée : cela représente **en 2006, 585 000 personnes qui y résident de manière permanente** ; on observe qu'en 10 ans la superficie inondable urbanisée a augmenté de 15%.

Près de 6 000 arrêtés communaux de Catastrophe Naturelle ont été pris en 20 ans dans la région, soit une moyenne de 300 communes par an ce qui représente l'équivalent d'un département moyen.

Près de 60% des communes de la région présentent un risque inondation (en France, une commune sur trois est concernée).

Dans le Gard, pour lequel on dispose d'informations assez détaillées suite à une étude récente réalisée dans le cadre de la mise en place de l'Observatoire du Risque Inondation, 37% de la population vit en zone inondable (on a observé entre 1990 et 1999 un accroissement de la population en zone inondable de 6,4%, valeur comparable au taux d'accroissement global de la population départementale). Par contre, la surface urbanisée en zone inondable a cru de 9%.

## VULNERABILITE ET RISQUES

Les zones inondables les plus étendues sont bien sûr situées dans les basses plaines littorales et le long du Rhône. La concentration des infrastructures de transport (autoroute, voies ferrées, canaux) et des populations dans la zone littorale rend ce **secteur particulièrement vulnérable aux inondations**. Les inondations, bien que moins « dangereuses » car plus lentes (en dehors du risque inhérent aux ruptures de digues), peuvent néanmoins paralyser toute la région en bloquant les axes de communication et d'échange et causer de très importants dommages aux biens.

Trois grandes zones concentrent de grandes superficies inondables : basses plaines du Vidourle - Rhône, **basses plaines de l'Aude – Orb - Hérault**, basses plaines du Tech – Têt - Agly. Elles concentrent également de fortes densités de populations.

---

**La cartographie des arrêtés met en évidence la forte densité le long du littoral correspondant à la fois aux zones les plus peuplées et les plus inondables.**

Les hautes et moyennes vallées sont quantitativement moins exposées car elles présentent une population et une expansion des crues moins importantes, mais la dangerosité des phénomènes rend ce secteur à fort risque pour les vies humaines dans les fonds de vallée où l'urbanisation s'est développée en raison de conditions plus favorables (présence des axes de communication, pentes plus faibles).

Par ailleurs, la croissance démographique et le tourisme génèrent l'arrivée d'une population méconnaissant ces phénomènes et leur soudaineté accroît leur vulnérabilité.

On remarque également une forte proportion de victimes des inondations parmi les usagers de la route, par méconnaissance du risque et/ou en raison d'une information plus difficile à faire passer.

**DEGATS CONSTATES**

Les estimations connues des dégâts des crues récentes montrent l'importance des dégâts constatés sur l'ensemble du tissu économique et social. Même si les estimations et l'analyse économique des dommages induits notamment reste très imprécise, on relève ainsi des montants de dégâts de :

- ▶ 1 milliards d'euros pour la crue de 2003 du Rhône, correspondant pour 38 % aux particuliers et 42 % aux entreprises (1/5 des dommages aux entreprises sont des pertes de stocks) ;
- ▶ 1,2 milliards d'euros (de dégâts matériels) pour la crue de septembre 2002 où les collectivités et le monde agricole ont été particulièrement concernées, notamment à l'échelle du département du Gard. Plus de la moitié des dégâts ont concerné les activités économiques (3000 entreprises touchées à des degrés divers) ;

Les pertes en vies humaines sont également malheureusement à déplorer en grand nombre : 35 victimes lors des crues de novembre 1999 dans l'Aude, 26 en septembre 2002 dans le Gard.

**3.1.3 Présentation des bassins de l'Orb et l'Hérault**

Les deux bassins proposés recouvrent un ensemble de contextes et de problématiques représentatifs des défis à relever par la façade méditerranéenne française en termes d'adaptation aux changements socio-économiques et climatiques :

**LA DIVERSITE DES RESSOURCES EN EAU**

On distinguera :

- ▶ les deux cours d'eau eux-mêmes, avec dans les deux cas des problématiques de régulations liées à des barrages : barrage des Monts d'Orb (33 Mm3 de volume brut) situé sur l'Orb très en amont et influençant potentiellement le régime du fleuve jusqu'à son embouchure, barrage du Salagou (104 Mm3 de volume brut) situé sur un affluent du fleuve Hérault et influençant potentiellement le régime du fleuve sur sa partie aval ;
- ▶ les nappes alluviales liées de chacun des deux cours d'eau : situées essentiellement dans les parties les plus aval des deux fleuves, elles représentent un volume tampon important influençant le régime d'étiage ;
- ▶ des ressources karstiques d'importance stratégique : aquifères en lien pour certains avec les cours d'eau. Cas par exemple de la résurgence des Cent-Fonts qui se fait dans le fleuve Hérault ;
- ▶ la nappe astienne située entre les deux embouchures.

## LES STRUCTURES DE GESTION DE MASSES D'EAU ET LES DEMARCHES EN COURS POUR GARANTIR LE BON ETAT

Chacune des trois entités hydrologiques principales, fleuve Hérault, fleuve Orb et nappe astienne, est l'objet d'une structure de gestion :

- ▶ Fleuve Hérault : Le Syndicat Mixte du Bassin du Fleuve Hérault a été créé par l'arrêté préfectoral du 19 janvier 2009. Il est porteur d'un SAGE.
- ▶ Fleuve Orb : il existe le Syndicat Mixte de la Vallée de l'Orb et du Libron, porteur d'une démarche de Contrat de Rivière et portant un projet d SAGE.
- ▶ Nappe astienne : il existe le Syndicat Mixte d'Etudes et de Travaux de l'Astien porteur du SAGE de la nappe astienne.

Il est à noter que les deux bassins de l'Hérault et de l'Orb sont actuellement l'objet de démarches volumes prélevables avec la définition en cours de débits minimums biologiques en des points clés de leur bassin.

## LA QUESTION DEMOGRAPHIQUE ET DE L'EAU POTABLE

Le fleuve Orb et sa nappe : ils alimentent en eau potable l'agglomération de Béziers et le littoral audois, soit 170 000 personnes permanentes et 300 000 personnes en pointe (ref : études BRLi liés au projet Aqua Domitia et Schéma directeur eau potable de la CABEME).

Le Fleuve Hérault et sa nappe : ils alimentent en eau potable une part importante de la vallée de l'Hérault (38 000 habitants permanents et 50 000 en pointe) et la zone du « Bas Languedoc » située entre l'ouest de Montpellier et Sète (190 000 habitants permanents et 500 000 en pointe (ref : études BRLi liés au projet Aqua Domitia et Schéma directeur eau potable du SIBL).

Sur la zone liée au fleuve Hérault, la population est par exemple passée de 150 000 à 240 000 habitants de 1980 à 2007 et pourrait connaître un nouvel accroissement de 100 000 habitants en 25 ans.

## LA QUESTION HYDRO-AGRICOLE

Les deux zones recouvrent un **ensemble varié de structures hydro-agricoles**. Le fleuve Hérault alimente ainsi à la fois des préleveurs individuels, une importante ASA datant du 19<sup>ème</sup> siècle (ASA gravitaire de Gignac) et qui comprend une adduction gravitaire avec une prise d'eau sur le fleuve influençant largement son régime estival dans sa partie la plus touristique et des périmètres sous pression dont les prélèvements par des stations de pompage sont compensés par des lâchers du barrage du Salagou.

Le fleuve Orb alimente également des zones d'irrigation très variées: ASA gravitaires, réseaux sous pression, ... ;

On retrouve sur les deux zones les interrogations sur l'avenir de l'agriculture déjà présentées plus haut : en particulier régression générale importante des superficies de vignobles mais forte demande pour irriguer de nouvelles superficies avec les interrogations liées sur la faisabilité économique et environnementale pour satisfaire ces demandes.

## 3.2 SYNTHÈSE DES PRINCIPALES INFLUENCES ANTHROPIQUES SUR LES BASSINS DE L'ORB ET L'HERAULT

La régulation par les barrages du Salagou et des Monts d'Orb, les prélèvements pour l'irrigation et pour l'eau potable sont les causes d'une forte anthropisation de l'Orb et de l'Hérault.

L'étude détaillée de ces influences anthropiques est présentée en annexe. Les idées principales sont résumées ci-après.

**L'Orb** constitue un hydrosystème unique avec sa nappe alluviale, et est principalement influencé par :

- ▶ les lâchers EDF en provenance du barrage Laouzas qui alimentent l'usine de Montahut sur le Jaur, affluent de l'Orb. Ces lâchers génèrent de fortes et rapides variations de débits et de hauteur, sensibles jusqu'à l'aval. Ils constituent la principale source d'artificialisation des débits entre octobre et avril.
- ▶ Le barrage des Monts d'Orb, qui a pour fonction d'assurer la compensation des prélèvements pendant l'étiage. Il a aussi souvent contribué à l'atténuation des crues de la haute et moyenne vallée de l'Orb. Situé très en amont dans le bassin, il influence 90% du linéaire du fleuve.
- ▶ Les prélèvements pour l'irrigation et l'AEP, dont les trois principaux sont les suivants :
  - La station de pompage de Réals, qui dessert des périmètres irrigués et deux stations AEP (Cazouls et Puech de Labade) ;
  - Des forages dans la nappe alluviale au nord de Béziers, qui alimentent les réseaux AEP de la CABM ;
  - La prise gravitaire de Pont Rouge, située à l'aval de Béziers, qui participe à l'alimentation du canal du Midi.

La Figure 6 présente les moyennes hebdomadaires des influences anthropiques (débits journaliers, dont le calcul est détaillé en annexe) sur le bassin de l'Orb, pour une année très sèche, type 2003.

Figure 6 : Inventaire des principales influences anthropiques sur le bassin de l'Orb (cours d'eau et nappes alluviales) ou liés à l'Orb. Débits moyens hebdomadaires en 2003

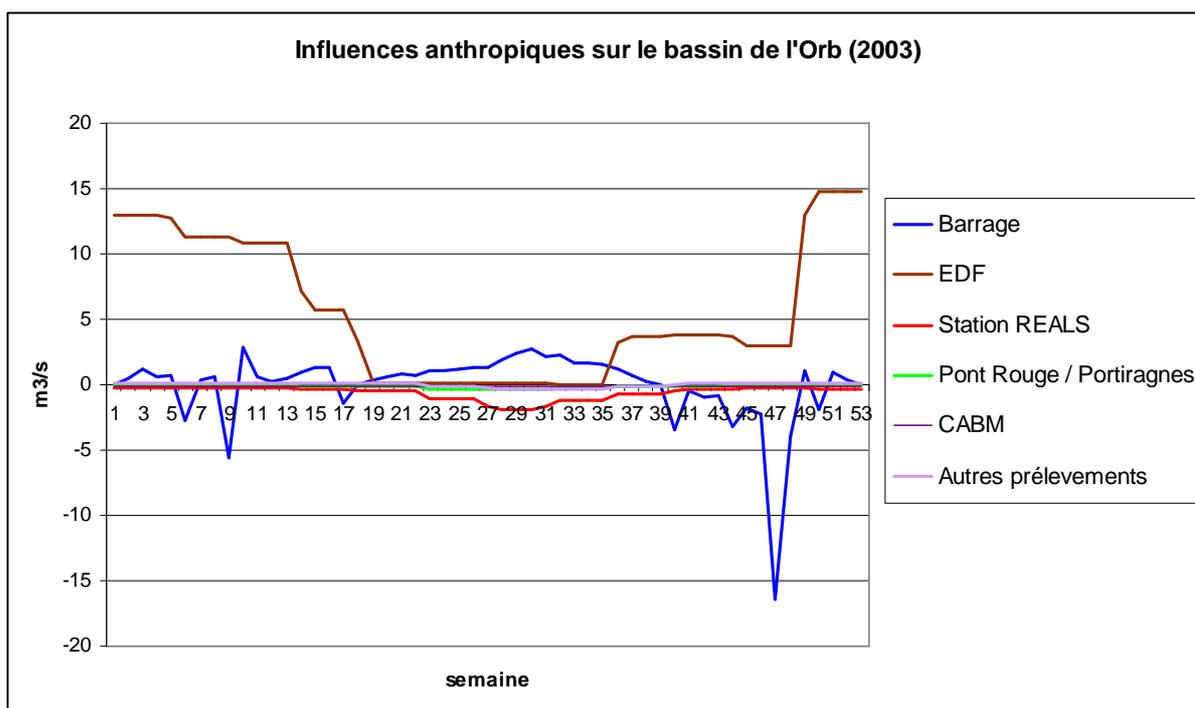
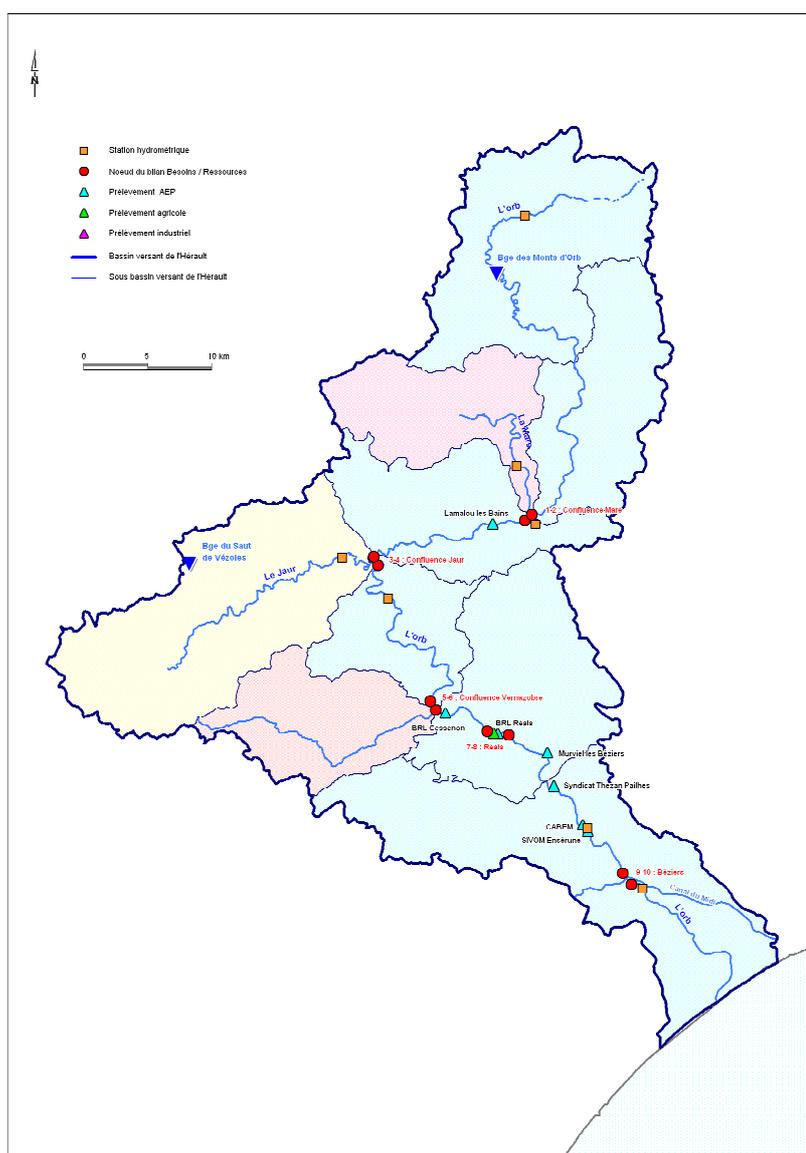


Figure 7 : Bassin de l'Orb et principales sources d'artificialisation du fleuve



**L'Hérault** constitue un hydrosystème pratiquement unique avec sa nappe alluviale, et est principalement influencé par :

- ▶ le barrage du Salagou, situé sur l'affluent de la Lergue, dont les principales fonctions sont : la protection contre les inondations, la compensation de prélèvements liés à l'irrigation et la ressource pour plusieurs ASA, la production hydroélectrique, et l'attrait touristique.
- ▶ les prélèvements liés à l'irrigation, dont les deux principaux sont l'ASA de Gignac et le réseau de stations BRL, qui permettent l'irrigation effective de 1740 ha et 3175 ha respectivement.
- ▶ les prélèvements liés à l'AEP, dont le principal est celui du Syndicat du Bas Languedoc.

La Figure 8 présente les moyennes hebdomadaires des principales influences anthropiques (moyennes des débits journaliers, dont le calcul est détaillé en annexe) sur le bassin de l'Hérault, pour une année type 2003.

Figure 8 : Inventaire des principales influences anthropiques sur le bassin de l'Hérault (cours d'eau et nappes alluviales). Débits moyens hebdomadaires pour une année type 2003.

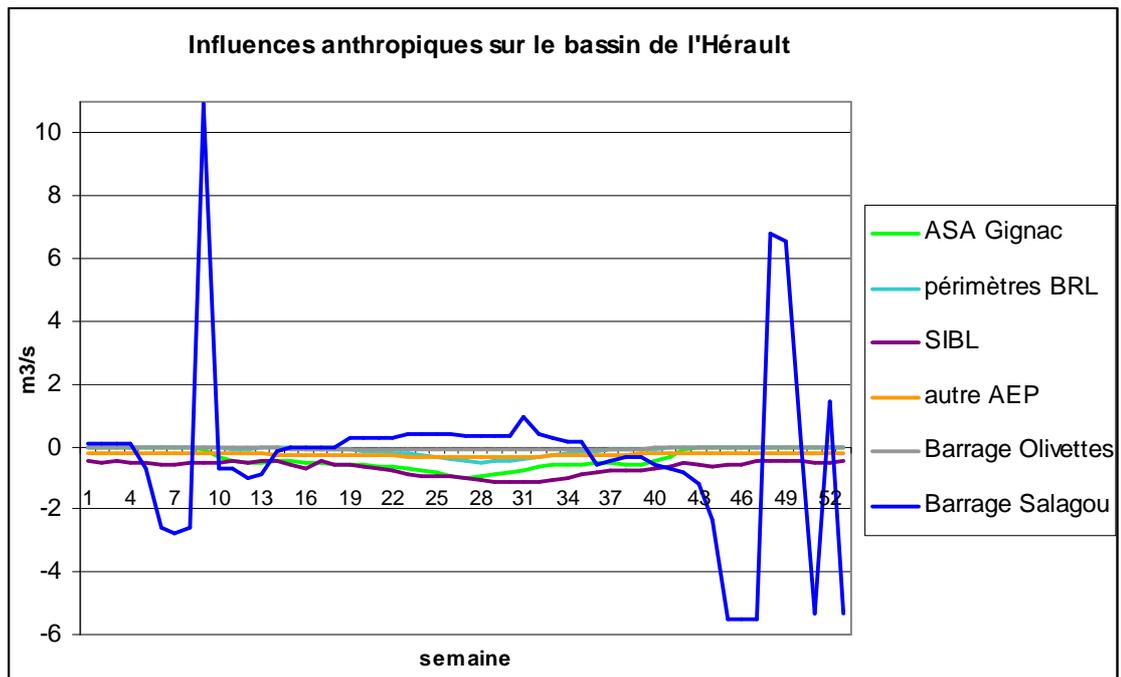
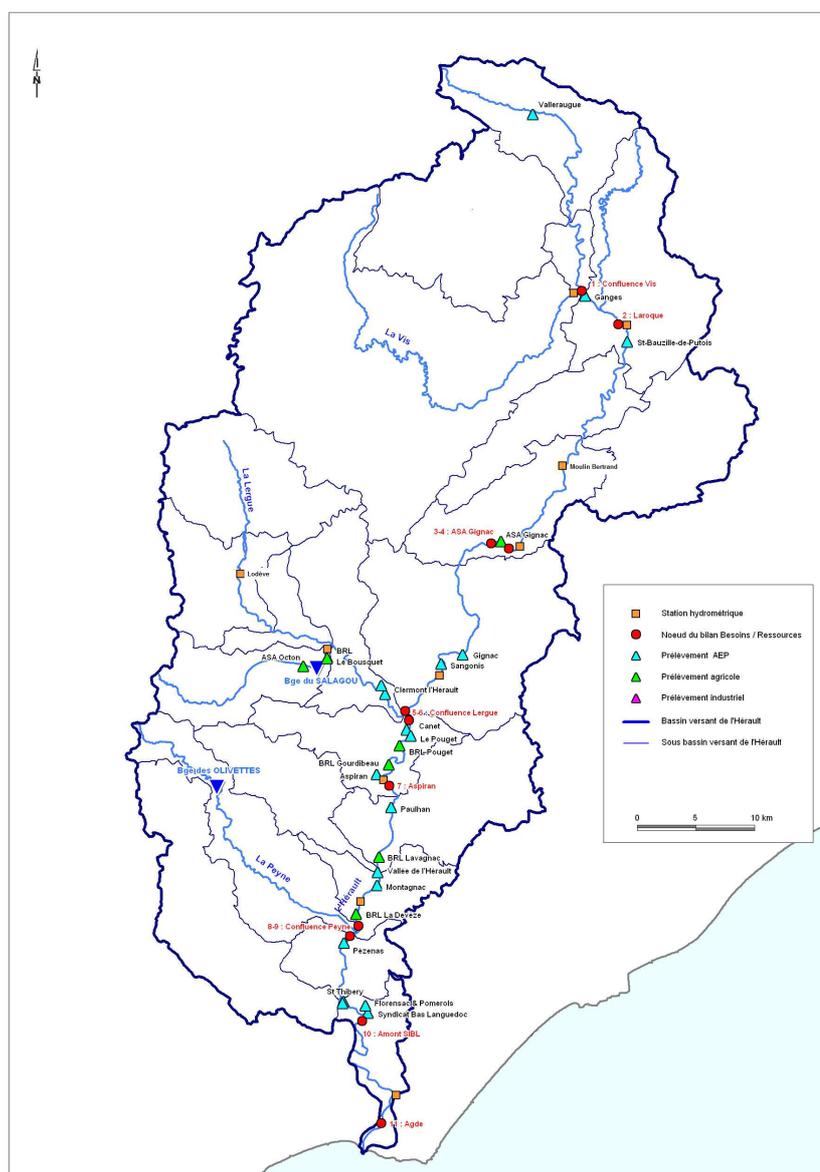


Figure 9 : Bassin de l'Hérault et principales sources d'artificialisation des débits du fleuve



### 3.3 CHOIX DES POINTS D'ETUDE

Cinq stations hydrométriques ont été sélectionnées sur l'Orb et l'Hérault dans le cadre des travaux à l'échelle du territoire national. Dans le cadre du zoom Languedoc Roussillon, de nouvelles stations seront prises en compte et viendront compléter cette première sélection.

Les critères qui ont permis de sélectionner les stations pour le zoom sont les suivantes:

- ▶ Présence de données hydrométriques observées suffisantes sur la période de référence : les critères définis pour l'ensemble de la métropole (dits « critères bas », cf. rapport d'étape 1, chap. 6.3.2. Eligibilité des stations hydrométriques de la banque HYDRO) doivent être respectés. Il s'agit des trois critères suivants : nombre d'années disponibles supérieur ou égal à 6 années sur la période de référence, taux de lacune mensuel maximum inférieur à 0,5, taux de validité des mesures supérieur ou égal à 0,8, sur la base des données de la Banque Hydro.
- ▶ Présence de plus de 6 ans de données de débits naturalisés sur la période de référence : Une fois le travail de désinfluencement réalisé, les séries de débits naturalisés doivent présenter au moins 6 ans de données de débits.
- ▶ Intérêt du lot Biodiversité pour certaines zones géographiques des cours d'eau. Des échanges avec Biotopo ont permis de finaliser le choix des stations.

Cette démarche a permis de sélectionner 8 stations de la Banque Hydro.

En outre, BRL dispose de données de débits naturalisés au niveau du barrage des Monts d'Orb, données issues de l'étude de Gestion du barrage des Monts d'Orb. Pour ce point, on dispose aussi de données hydrométriques suffisantes, vérifiant le critère « nombre d'années disponibles supérieur ou égal à 6 années sur la période de référence ». Ce point a donc été intégré au zoom Languedoc Roussillon.

Dans le Tableau 2 figure la liste des points de simulations retenus et les critères de validation.

Tableau 2 : Sélection des points d'étude pour le zoom Orb et Hérault

Station	Rivière	Commune	Sup BV (km <sup>2</sup> )	Nb <sup>(1)</sup>	TxVal <sup>(2)</sup>	MLacMens <sup>(3)</sup>	Nb NAT <sup>(4)</sup>
Y2102010	L'Hérault	Laroque	760	22	0.98	0.01	22
Y2132010	L'Hérault	Moulin Bertrand	1090	14	1	0	22
Y2214010	La Lergue	Lodève	228	29	0.99	0.07	28
Y2332010	L'Hérault	Montagnac	2180	22	0.9	0.3	22
Y2372010	L'Hérault	Agde	2550	24	0.99	0.27	21
Barrage des Monts d'Orb	L'Orb	Avène	124	/	/	/	23
Y2514020	L'Orb	Hérépian	369	23	0.96	0.04	23
Y2554010	L'Orb	Vieussan	905	30	0.97	0.03	23
Y2584010	L'Orb	Béziers	1330	25	0.91	0	23

(1) : Nombre d'années d'observations disponibles. En réalité, un nombre de jours non nécessairement consécutifs ramené à un nombre d'année. (Source : banque HYDRO)

(2) : Taux de validité (ou qualité) des mesures tels que renseignée dans la banque HYDRO. C'est le pourcentage de mesures renseignées "bonnes"

(3) : Le maximum des 12 taux de lacunes mensuels. Imposer un taux maximal acceptable revient à s'assurer d'une répartition des lacunes relativement homogène au cours de l'année. (Source : banque HYDRO)

(4) : Nombre d'années de données de débits naturalisés calculés, suite au travail de désinfluencement des débits.

Figure 10 : Points de calcul choisis pour le zoom de l'Orb et de l'Hérault



### 3.4 NATURALISATION DES DEBITS

L'opération de naturalisation des débits consiste à reconstituer la valeur des débits naturels à partir des débits mesurés, en soustrayant à chaque pas de temps les influences anthropiques existantes.

On calcule donc aux stations de mesure le débit naturel selon le principe suivant :

$$Q \text{ naturel} = Q \text{ mesuré} + \text{prélèvements amonts} - \text{apports amonts}$$

Les prélèvements et apports sont ceux détaillés en annexe.

Pour l'Orb et l'Hérault, on construit une typologie des bassins qui récapitule les différents points de mesure, les prélèvements et les apports. Cette typologie permet de calculer les débits naturels à chaque point de mesure. Elles sont présentées en annexe.

Les données de débits mesurées sont des données issues de la Banque Hydro, disponibles au pas de temps journaliers. Les données collectées concernant les prélèvements AEP, les prélèvements du réseau BRL et les lâchers EDF sont majoritairement des données au pas de temps mensuel. Elles sont directement utilisées dans les bilans, des corrections étant ensuite apportées pour maintenir les valeurs des débits naturels cohérentes et toujours positives. L'estimation des prélèvements pour l'irrigation (hors réseau BRL et ASA de Gignac) a été faite à partir de l'analyse des surface irriguées et l'évaluation de la consommation en eau par types de culture. La présentation détaillée des données collectées et des modes de calculs pour chaque influence et débit est présentée en annexe.

Pour l'Orb, cette démarche a été réalisée dans le cadre de l' « étude de gestion du Barrage des Monts d'Orb », les éléments ci-dessous proviennent donc directement de cette étude. La période prise en compte dans cette étude est la période 1968-2007. Compte tenu de la difficulté d'accéder à des données antérieures à 1968 pour reconstituer les débits naturels avant cette date, il a été choisi dans le cadre d'Explore d'utiliser les résultats obtenus dans l'étude de gestion du barrage pour la période 1968-1990.

Pour l'Hérault, cette démarche a été réalisée dans le cadre de l'ensemble des études « BRL2016 ». La période prise en compte dans cette étude est la période 1969-2006. Il a été choisi dans le cadre du zoom Languedoc Roussillon d'utiliser directement les résultats obtenus dans cette étude, pour la période 1969-1990.

A l'issue de cette phase de désinfluencement, on obtient les débits naturels à chaque point de calcul sélectionné. Pour chaque point de calcul du bassin de l'Orb, on analyse les différences entre débits influencés et débits naturels en annexe.

### 3.5 RESULTATS DE MODELISATION : COMPARAISON ENTRE SIMULATIONS AVEC LES DEBITS INFLUENCES ET AVEC LES DEBITS NATURALISES

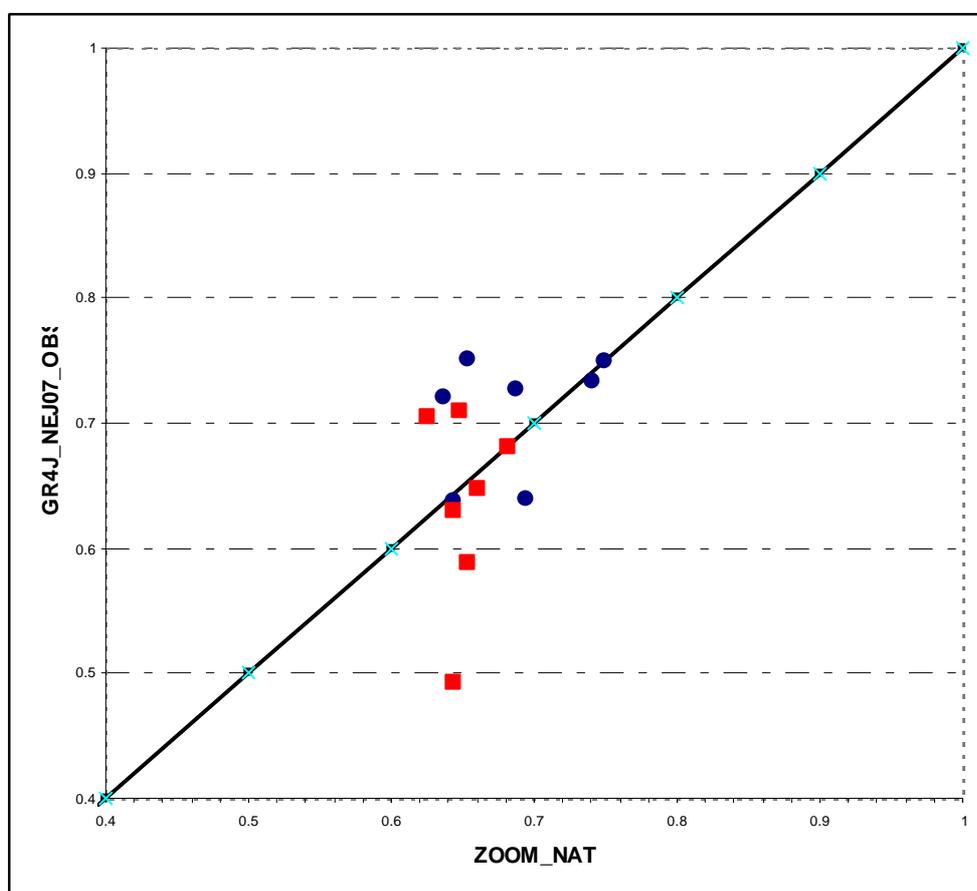
Nous présentons ici l'analyse comparée des performances de modélisation. Dans les deux cas, l'évaluation du modèle porte sur la période de calage du modèle GR4J avant son utilisation pour la simulation des débits en temps présent et en temps futur. Dans ce cadre, il faut donc noter que pour un point de simulation donné, les périodes de calage pour les débits influencés et les débits naturalisés peuvent être différentes. Comme ces périodes sont toujours suffisamment longues, supérieures à 10 années, et superposables, nous considérons que ceci n'a pas d'incidences sur l'analyse comparée des performances de modélisation.

Sur les 9 points de simulations retenus (1.2.4) pour le zoom Orb-Hérault, seuls 7 points sont l'objet de la comparaison des performances de modélisation. En effet, le point Barrage des Monts d'Orb ne dispose pas d'une chronique d'observation des débits influencés et le point Y2514020 – l'Orb à Hérépian ne bénéficie pas d'une chronique d'observation suffisamment longue pour caler le modèle GR4J. La comparaison des performances porte donc sur les 7 points restants où les débits ont été simulés grâce au modèle GR4J, avec respectivement un calage sur les débits influencés (modèle désigné **GR4J\_NEJ07**) et un calage sur les débits naturalisés (**ZOOM\_NAT**). Les indicateurs de performances retenus pour la comparaison sont les critères C2MQ et C2MLQ, qui rendent compte de la capacité du modèle à reproduire les débits observés, en particulier les basses eaux pour le second.

Tableau 3 - Performance en calage des modèles ZOOM\_NAT (avec débits naturalisés) et GR4J\_NEJ07 (avec débits influencés)

CODE_BV	ZOOM_NAT					GR4J_NEJ07				
	DATED	DATEF	NBJ	C2MQ	C2MLQ	DATED	DATEF	NBTPS	C2MQ	C2MLQ
Y2102010	1969	1991	8395	0.643	0.643	1969	1991	8395	0.637	0.629
Y2132010	1969	1991	8395	0.654	0.626	1967	1981	5475	0.751	0.705
Y2214010	1962	1988	9688	0.749	0.681	1962	1988	9855	0.749	0.681
Y2332010	1969	1991	8395	0.695	0.66	1972	1987	5840	0.639	0.647
Y2372010	1969	1991	8394	0.636	0.648	1962	1985	8760	0.72	0.71
Y2554010	1968	1991	8766	0.741	0.654	1962	1991	10950	0.734	0.588
Y2584010	1968	1991	8766	0.688	0.643	1966	1991	9490	0.727	0.493

Figure 11 - Critères C2MQ (rond bleu) et C2MLQ (carré rouge) pour la modélisation avec débits naturalisés et débits influencés.



Il n'existe pas de tendance générale à l'amélioration ou la dégradation des performances de modélisation avec l'utilisation des débits naturalisés pour le calage du modèle GR4J. A l'inverse, on retrouve tous les scénarios possibles :

- ▶ les deux critères C2MQ et C2MLQ sont augmentés (Y2102010, Y2332010 et Y2554010),
- ▶ l'un des critères est amélioré, le C2MLQ, tandis que l'autre est abaissé (Y2584010),

- les deux critères sont simultanément dégradés (Y2132010, Y2372010).

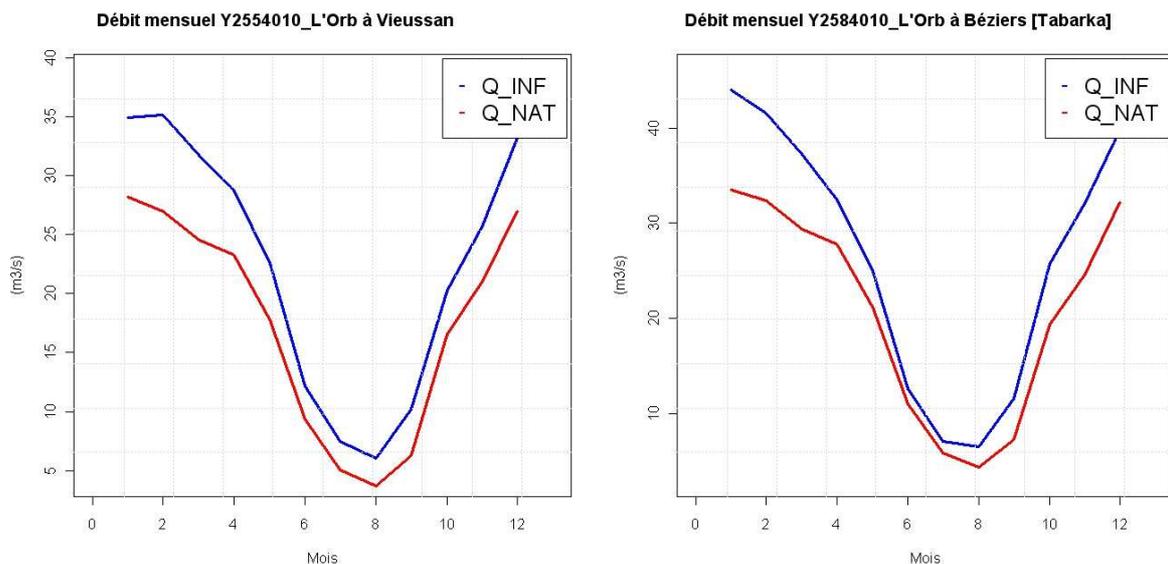
On constate cependant une amélioration plus systématique sur les critères liés aux étiages, ce qui est rassurant puisque les influences se font souvent ressentir plus fortement (en relatif) sur ces périodes.

Il est difficile d'établir un lien entre les caractéristiques physiques et/ou hydrologiques du sous-bassin versant et l'évolution de ses performances en modélisation avec un calage avec les débits naturalisés. En particulier, pour les points où les différences entre débits influencés et débits naturalisés sont les plus fortes, on pourrait s'attendre à une réponse positive des performances de modélisation. C'est vrai pour l'Orb à Vieussan (Y2554010), mais c'est faux pour l'Orb à Béziers (Y2584010). Enfin, il faut souligner que les différences de performances sont dans tous les cas assez faibles (< 0.2 points).

On remarque par ailleurs que le niveau de performance du modèle reste moyen (critère inférieurs à 0.75), que ce soit en crue ou en étiage. Au-delà des problèmes d'influence, le modèle montre certaines difficultés à bien reproduire le comportement hydrologique de ces bassins. Cette difficulté peut avoir plusieurs origines : mauvaise adéquation de la structure du modèle, représentativité des forçages climatiques (notamment sur les bassins les plus petits), influences karstiques, qualité de la renaturalisation (notamment en lien avec la résolution des données d'influence disponibles), légères différences dans les périodes d'évaluation, etc.

Il ne faut donc pas sur-interpréter les différences constatées ici entre les deux approches et l'absence d'amélioration systématique est probablement le signe que, sur ces bassins, les difficultés induites par les influences anthropiques sont du même ordre de grandeur que celles induites par la modélisation du système naturel elle-même.

**Figure 12 - Régime hydrologique des débits influencés et naturalisés de l'Orb à Vieussan (gauche) et de l'Orb à Béziers (droite)**



Remarquons que pour le point Y2214010, l'influencement est nul, les chroniques de débits sont donc identiques et la comparaison obsolète.

## 4. ZOOM SEINE

Le bassin de la Seine est sans doute le plus étudié et le mieux connu des grands bassins versants français. Nous ne cherchons pas ici l'exhaustivité concernant la description du contexte régionale et des caractéristiques physiques, climatiques et hydrologiques des sous bassins versants. Pour cela, le lecteur pourra se reporter notamment au rapport final du projet RExHySS ([http://www.sisyphes.upmc.fr/~agnes/rexhyss/DOCS/Rapport\\_final\\_0000454\\_web.pdf](http://www.sisyphes.upmc.fr/~agnes/rexhyss/DOCS/Rapport_final_0000454_web.pdf)). Par ailleurs, la plupart des éléments synthétisés ici proviennent des études commanditées par l'institution des Grands Lacs de Seine et mises à disposition du projet Explore2070 dans le cadre d'une passerelle tirée entre les projets Explore2070 et Climaware ([www.uni-kassel.de/go/climaware](http://www.uni-kassel.de/go/climaware)).

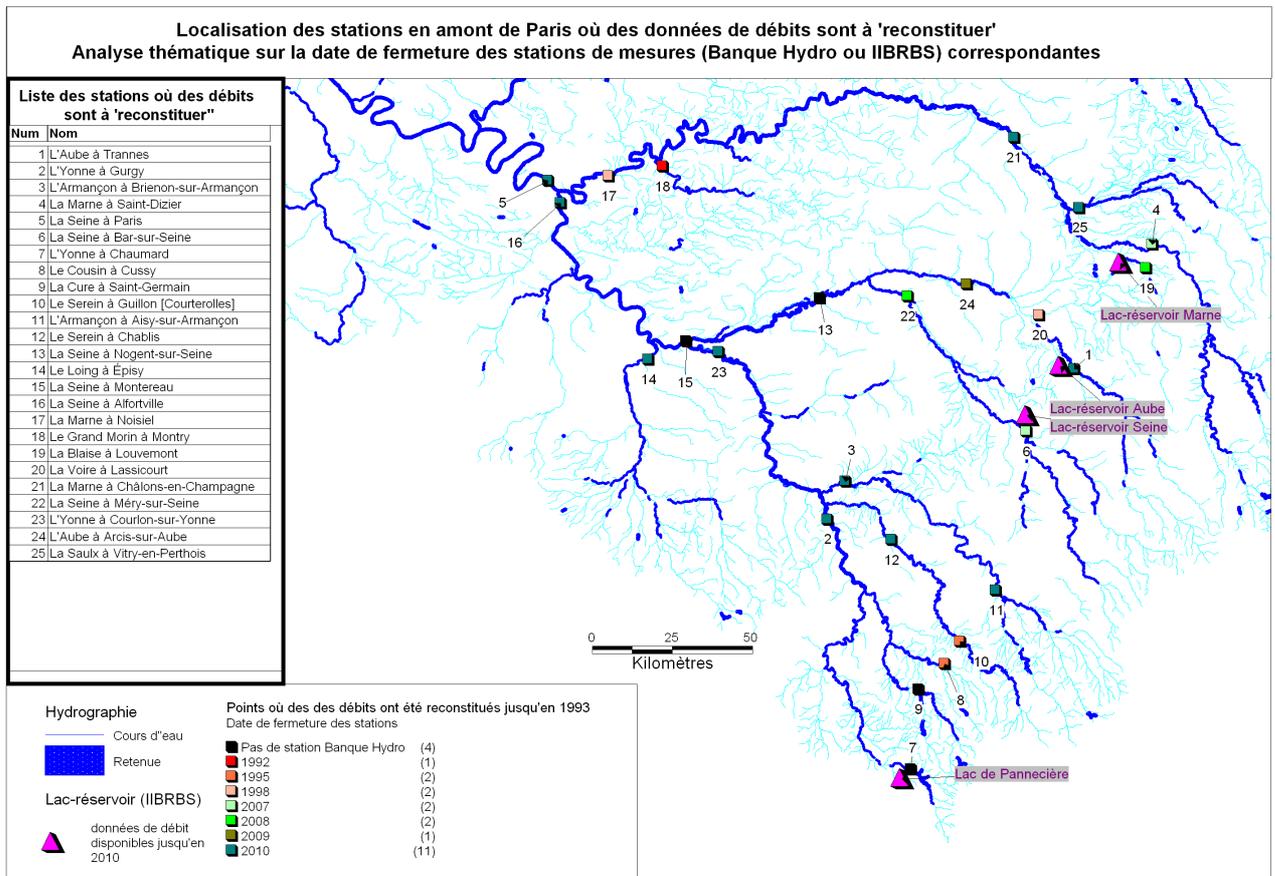
### 4.1 LE CONTEXTE REGIONAL

A l'heure actuelle, dans le bassin de la Seine, il n'y a pas de difficultés insurmontables quant à la satisfaction des différents usages de l'eau, au moins au niveau quantitatif, malgré une pression assez forte sur la ressource (agriculture intensive, forte urbanisation et prélèvements industriels importants). Ceci est dû à son climat océanique qui amène des précipitations régulièrement tout au long de l'année, à l'influence régulatrice des nappes souterraines et aux aménagements. Le système est en revanche assez vulnérable aux extrêmes hydrologiques, crues et sécheresses, en dépit des grands ouvrages hydrauliques réalisés, comme les quatre barrages-réservoirs situés à l'amont de Paris.

### 4.2 PRESENTATION DU BASSIN

Soumis à un climat océanique, le bassin de la Seine reçoit des précipitations régulières tout au long de l'année, en moyenne 700 mm/an. Les sous-bassins de tête sont le plus arrosés, avec des moyennes annuelles supérieures à 850 mm/an. Pour ce travail, nous nous focalisons sur la Seine amont, définie comme le bassin de la Seine à l'amont de Paris, soit une surface d'environ 45000 km<sup>2</sup>. Le bassin est largement soumis aux diverses influences anthropiques (prélèvements, navigation fluviale, ouvrages de retenus). En particulier, dans la zone amont, les débits sont très influencés par la gestion des quatre barrages-réservoirs d'une capacité totale de stockage d'environ 850 millions de m<sup>3</sup>. Ces barrages ont un double objectif de gestion : soutien des étiages et écrêtement des crues. L'influence de ces ouvrages est ressentie jusque Paris, et est très significative en période d'étiage.

Figure 13 - Secteur d'étude pour le zoom Seine, localisation des points de simulation et des quatre barrages-réservoirs



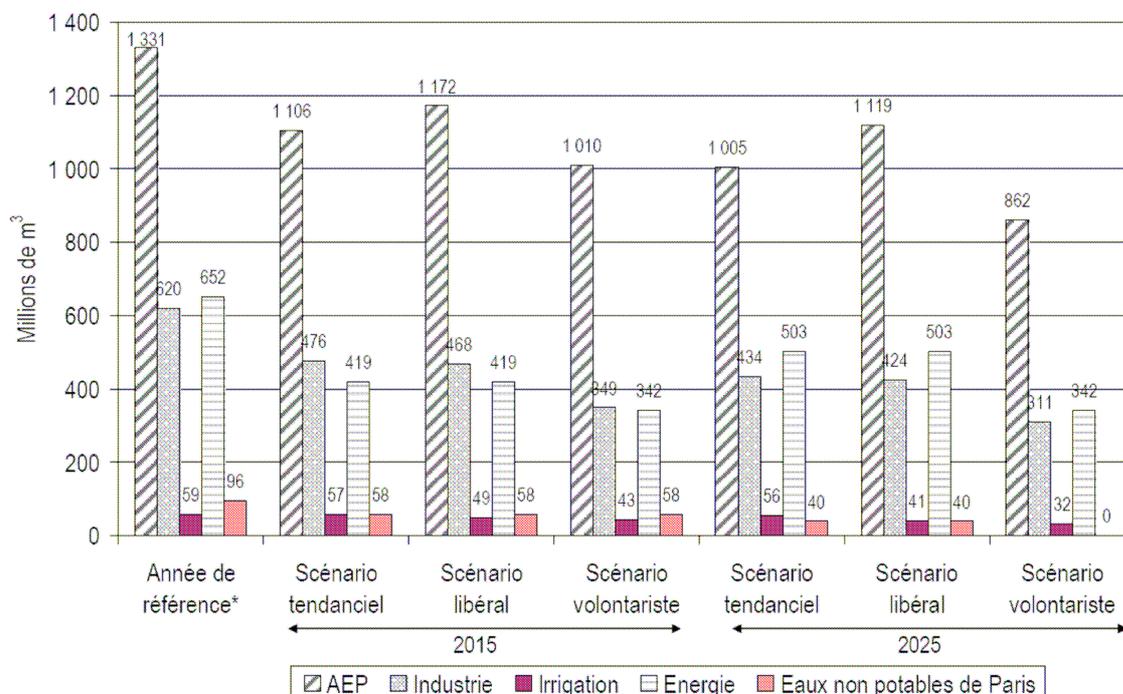
### 4.3 SYNTHÈSE DES PRINCIPALES INFLUENCES ANTHROPIQUES SUR LE BASSIN DE LA SEINE

Les éléments rapportés dans cette partie proviennent de l'étude intitulée "Elaboration de scénarios d'évolution des besoins en eau à comparer à la disponibilité en eaux superficielles du bassin Seine-Normandie". Puisque le périmètre de la zone d'étude est différent, les chiffres présents ci-dessous doivent être pris avec précaution. Nous pensons néanmoins qu'ils donnent un aperçu assez représentatif de la zone Seine Amont.

Aujourd'hui, les prélèvements annuels moyens sur l'ensemble de la zone Seine-Normandie s'élèvent à environ 2 750 millions de m<sup>3</sup>, en majorité en provenance des eaux de surface et pour les usages suivants: à 48% du total pour l'alimentation en eau potable (AEP), à 24% pour l'énergie et à 23% pour l'industrie. On remarque que le poids de l'énergie dans l'ensemble de l'industrie justifie le fait de faire de l'énergie un poste à part entière. Le poids du poste irrigation est assez faible, sauf lors de la période d'étiage, définie du 1<sup>er</sup> Juin au 31 Octobre, où il atteint 5% des prélèvements et 26% des consommations.

L'évolution à long terme des prélèvements en eaux de surface et en nappes alluviales, tous usages confondus, est orientée à la baisse quelque soit le scénario d'évolution global retenu (volontariste, tendanciel ou libéral). En particulier, la baisse des prélèvements pour l'industrie est la plus rapide et la plus forte.

Figure 14 - Evolution des prélèvements selon les usages et par scénario aux horizons 2015 et 2025.



\*Année de « référence » = Base 2000 pour l'industrie et l'énergie, base 2002 pour l'AEP et les Eaux non potables de Paris, base 2004 pour l'irrigation

Source : BIPE-GERPA-HYDRATEC d'après bases de données AESN 2000-2004

#### 4.4 CHOIX DES POINTS D'ETUDES

Le choix des points d'étude est déterminé par la disponibilité des chroniques de débits naturalisés mises à disposition par les Grands Lacs de Seine dans le cadre du partenariat avec le projet Explore2070. L'institution dispose en effet des résultats d'une étude en deux temps réalisés par les bureaux d'études SOGREAH et HYDRATEC ("*Actualisation de la base de données des débits journaliers naturalisés – Juillet 2011*") portant sur la naturalisation des débits sur le bassin de la Seine. Nous ne reviendrons pas sur les choix des points d'étude qui ont alors été faits. Les débits naturalisés nous ont été transmis en 25 points (Figure 12), tous situés à l'amont de Paris au pas de temps journalier. L'étendue des chroniques a été restreinte à la période 1958-2009, qui est la période de superposition des forçages climatiques SAFRAN.

Tableau 4 - Liste des points de simulation avec utilisation des débits naturalisés. Lorsque c'était possible, nous avons associé à chacun des 25 points d'études la station hydrologique de la banque HYDRO correspondante. Pour 5 points, aucune station HYDRO, donc aucune observation des débits influencés n'est disponible et la comparaison est caduque.

Code_station	Code_HYDRO	SURFACE (km2)	NOM
TRANN_01	#####	1557.06	l'Aube à Trannes
GURGY_02	H2221010	3819.77	L'Yonne à Gurgy
BRIEN_03	H2482010	2979.77	L'Armançon à Brienon-sur-Armançon
STDIZ_04	H5071010	2347.53	La Marne à Saint-Dizier
PARIS_05	H5920010	43824.66	La Seine à Paris
BAR-S_06	H0400010	2340.37	La Seine à Bar-sur-Seine
CHAUM_07	#####	216.5	L'Yonne à Chaumard
CUSSY_08	H2172310	247.99	Le Cousin à Cussy-les-Forges
STGER_09	#####	402.74	La Cure à St-Germain
GUILL_10	H2322020	488.71	Le Serein à Guillon
AISY-11	H2452020	1349.51	L'Armançon à Aisy-sur-Armançon
CHABL_12	H2342010	1116.27	Le Serein à Chablis
NOGEN_13	#####	9182.39	La Seine à Nogent-sur-Seine
EPISY_14	H3621010	3916.71	Le Loing à Épisy
MONTE_15	#####	21199.39	La Seine à Montereau
ALFOR_16	H4340020	30784.71	La Seine à Alfortville
NOISI_17	H5841010	12547.72	La Marne à Noisiel
MONTR_18	H5752020	1184.81	Le Grand Morin à Montry
LOUVE_19	H5083050	461.74	La Blaise à Louvemont
LASSI_20	H1362010	876.53	La Voire à Lassicourt
CHALO_21	H5201010	6291.55	La Marne à Châlons-sur-Marne
MERY-22	H0810010	3899.62	La Seine à Méry-sur-Seine
COURL_23	H2721010	10687.35	L'Yonne à Courlon-sur-Yonne
ARCIS_24	H1501010	3594.6	L'Aube à Arcis-sur-Aube
VITRY_25	H5172010	2109.14	La Saulx à Vitry-en-Perthois

## 4.5 NATURALISATION DES DEBITS

Nous nous contenterons ici de reprendre de façon très synthétique les grands principes de la naturalisation des débits, telle qu'opérée par HYDRATEC dans le cadre de l'étude mentionnée ci-dessous. Il convient avant tout de préciser la définition des débits naturels dans ce contexte:

*La notion de débit 'naturel' ici employée s'entend comme étant le débit corrigé de l'influence des barrages-réservoirs présents en amont du bassin de la Seine. Il serait plus juste de parler de débit « non influencé » car ce débit intègre les prélèvements anthropiques.*

Extrait du rapport *Actualisation de la base de données des débits journaliers naturalisés – Juillet 2011 - Phase 2*

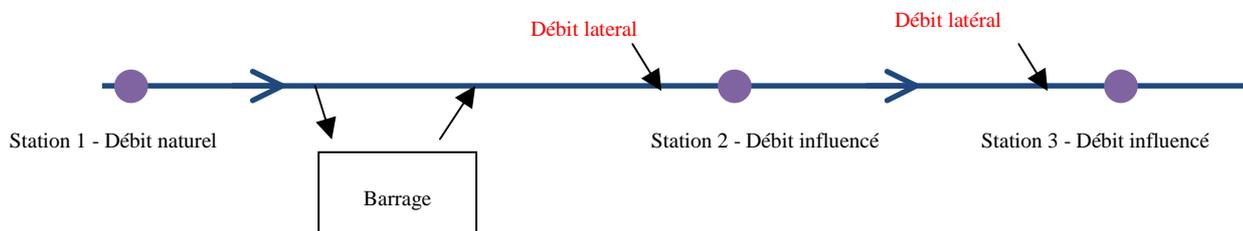
La reconstitution des débits naturels se déroule en deux étapes: la détermination des apports intermédiaires, puis la reconstitution des débits naturels. La première étape nécessite la reconstitution préalable et la validation de tous les débits observés.

Pour déterminer les apports latéraux, deux cas se présentent :

1/ Les débits à la station amont sont 'naturels' et ceux de la station aval influencés.

2/ Les débits aux stations amont et aval sont influencés.

Cette situation est schématisée comme décrit ci-après.



Pour déterminer les apports latéraux entre la station 1 et 2, il faut pouvoir disposer :

- ▶ Des débits observés reconstitués aux stations 1 et 2.
- ▶ De l'action du Barrage. Pour ce faire nous disposons des cahiers d'exploitation de l'IIBRBS où les débits journaliers entrant et sortant aux barrages sont consignés.
- ▶ D'un modèle de propagation des écoulements entre le point 1 et 2. Dans le cadre de « *l'Etude pour l'optimisation de l'ouvrage de la Bassée* » - 2011, HYDRATEC dispose de modèles hydrauliques sur l'ensemble du bassin versant de la Seine, depuis l'amont des barrages jusqu'à Paris et plus en aval.

L'hydrogramme reconstitué de la station 1 pourra alors être propagé jusqu'à la station 2 grâce au modèle hydraulique. L'hydrogramme résultant de l'action du barrage sera lui aussi propagé par le modèle hydraulique jusqu'à la station 2.

L'apport intermédiaire entre les stations 1 et 2 sera déduit, au droit du point 2, de la différence :

$$Q_{\text{Intermédiaire-station 1 à 2}} = Q_{\text{Influencé reconstitué station 2}} + DQ_{\text{barrage propagé au point 2}} - Q_{\text{Naturel reconstitué station 1 propagé au point 2}}$$

Pour déterminer l'apport latéral entre les stations 2 et 3, il faut pouvoir disposer :

- ▶ Des débits 'influencés' reconstitués aux stations 2 et 3 (selon la méthode exposée en phase 1).
- ▶ D'un modèle de propagation des écoulements entre le point 2 et 3.

L'apport latéral entre les stations 2 et 3 sera alors déduit, au droit du point 3, de la différence :

$$Q_{\text{Intermédiaire-station 2 à 3}} = Q_{\text{Influencé reconstitué station 3}} - Q_{\text{Influencé reconstitué station 2 propagé au point 3}}$$

Cette procédure a été automatisée et fait appel au module « ACTUAL » d'HYDRARIV. Elle nécessite de faire tourner le modèle hydraulique existant sur l'ensemble de la période d'étude, ce qui permet de bien représenter la dynamique de propagation des hydrogrammes le long du cours d'eau.

Pour reconstituer les débits naturels, il faut disposer :

- ▶ Des débits reconstitués aux stations de 'tête' comme indiqué en phase 1.
- ▶ Des fichiers des apports intermédiaires calculés comme décrit au chapitre précédent.
- ▶ Du modèle de propagation des écoulements des cours d'eau principaux du bassin de la Seine en amont de Paris.

Les débits naturels sont calculés par propagation des débits aux stations de 'tête' reconstitués comme décrit en phase 1 et ajout des apports latéraux calculés comme décrit précédemment. L'action des barrages-réservoirs est ici considérée comme nulle.

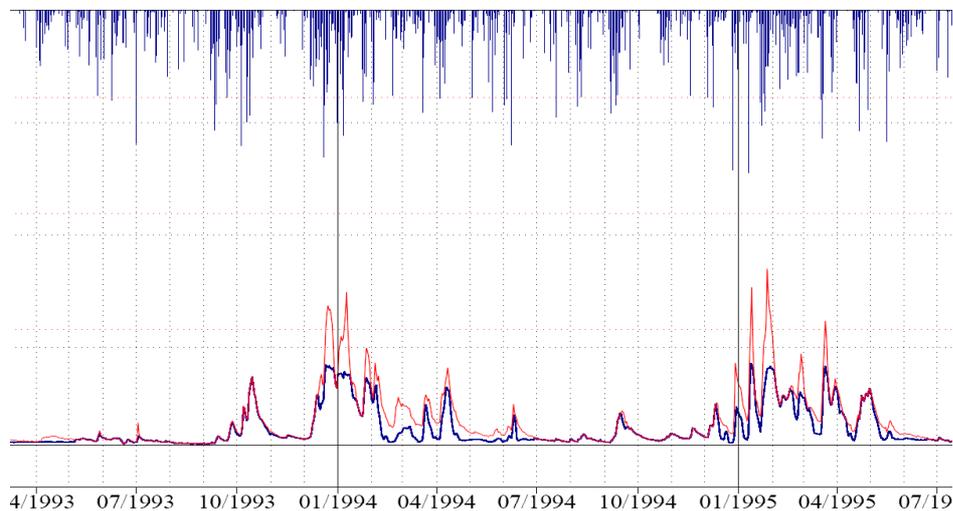
Cette procédure a été automatisée et fait appel au module « Qlat » d'HYDRARIV. Elle nécessite aussi de faire tourner le modèle hydraulique existant sur l'ensemble de la période d'étude.

## 4.6 RESULTATS DE LA NATURALISATION

Les débits naturalisés ont été strictement contrôlés et les Grands Lacs de Seine nous ont garanti leur qualité. La Figure 15 et la Figure 16 présente deux exemples d'hydrogrammes.

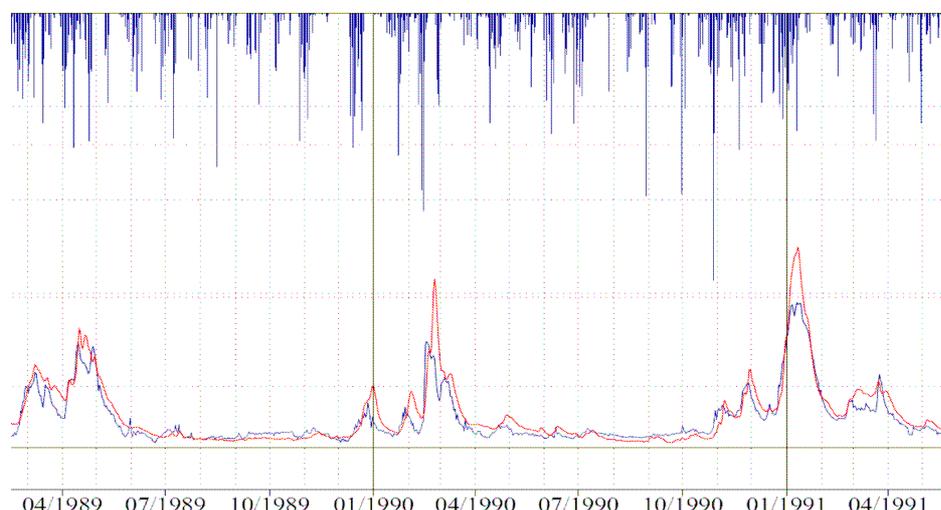
Figure 15 - Débits influencés (bleu) et naturalisés (rouge) à la station de la Marne à Saint-Dizier. Située sur la Marne à l'aval immédiat du canal de prélèvement qui détourne une partie des eaux de la Marne vers le réservoir Marne, la station montre clairement les signes de l'influence de la prise. En hiver et au printemps, le remplissage du barrage induit une diminution du débit de la Marne.

STDIZ\_04 – La Marne à Saint-Dizier



**Figure 16 - Débits influencés (bleu) et naturalisés (rouge) à la station de Paris-Austerlitz. A nouveau l'influence des barrages réservoirs est bien lisible: les crues sont écrêtées et en été, le soutien d'étiage permet un débit minimal garanti.**

PARIS\_05 – La Seine à Paris



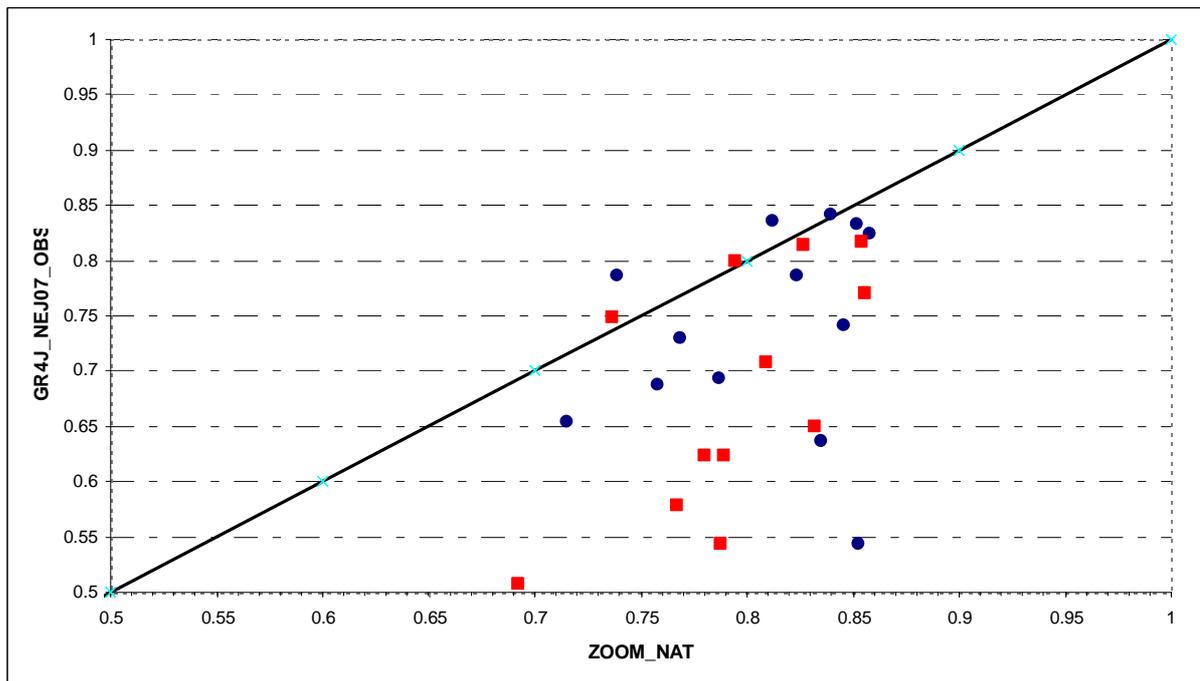
#### 4.7 RESULTATS DE MODELISATION : COMPARAISON ENTRE SIMULATIONS AVEC LES DEBITS INFLUENCES ET AVEC LES DEBITS NATURALISES

Parmi les points où l'on a réussi à associer une station hydrologique et donc des débits influencés, certains n'ont pas de chroniques suffisamment longues et n'ont pas été retenues dans l'ensemble des points de sorties de simulation GR4J. Au final, nous disposons d'un ensemble significatif de 14 points de comparaison des performances de modélisation avec l'utilisation des débits influencés (**GR4J\_NEJ07**) et des débits naturels (**ZOOM\_NAT**).

Tableau 5 - Performance en calage des modèles ZOOM\_NAT (avec débits naturalisés) et GR4J\_NEJ07 (avec débits influencés) (les périodes d'analyse peuvent différer légèrement suivant les bassins).

CODE_STATION	ZOOM_NAT						GR4J_NEJ07				
	PER	DATED	DATEF	NBJ	C2MQ	C2MLQ	DATED	DATEF	NBTPS	C2MQ	C2MLQ
GURGY_02	1	1962	1991	10950	0.846	0.767	1962	1991	10950	0.742	0.578
BRIEN_03	1	1962	1991	10950	0.824	0.827	1966	1991	9490	0.787	0.814
STDIZ_04	1	1962	1991	10950	0.835	0.832	1962	1991	10950	0.637	0.65
PARIS_05	1	1962	1991	10950	0.812	0.789	1974	1991	6570	0.836	0.624
BAR-S_06	1	1962	1991	10950	0.852	0.795	1962	1991	10950	0.833	0.8
GUILL_10	1	1962	1991	10950	0.715	0.809	1962	1991	10950	0.654	0.708
CHABL_12	1	1962	1991	10950	0.739	0.737	1962	1991	10950	0.786	0.748
EPISY_14	1	1962	1991	10950	0.769	0.692	1962	1991	10950	0.73	0.507
NOISI_17	1	1962	1991	10950	0.787	0.788	1974	1991	6570	0.694	0.543
MONTR_18	1	1962	1991	10950	0.453	0.344	1967	1991	9125	0.507	0.251
LASSI_20	1	1962	1991	10950	0.758	0.78	1970	1991	8030	0.687	0.624
MERY- 22	1	1962	1991	10950	0.853	0.812	1966	1991	9490	0.543	0.301
ARCIS_24	1	1962	1991	10950	0.858	0.856	1962	1991	10950	0.824	0.771
VITRY_25	1	1962	1991	10950	0.84	0.854	1962	1991	10950	0.841	0.817

Figure 17 - Critères C2MQ (rond bleu) et C2MLQ (carré rouge) pour la modélisation avec débits naturalisés et débits influencés.

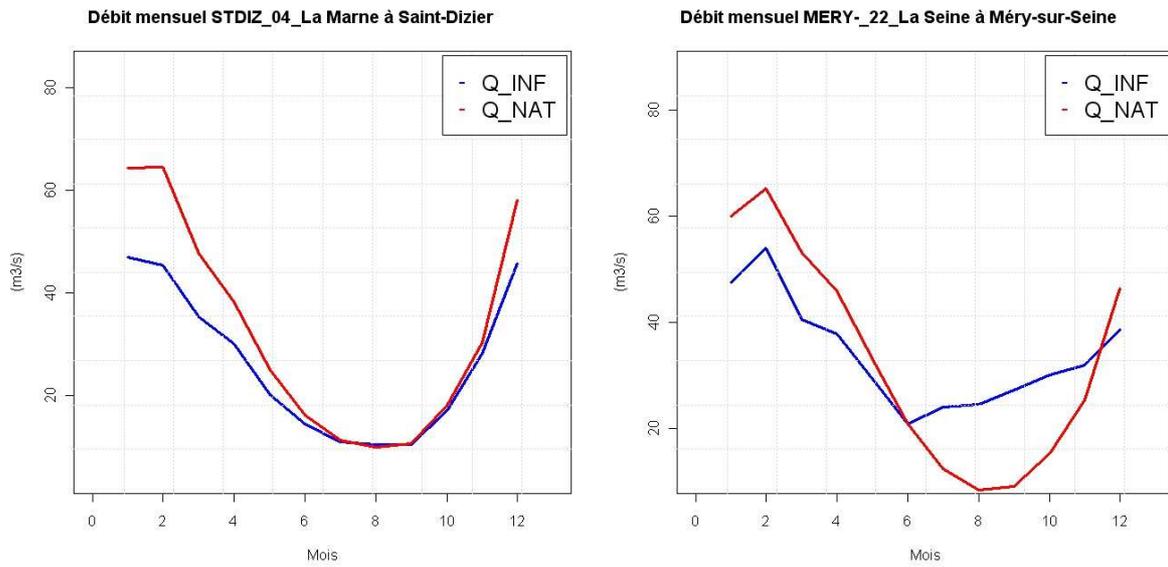


On observe une tendance générale assez prononcée à l'amélioration des performances avec l'utilisation des débits naturalisés, pour les deux critères d'évaluation. La tendance est plus forte sur les basses eaux (critère C2MLQ). Les points où les améliorations de performances sont les plus notables sont les points 22-La Seine à Méry/Seine, 4-La Marne à Saint-Dizier qui sont respectivement à l'aval du barrage Seine et à l'aval du canal de prélèvement du réservoir Marne. En moyenne, les critères de performances gagnent respectivement 0.6 (C2MQ) et 1.4 points (C2MLQ).

Le niveau de performance obtenu ici sur les débits naturalisés est significativement meilleur que celui obtenu sur le zoom Orb-Hérault. Le modèle hydrologique est ici mieux adapté à la modélisation du bassin, qui présente probablement un fonctionnement globalement moins complexe que ceux des bassins Orb-Hérault.

Cette tendance générale à l'amélioration est cohérente avec celle obtenue par Moulin et al. (2005) et Payan et al. (2008) qui avaient proposé une autre méthode de prise en compte des barrages-réservoirs (directement au sein du modèle hydrologique) et qui montraient des améliorations significatives de performance sur le bassin de la Seine, en crue et en étiage.

Figure 18 - Régime hydrologique des débits influencés et naturalisés de la Marne à St-Dizier (gauche) et de la Seine à Méry-sur-Marne (droite).





## 5. ZOOM GARONNE

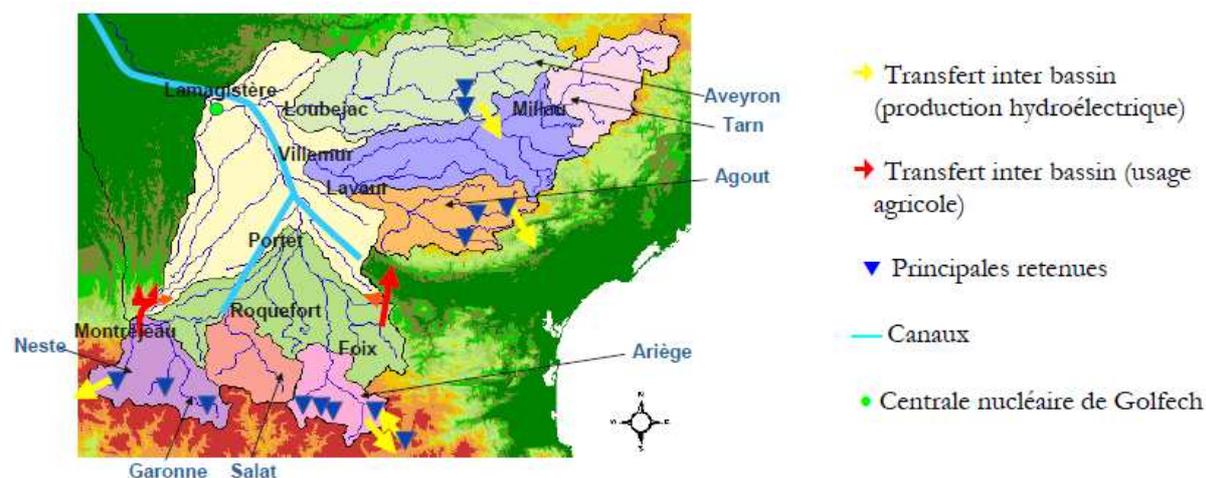
### 5.1 PRESENTATION DU BASSIN

La plupart des éléments suivants sont issus du rapport final du projet *Imagine2030*, Cemagref, 2009, dont l'objectif était d'évaluer les impacts des changements climatiques sur les eaux de surface à l'horizon 2030.

Le bassin de la Garonne, est soumis à des influences climatiques multiples (océaniques, méditerranéennes, montagnardes) et à une anthropisation complexe. En effet, de nombreuses exploitations agricoles, ainsi que des retenue hydroélectriques ou à usage agricole sont présentes sur son territoire.

Le secteur couvert par le Zoom Garonne d'Explore 2070 est le bassin versant de la Garonne en amont de la station hydrométrique de Lamagistère. Il représente une superficie de 31600 km<sup>2</sup>.

Figure 19 : Secteur d'étude, localisation des bassins versants et principales sources d'anthropisation de la Garonne  
(Source : Sauquet, 2009)



### L'OCCUPATION DES SOLS

Ce territoire est majoritairement occupé par des terres agricoles (51%) et des espaces naturels (47%).

La bordure des Pyrénées (nord du bassin hydrographique de Portet) et les contreforts de la moyenne vallée de l'Aveyron et du Tarn sont occupés en majeure partie par des prairies artificielles temporaires et des systèmes culturaux et parcellaires. Une grande partie du bassin est recouverte de vastes forêts (la partie montagneuse des Pyrénées, le haut Languedoc, les grands causses entre Millau et Albi, le territoire situé à l'est de Millau). En tête du bassin versant, sont présentes principalement des zones de végétations arbustives et herbacées.

Les espaces anthropisés ne représentent qu'une partie très limitée du territoire d'étude (moins de 2%). Ils se trouvent principalement sur le bassin de Lamagistère autour de l'agglomération de Toulouse.

## LA QUESTION DEMOGRAPHIQUE

La population résidente sur le territoire d'étude est d'environ 2 millions d'habitants, ce qui représente une densité de 64 hab/km<sup>2</sup>, avec de fortes disparités selon les sous-bassins hydrographiques. La population est concentrée dans l'agglomération de Toulouse et quelques agglomérations de tailles moyennes : Albi, Millau, Castres, Montauban et Rodez.

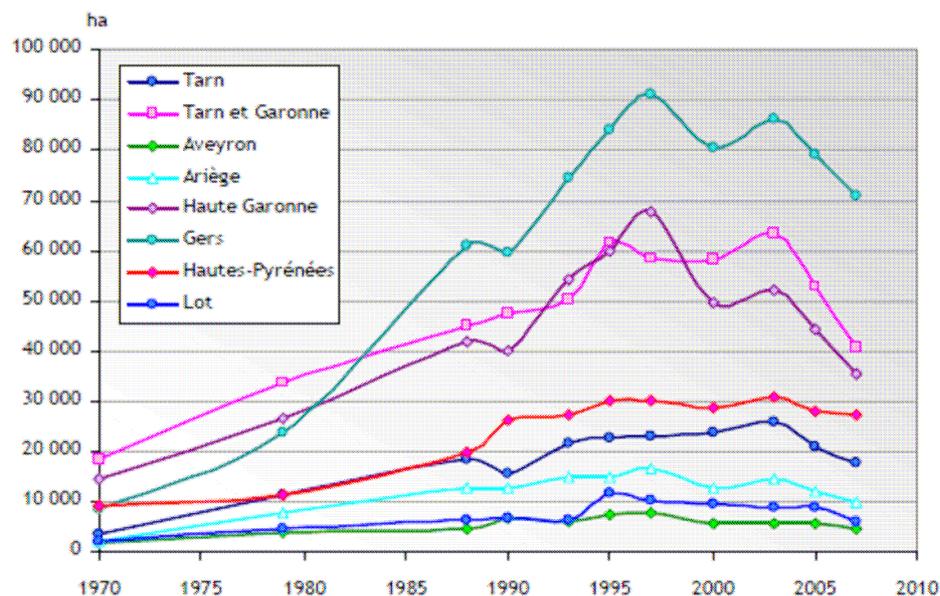
## L'ACTIVITE INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

Le territoire est faiblement industrialisé, à l'exception de l'agglomération de Toulouse. Le territoire d'étude est majoritairement à vocation agricole.

Les terres agricoles du bassin de la Garonne sont notamment des cultures fourragères (moyennes vallées du Tarn et de l'Aveyron), des cultures céréalières (moyenne vallée de la Garonne et de l'Ariège, basse vallée aval de l'Agout et de l'Aveyron), des prairies destinées au pâturage, ainsi que ces culture pour le fourrage et les oléagineux, et quelques cultures spécialisées (maraichage, vignes, vergers).

Entre 1970 et 2000, la surface irriguée moyenne a été multipliée par cinq. Depuis, cette superficie est stable ou en diminution selon les secteurs (voir Figure 20). Les principales cultures irriguées sur le territoire sont le maïs semence (plus de 50% des surfaces irriguées) et les oléagineux (environ 12%).

Figure 20 : Evolution des surfaces irriguées selon les départements (Source : Sauquet, 2009)



## 5.2 SYNTHÈSE DES PRINCIPALES INFLUENCES ANTHROPIQUES SUR LE BASSIN DE LA GARONNE

En 2006, les prélèvements sur le territoire étudié représentaient un cumul total de 827 Mm<sup>3</sup>, soit 36% des prélèvements sur l'ensemble du bassin Adour-Garonne.

Le total de ces prélèvements est relativement stable depuis quelques années : l'augmentation des prélèvements pour l'irrigation est compensée par une baisse importante des prélèvements de l'industrie.

La Figure 21, la

Figure 22 et le Tableau 6 présentent les prélèvements liés aux différents usages (AEP, agriculture, industrie et production électrique), et les estimations des consommations réelles pour ces mêmes usages.

Figure 21 : Part des prélèvements des différents usages sur le bassin de gestion Adour-Garonne (a) et sur le bassin versant de Lamagistère (b) (Source : Sauquet, 2009)

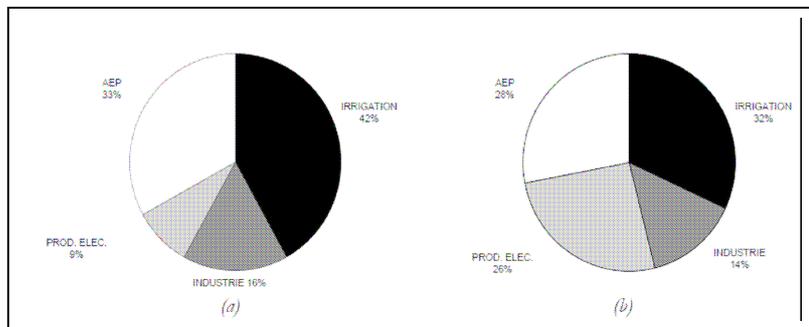
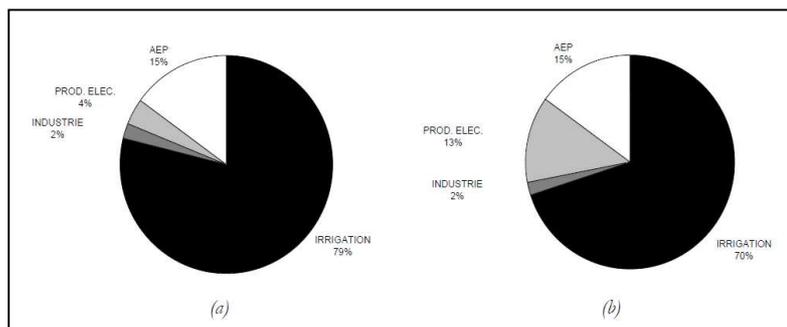


Figure 22: Part des consommations réelles des différents usages sur le bassin de gestion Adour-Garonne (a) et sur le bassin versant de Lamagistère (b) (Source : Sauquet, 2009)

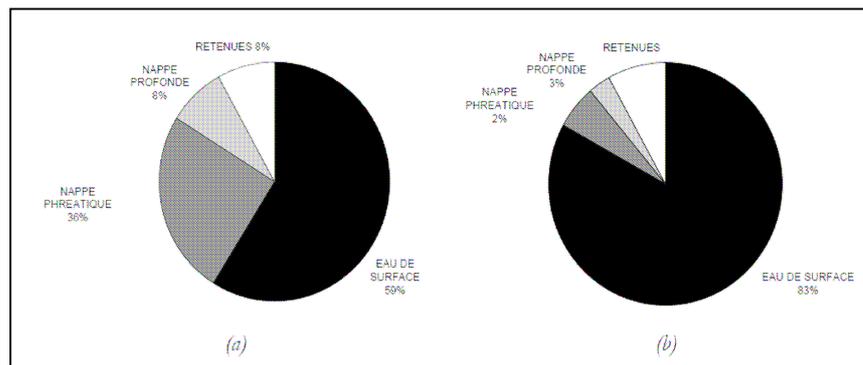


**Tableau 6 : Volumes prélevés par usages suivants les sous-bassins définis par les stations hydrométriques**  
(Source : Sauquet, 2009)

	Irrigation		Industrie		Eau potable	
	Mm <sup>3</sup>	%	Mm <sup>3</sup>	%	Mm <sup>3</sup>	%
Bassin Imagine	826,4	31,37	336,7	40,74	230,4	27,89
Foix	5,8	0,17	2,6	43,91	3,3	55,92
Lamagistère	426,3	26,54	230,2	54,01	82,9	19,46
Lavaur	42,5	34,91	3,3	7,75	24,4	57,34
Loubejac	43,9	53,76	1,1	2,51	19,1	43,51
Millau	4,8	0,81	0,2	4,75	4,5	94,44
Montréjeau	20,0	2,05	13,7	68,51	5,9	29,44
Portet	172,2	42,53	39,2	22,78	59,7	34,69
Roquefort	10,9	2,51	5,5	50,45	5,1	47,03
Villemur	100,0	33,73	40,8	40,83	25,4	25,44

La Figure 23 montre les origines des principaux prélèvements sur le bassin de la Garonne. La majeure partie des volumes est prélevée dans les eaux de surface.

**Figure 23 : Répartition des volumes prélevés par origine de l'eau sur le bassin de gestion Adour-Garonne (a) et sur le bassin versant de Lamagistère (b)** (Source : Sauquet, 2009)



A ces prélèvements, il faut ajouter l'influence importante des grands ouvrages hydrauliques, à vocation hydroélectrique et agricole.

### 5.3 CHOIX DES POINTS D'ETUDES

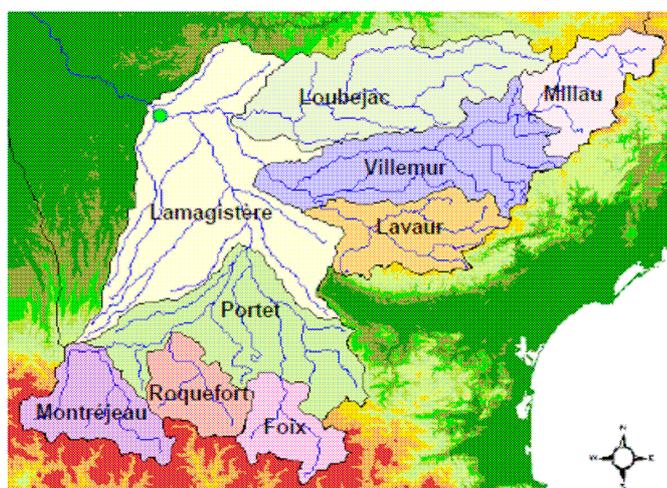
L'ensemble des points de calculs retenus pour le bassin de la Garonne est détaillé ci-après. Cette sélection permet de distinguer les comportements des affluents de la Garonne : l'Agout, le Tarn et l'Aveyron sont représentatifs des bassins à dominante pluviale océanique, le Salat à Roquefort, l'Ariège à Foix et la Garonne à St-Gaudens ont des écoulements à dominante nivale (partie pyrénéenne du bassin).

**Tableau 7 : Points de calculs choisis pour le Zoom du bassin de la Garonne**

Station	Nom	Superficie (km <sup>2</sup> )
---------	-----	-------------------------------

O0200030	La Garonne [totale] à Saint-Gaudens [Valentine ancien]	2230
O0592510	Le Salat à Roquefort-sur-Garonne	1585
O1252510	L'Ariège à Foix	1354
O1900010	La Garonne à Portet-sur-Garonne	10012
O3401010	Le Tarn à Millau [2]	2139
O4692550	L'Agout à Lavour [Pont de Lavour]	2300
O4931010	Le Tarn à Villemur-sur-Tarn	9135
O5882510	L'Aveyron à Piquecos [Loubéjac]	5255
O6140010	La Garonne à Lamagistère	32443

Figure 24 : Sous-bassins définis par les points de calculs choisis pour le Zoom de la Garonne (Source : Sauquet, 2009)



## 5.4 NATURALISATION DES DEBITS

L'exercice de naturalisation des débits de la Garonne a été effectué lors du projet Imagine 2030 (partenariat Cemagref – EDF – Agence de l'Eau Adour-Garonne). Le calcul des débits naturalisés, dont les résultats sont repris ici, avait été mené pour la période 1970-2005. La méthode générale est décrite ci-après, pour les différents types d'usage.

Les détails des calculs effectués sont explicités dans le rapport *IMAGINE 2030, climat et aménagements de la Garonne : quelles incertitudes sur la ressource en eau en 2030 ?*- Sauquet – 2009.

L'opération de naturalisation des débits consiste à reconstituer la valeur des débits naturels à partir des débits mesurés, en soustrayant à chaque pas de temps les influences anthropiques existantes.

On calcule donc aux stations de mesure le débit naturel selon le principe suivant :

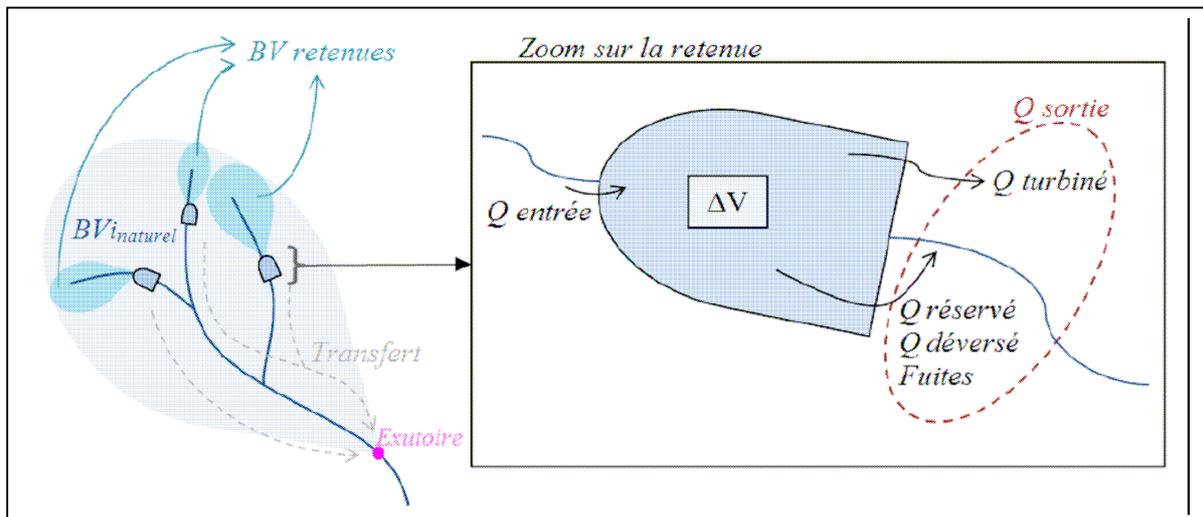
$$Q_{\text{naturel}} = Q_{\text{mesuré}} + \text{prélèvements amonts} - \text{apports amonts}$$

On précise ce calcul selon les types d'usage :

Pour les grands ouvrages hydrauliques :

Le principe de base, décrit dans (Agosta, 2007) repose sur un bilan en eau au droit des retenues.

Figure 25 : Identification des éléments de base pour la reconstitution des débits aux exutoires de bassins influencés par des grandes retenues hydrauliques (Agosta, 2007).



Le débit corrigé de la retenue à l'exutoire du bassin versant est calculé selon le principe suivant :

A l'exutoire :

$$Q_{\text{nat}}(t) = Q_e(t - \delta) + Q_{BV_{i \text{ nat}}}(t)$$

$$\text{Et } Q_{\text{obs}}(t) = Q_{BV_{i \text{ nat}}}(t) + \sum Q_s^{\text{retenue } i}(t - \delta_i)$$

$$Q_{\text{nat}}(t) = Q_{\text{obs}}(t) + \sum \Delta Res^{\text{retenue } i}(t - \delta_i)$$

D'où le débit reconstitué :

Avec :

- ▶  $Q_e$ : débit naturel du bassin versant capté par la retenue
- ▶  $Q_{BV_{i \text{ nat}}}$  : contribution du bassin versant intermédiaire  $i$  au fonctionnement hydrologique naturel.  $BV_{i \text{ nat}}$  naturel correspond à la différence entre le bassin versant total et les sous-bassins versants captés par les retenues.
- ▶  $Q_s^{\text{retenue } i}$  : le débit sortant de la retenue  $i$
- ▶  $\Delta Res^{\text{retenue } i}$  : la variation de réserve de la retenue  $i$  pendant une durée  $\Delta t$ .  $\Delta Res^{\text{retenue } i}(t) = Q_s(t) - Q_e(t)$

- ▶  $\delta$  : temps de parcours entre la retenue et l'exutoire

Pour les échanges avec les canaux :

Le même principe décrit précédemment est appliqué, on a donc :

$$Q_{nat}(t) = Q_{obs}(t) - Q_{exporté}(t - \delta_{exporté}) + Q_{importé}(t - \delta_{importé})$$

Pour l'irrigation :

$$Q_{nat}(t) = Q_{obs}(t) - Q_{prélevé}(t)$$

où  $Q_{prélevé}$  :

- ▶ correspond à un prélèvement direct en nappe et en eau de surface pendant la campagne d'irrigation ;
- ▶ correspond à un prélèvement pour le remplissage des retenues collinaires pendant la période hivernale.

$Q_{prélevé}$  est calculé grâce à l'estimation de la consommation en eau des cultures.

Le détail des données utilisées, concernant les débits mesurés et les usages, sont donnés en annexe.

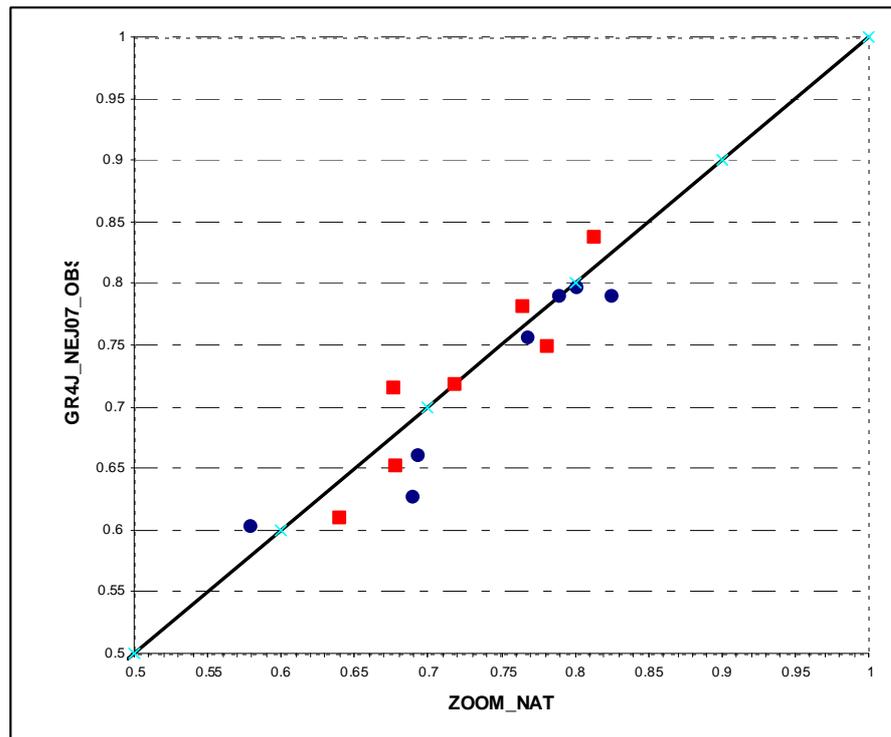
## 5.5 RESULTATS DE MODELISATION : COMPARAISON ENTRE SIMULATIONS AVEC LES DEBITS INFLUENCES ET AVEC LES DEBITS NATURALISES

Sur les 9 points de simulations retenus (1.4.4) pour le zoom Garonne, seuls 7 points sont l'objet de la comparaison des performances de modélisation. En effet, le point O0200030 – La Garonne à Saint Gaudens et le point O4692550 – l'Agout à Lavaur n'ont pas été initialement inclus dans l'ensemble des points pour la simulation des débits GR4J. La comparaison des performances porte donc sur les 7 points restants où les débits ont été simulés grâce au modèle GR4J, avec respectivement un calage sur les débits influencés (modèle désigné **GR4J\_NEJ07**) et un calage sur les débits naturalisés (**ZOOM\_NAT**).

Tableau 8 - Performance en calage des modèles ZOOM\_NAT (avec débits naturalisés) et GR4J\_NEJ07 (avec débits influencés) (les périodes d'analyse peuvent différer légèrement suivant les bassins)

CODE_BV	ZOOM_NAT					GR4J_NEJ07				
	DATED	DATEF	NBJ	C2MQ	C2MLQ	DATED	DATEF	NBTPS	C2MQ	C2MLQ
O0592510	1970	2006	13514	0.693	0.719	1962	1991	10950	0.66	0.717
O1252510	1990	2004	5478	0.58	0.64	1962	1991	10950	0.602	0.609
O1900010	1990	1997	2922	0.69	0.677	1962	1991	10950	0.627	0.715
O3401010	1969	2005	13514	0.768	0.678	1969	1991	8395	0.755	0.651
O4931010	1972	2000	10593	0.79	0.765	1970	1981	4380	0.79	0.781
O5882510	1985	2005	7670	0.826	0.813	1962	1991	10950	0.789	0.837
O6140010	1990	1997	2922	0.802	0.781	1967	1991	9125	0.797	0.749

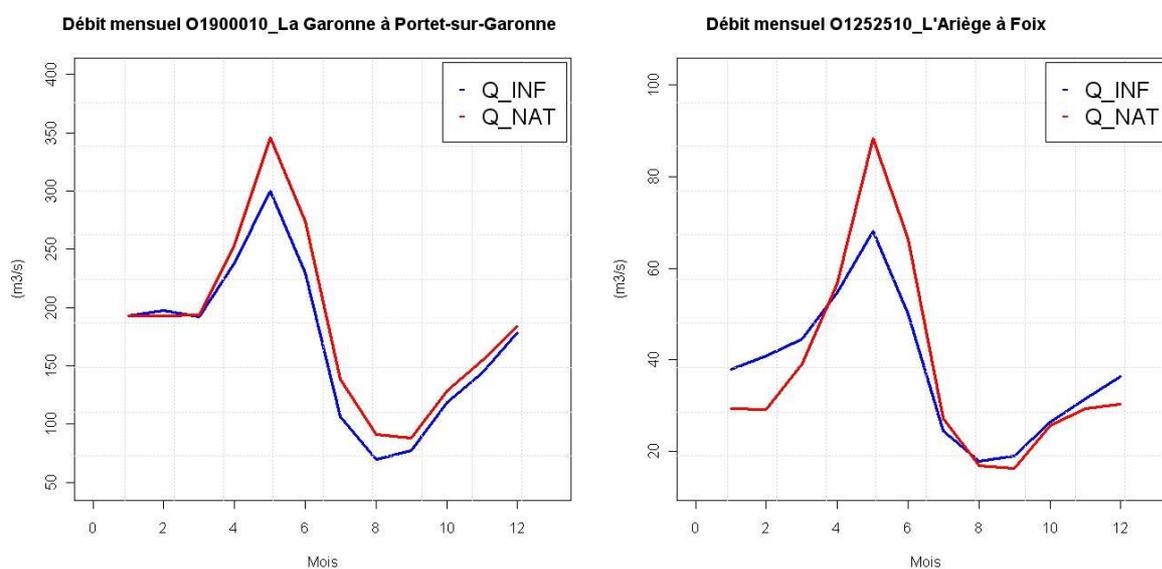
Figure 26 - Critères C2MQ (rond bleu) et C2MLQ (carré rouge) pour la modélisation avec débits naturalisés et débits influencés.



Comme pour le cas du zoom Orb-Hérault, le bilan des améliorations liées à l'utilisation des débits naturalisés pour le calage du modèle GR4J est mitigé. Globalement les performances sont sensiblement améliorées en ce qui concerne le critère C2MQ et forcées à la hausse ou la baisse modérées du critère C2MLQ.

Ici, les différences sont faibles et il n'est pas possible d'établir de relation directe entre l'évolution des performances et les caractéristiques physiques et hydrologiques des bassins versants concernés. De plus, l'analyse comparative des deux bassins les plus influencés (l'Ariège à Foix – O1252510 et la Garonne à Portet sur Garonne – O1900010) est perturbée par des périodes de calage disjointes entre débits influencés et débits naturalisés. Pour ces deux bassins, nous avons exceptionnellement procédé à une expérience de calage avec les débits influencés pour la période 1990-2004. Pour l'Ariège à Foix, les scores sont inférieurs de 0.1 point par rapport au calage avec débits naturalisés, alors que pour la Garonne à Portet-sur-Garonne, les critères sont quasiment inchangés. Ceci montre l'influence limitée de la période de calage sur les conclusions à tirer quant à l'amélioration des performances dues à l'utilisation des débits naturalisés pour le calage du modèle GR4J.

Figure 27 - Régime hydrologique des débits influencés et naturalisés de la Garonne à Portet-sur-Garonne (gauche) et de l'Ariège à Foix (droite).



## 6. CONCLUSION INTER-ZOOMS

L'analyse comparative des performances avec l'utilisation ou non des débits naturalisés pour le calage du modèle hydrologique GR4J révèle des différences entre les zooms. Pour le bassin de la Seine, l'amélioration des performances de modélisation est générale et assez bien prononcée.

Pour la Garonne, les performances sont globalement inchangées tandis que pour le zoom Orb-Hérault, les performances sont très sensiblement dégradées concernant les crues (C2MQ) et sensiblement améliorées concernant les basses eaux (C2MLQ). Les résultats mitigés sur ces deux zooms peuvent avoir de multiples origines, au rang desquelles on peut citer l'inadéquation du modèle et la représentativité des forçages.

En revanche, pour expliquer les différences observées entre les zooms, il faut peut-être se tourner du côté des régimes hydrologiques présents, très différents pour le bassin de la Seine par rapport aux deux autres. La Seine présente un climat plutôt humide et régulier, les deux autres zooms présentant des caractéristiques méditerranéennes ou nivales plus complexes à modéliser. Il faut de plus noter qu'avec les débits influencés, le modèle GR4J est globalement meilleur sur la Seine que sur les bassins de la Garonne et de l'Orb-Hérault, comme le montre le Tableau 9.

Tableau 9 : Performances moyennes en modélisation avec utilisation des débits influencés et des débits naturalisés

	ORB-HERAULT		SEINE		GARONNE	
	INFLUENCE	NATURALISE	INFLUENCE	NATURALISE	INFLUENCE	NATURALISE
C2MQ	<b>0.708</b>	<b>0.687</b>	<b>0.721</b>	<b>0.782</b>	<b>0.717</b>	<b>0.736</b>
C2MLQ	<b>0.636</b>	<b>0.651</b>	<b>0.624</b>	<b>0.763</b>	<b>0.723</b>	<b>0.725</b>

Les différences constatées dans les résultats des modélisations avec ou sans influence devraient se traduire par des différences dans les simulations obtenues en climats présent et futurs. Ceci est vrai en particulier pour la Seine, où l'amélioration significative des performances doit donner davantage confiance dans la représentativité du modèle pour simuler un comportement naturel. Pour les deux autres zooms, on devrait également observer des différences : même si les performances sont globalement peu impactées, les paramètres du modèle ont pu être utilisés par le modèle pour compenser certaines influences dans le cas de l'utilisation de séries influencées, ce qui peut avoir un impact significatif sur les simulations qui seront faites a posteriori.

**Les résultats détaillés des différences en terme d'évolution hydrologiques entre les modélisations utilisant les débits influencés et celles utilisant les débits non influencés sont détaillés dans le document A1 – Rapport de Synthèse.**

**ANNEXES**

**Annexe 1**  
**Principales influences anthropiques sur le bassin de**  
**l'Orb et naturalisation des débits de l'Orb**

## A.1. Principales influences anthropiques

La plupart des éléments de cette partie sont issus de l' « étude de Gestion du barrage des Monts d'Orb – BRL – 2008 ».

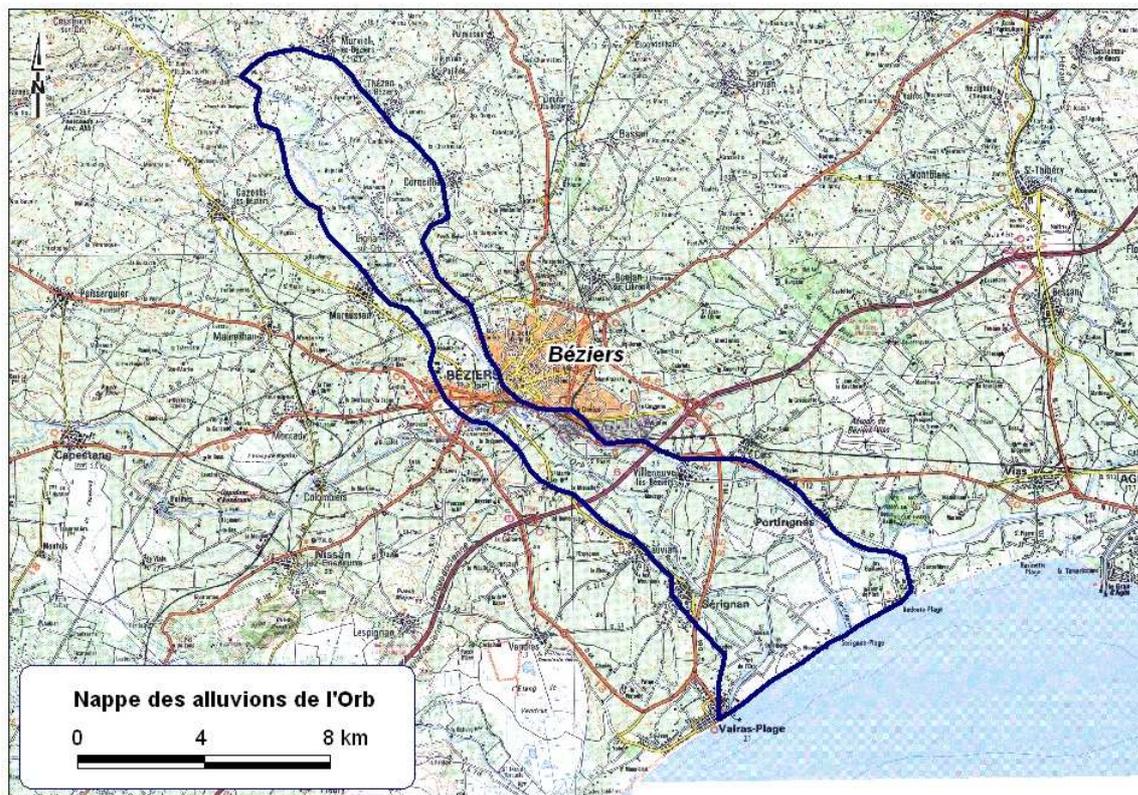
Concernant le régime hydrologique de l'Orb, on peut retenir 4 idées principales détaillées ci-après :

- ▶ l'Orb et sa nappe alluviale constitue un hydrosystème unique,
- ▶ 3 points de captages représentent l'essentiel des prélèvements à l'échelle du bassin versant,
- ▶ le régime du fleuve est fortement anthropisé,
- ▶ la régulation du fleuve par le barrage des Monts d'Orb compense la sévérité des étiages jusqu'à Béziers.

### L'ORB ET SA NAPPE ALLUVIALE CONSTITUE UN HYDROSYSTEME UNIQUE

Les alluvions de l'Orb sont développées sur deux secteurs : sur le haut bassin entre Hérépian et Poujols-sur-Orb et dans la moyenne et basse vallée, entre Réals et la Mer.

Carte 1 : Zoom sur la nappe alluviale de l'Orb (secteur basse et moyenne vallée)



Il existe un lien étroit entre le fleuve Orb et sa nappe alluviale qui conduit à les considérer ici comme un hydrosystème unique.

Le zoom hydrogéologique réalisé par ANTEA dans le cadre du schéma directeur d'eau potable de la CABEM (CABEM – Schéma directeur d'eau potable – SOGREAH – 2005), souligne ainsi (pour la partie de la nappe située entre Réals et Béziers, mais le principe peut s'appliquer sur l'autre portion de nappe) :

« Cette nappe a peu de réserve propre (4 Mm<sup>3</sup>) et un renouvellement très rapide, de l'ordre d'une vingtaine de jours. Le potentiel de cette ressource ne dépend donc pas de sa réserve, mais de sa fonction conductrice et épuratrice de l'Orb. Le niveau de prélèvement possible ou soutenable est par conséquent directement conditionné par le débit du fleuve à l'étiage. La cote piézométrique entre Réals et Béziers est strictement contrôlée par les niveaux des seuils et la quasi-totalité de l'alimentation de la nappe provient de l'Orb. »

Pour la suite, on intégrera dans les bilans quantitatifs les prélèvements dans la nappe alluviale de l'Orb au même titre que les prélèvements superficiels.

## LES APPORTS EDF

Les lâchers en provenance du barrage de Laouzas alimentent l'usine hydroélectrique de Montahut située sur le Jaur, à 5km de sa confluence avec l'Orb. Les apports naturels étant estimés à 860 Mm<sup>3</sup>, la part des lâchers EDF s'élève à 17% des apports annuels totaux. Ces apports ne sont pas réalisés sous la forme d'un débit continu ; les lâchers fluctuent entre 0 et 20 m<sup>3</sup>/s et génèrent de fortes et rapides variations de débit et de hauteur, sensibles jusqu'à l'aval du bassin. Ces lâchers constituent l'une des principales sources d'artificialisation des débits de l'Orb. **Le cumul annuel de ces lâchers est de l'ordre de 175 Mm<sup>3</sup>.**

## LE BARRAGE DES MONTS D'ORB

Le barrage des Monts d'Orb (appelé initialement barrage d'Avène), mis en eau en 1964 et intégré dans la concession de la région Languedoc – Roussillon<sup>1</sup> à BRL, a pour fonction<sup>2</sup> d'assurer la compensation de prélèvements réalisés plus en aval sur l'Orb, pendant l'étiage, par des lâchers de volumes d'eau stockés entre l'automne et le printemps.

Ces prélèvements desservent des périmètres d'irrigation de la concession (casiers 6 et 7 alimentés à partir des stations de Céssenon, Réals et Gaujac et casier 5 alimenté par la station de Portiragnes après un transit par le canal du Midi à partir de la prise de Pont Rouge) et deux stations d'alimentation en eau potable (Puech de Labade et Cazouls les Béziers) desservant plus de 150 000 personnes en période estivale.

Situé très en amont dans le bassin de l'Orb, il influence une grande partie du fleuve. L'ouvrage se situe en effet seulement à environ 15 km des sources de l'Orb dont la longueur totale est de 145 km. Ainsi 90% du linéaire du fleuve est influencé par le barrage.

---

<sup>1</sup> Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2008, suite au transfert de la concession d'Etat à la Région.

<sup>2</sup> L'objectif d'écroulement des crues ne fait pas partie des fonctions assignées à l'ouvrage mais en pratique il a souvent contribué à l'atténuation des crues de la haute et moyenne vallée de l'Orb.

Figure 28 : Le barrage des Monts d'Orb



D'une hauteur de 62 m, le barrage des Monts d'Orb permet le stockage de 34,3 Mm<sup>3</sup> au niveau de la cote de retenue normale 432 mNGF. L'ouvrage contrôle un bassin versant de 125 km<sup>2</sup> (8 % de la surface totale de l'Orb) dont les crues maximales (T=1 000 ans) sont estimées à 1100 m<sup>3</sup>/s.

#### LES PRELEVEMENTS COMPENSES PAR LE BARRAGE

Le barrage des Monts d'Orb est l'élément de régulation d'un ensemble d'ouvrages visant à prélever les eaux de l'Orb tout en garantissant une valeur minimale de son débit d'étiage.

Il s'agit de l'amont vers l'aval des quatre points de prélèvements suivants :

- ▶ la station de pompage de Cessenon (commune de Cessenon-sur-Orb),
- ▶ la station de pompage de Réals (commune de Cessenon-sur-Orb),
- ▶ la station de pompage de Gaujac,
- ▶ la prise gravitaire de Pont Rouge (commune de Béziers) complétant l'alimentation du canal du Midi, qui sert de vecteur pour la desserte de la station de pompage de Portiragnes (commune de Portiragnes)

Ces stations alimentent notamment des bornes à vocation agricoles et EUD. La superficie irriguée par ces stations est de 12120 ha. Il s'agit de vignes, maraichages et grandes cultures. Pour toutes ces stations, les prélèvements se concentrent essentiellement de mi-juin à mi-août.

La station de Réals, qui représente la part la plus importante de ces prélèvements (18 Mm<sup>3</sup> en année sèche) dessert aussi deux stations de traitement d'eau potable :

- ▶ L'unité de traitement de Cazouls-les-Béziers qui dessert :
  - le Syndicat à Vocation Multiple (SIVOM) d'Ensérune,
  - la commune de Cazouls-les-Béziers,
- ▶ L'unité de traitement de Puech de Labade (située sur la commune de Fleury d'Aude) qui alimente :
  - les communes de Vendres (secteur des campings), Coursan (en partie), Gruissan et Port-la-Nouvelle (en partie),

- le Syndicat Intercommunal d'adduction d'Eau Potable du littoral Sud Audois : communes de Bages, Fitou, La Palme, Leucate, Peyriac-de-Mer, Roquefort-des-Corbières, Sigean, Caves et Treilles.

Le tableau ci-après récapitule les prélèvements de ces stations.

Tableau 10 : Caractéristiques des prélèvements du réseau BRL sur l'Orb

Stations	Mise en route	Points de prélèvements	Usages	V annuel <sup>(3)</sup>	Evolution de prélèvements
Cessenon	1982	Orb	Agricole : 370 ha irrigués	<b>0.24 Mm<sup>3</sup>/an</b>	stable
Réals	1969	Orb	- 2 unités de traitement d'eau potable : Cazouls les Béziers et Puech de Labade - 2 points de réinjection dans le canal du Midi : Malpas et Roubialas	<b>18 à 19.5 Mm<sup>3</sup>/an</b>	- baisse pour l'irrigation - hausse pour l'eau potable - baisse des réinjection vers le canal du Midi - hausse des EUD
Gaujac	1961	nappe alluviale de l'Orb <sup>(1)</sup>	Agricole et Usages divers: 8850 ha irrigués (les réseaux de Réal et Gaujac sont maillés)		
Portiragnes	1961	canal du Midi <sup>(2)</sup>	Agricole et Usages divers : 2900 ha irrigués	<b>4.8 Mm<sup>3</sup>/an</b>	en baisse

(1) : on considérera dans les bilans que la station a une influence directe sur les débits de l'Orb.

(2) : Le prélèvement est compensé par une alimentation du canal au droit du seuil de Pont Rouge. Compte tenu de la difficulté de déterminer la part de la réalimentation à Pont-Rouge liée au prélèvement de Portiragnes, on assimilera le prélèvement dans l'Orb au prélèvement de la station de Portiragnes dans le canal du Midi.

(3) : en année sèche type 2003 ou 2006.

#### LES AUTRES PRELEVEMENTS POUR L'IRRIGATION

Des réseaux gérés par des Associations Syndicales Autorisées ou par des privés se situent principalement dans le Haut Bassin (Orb, Mare), sur le Jaur et sur le Vernazobre. Le SDVMA de l'Hérault recense 31 ouvrages de dérivation ayant pour vocation l'irrigation de cultures, de prairies ou l'arrosage de jardins privés.

Le document « SMVO - Contexte du Contrat de rivière Orb 2005 - 2010 » présente la synthèse suivante pour ces prélèvements :

Secteurs du bassin de l'Orb	Ouvrages de dérivation	Prélèvements directs et forages
Haut bassin, jusqu'à la confluence avec le Jaur	17 ouvrages de dérivation ; une dizaine d'ASA : canal de la Gloriette, canal de Jaumes, canal de la Bastide, canal de Valence, canal de Boubals, canal de la plaine des Aires, canal de la Tour-sur-Orb	4 prélèvements directs (dispositifs mobiles)
Jaur	13 ouvrages de dérivation fonctionnels	Nombreux prélèvements directs pour usage privé dans les traversées d'agglomérations
Moyenne et basse vallée de l'Orb	1 ouvrage de dérivation (chaussée de Roquebrun), géré par l'ASA des canaux de St André	Pompages mobiles pour arrosage de vignes dans le secteur de Lugné ; pompages directs ou captages en nappe dans la plaine de Béziers

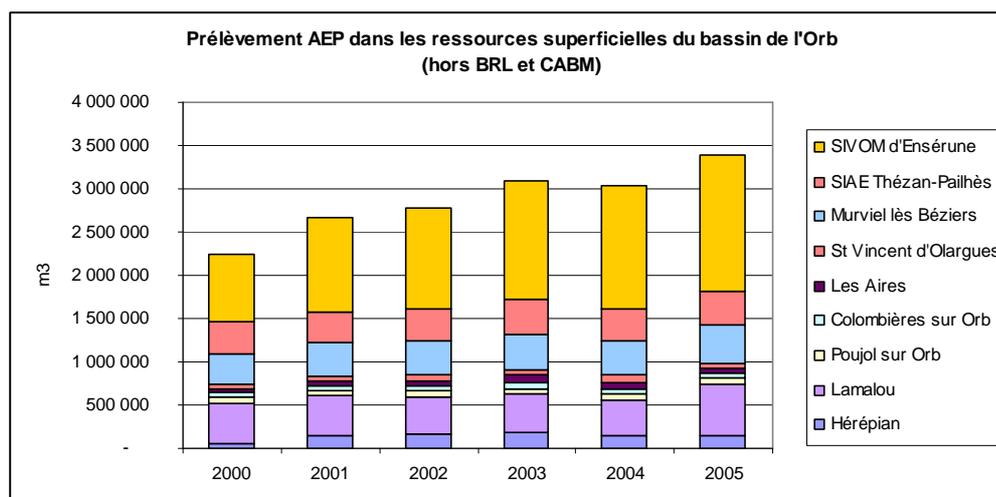
Ces systèmes peuvent avoir des enjeux forts localement, en particulier pour les affluents de l'Orb (Mare, Jaur, Vernazobre). Ils ont d'ailleurs fait l'objet d'études spécifiques ces dernières années pour chercher à réduire leur impact. A l'échelle du bassin versant, on verra ces systèmes ont poids plus faible au regard des autres prélèvements. D'après l'étude de gestion du barrage des Monts d'Orb, **les besoins des ces réseaux représenteraient environ 2 Mm<sup>3</sup> pendant l'été pour une année sèche, type 2006.**

#### LES AUTRES PRELEVEMENT POUR L'AEP

En dehors du prélèvement de Réals, les principaux prélèvements pour l'AEP sur le bassin sont ceux de la CABM. Cependant il existe de nombreux autres prélèvements réalisés dans l'Orb, ses sources ou sa nappe alluviale pour l'AEP.

**Les prélèvements nets AEP autres que BRL et CABM représentent un prélèvement d'environ 5.2 Mm<sup>3</sup>/an.** Ces prélèvements ont augmenté ces dernières années, comme illustré sur le graphe suivant.

Figure 29 : Prélèvements AEP sur le bassin de l'ORB



La CABM, créée en janvier 2002, regroupe 13 communes situées à l'ouest du département de l'Hérault : Bassan, Béziers, Boujan-sur-libron, Cers, Corneilhan, Espondeilhan, Lieuran-les-Béziers, Lignan-sur-Orb, Sauvian, Sérignan, Servian, Valras, Villeneuve-les-Béziers. Elle assure la production et la distribution d'eau potable pour ces communes, à l'exception de la commune d'Espondeilhan, desservie par le Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau de la Vallée de l'Hérault. Ce territoire (hors Espondeilhan) regroupe 105 400 habitants permanents (2004). Sa démographie est restée stable ces trente dernières années, avec une augmentation estivale de 1.6.

**La nappe alluviale de l'Orb représente 85% des ressources de la CABM.** Les points de prélèvements de la CABM dans la nappe alluviale de l'Orb sont les suivants :

- ▶ le champ captant de Carlet (8 puits),
- ▶ le Site de Rayspace (3 puits),
- ▶ le site de Tabarka (1 puits à drain rayonnant),
- ▶ un forage dans la Plaine St Pierre qui possède une DUP, mais n'est actuellement pas exploité.

Il existe par ailleurs un projet de captage dans le champ de la Barque, en amont du site de Tabarka.

Ces prélèvements ont été relativement stables ces vingt dernières années, avec un coefficient de pointe mensuel de l'ordre de 1.3. **Les prélèvements nets de la CABM dans l'Orb sont estimés à 3.7 Mm<sup>3</sup> par an pour une année sèche, type 2006.**

#### SYNTHESE DES INFLUENCES

L'Orb est donc influencé par

- ▶ les lâchers EDF
- ▶ Les prélèvements pour l'irrigation et l'AEP.
- ▶ La régulation du barrage des Monts d'Orb, qui compense la sévérité des étiages

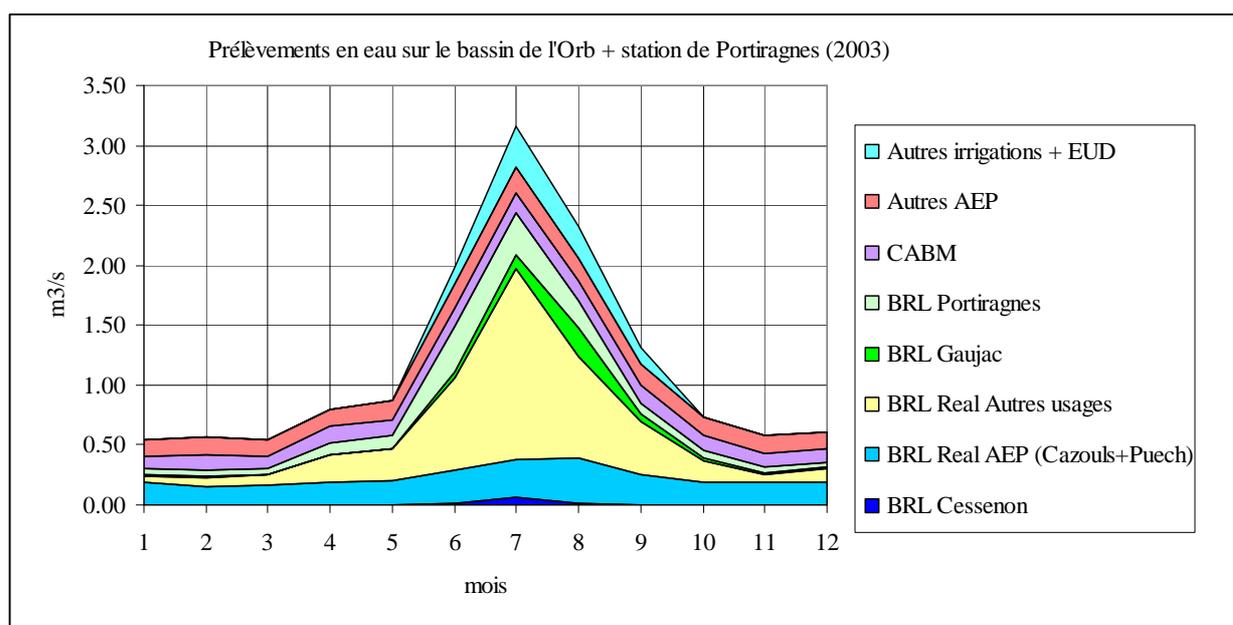
Les graphes et le tableau ci-après présentent les principaux apports et prélèvements de l'Orb (ou liés à l'Orb), pour une année très sèche, type 2003.

Ainsi, dans le tableau, le volume prélevé à la station de Réals atteint au total 19,6 Mm<sup>3</sup>, volume effectivement prélevé en 2003. En année moyenne le prélèvement est de l'ordre de 15 Mm<sup>3</sup>. La différence s'opère principalement sur le volume lié à l'irrigation.

Tableau 11 : Principaux prélèvements nets dans le bassin de l'Orb (cours d'eau et nappes alluviales) ou liés à l'Orb (Portiragnes)

Prélèvement	AEP	Autre	V annuel net	mois max (juillet)	de mai à octobre		de juin à septembre			
			m3	m3	m3	% / V annuel	m3	% / V annuel		
de la source à la mare										
ASA amont			588 700	222 307	588 700	100%	588 700	100%		
aep amont herapien			945 200	112 493	545 993	58%	390 563	41%		
la Mare										
ASA La Mare			453 300	184 810	453 300	100%	453 300	100%		
aep mare			1 803 600	214 272	1 041 582	58%	746 803	41%		
de la Mare au Jaur										
asa Lamalou			554 300	187 488	554 300	100%	554 300	100%		
aep Lamalou			750 400	88 387	431 999	58%	311 399	41%		
Le Jaur										
ASA Le Jaur			254 500	101 779	254 500	100%	254 500	100%		
St Vincent d'Olargues			868 900	104 458	500 973	58%	358 937	41%		
du Jaur aux Vernazobre										
asa Vieussan			13 200	5 357	13 200	100%	13 200	100%		
aep Vieussan			192 100	21 427	111 266	58%	79 105	41%		
BRL Cessenon			239 600	141 955	237 004	99%	226 274	94%		
Le Vernazobre										
ASA Le Vernazobre			471 900	187 488	471 900	100%	471 900	100%		
aep vernazobre			795 100	93 744	458 492	58%	327 186	41%		
du Vernazobre à Bézier										
aep cessenon			134 300	7 258	76 829	57%	55 397	41%		
prelevement supl. reals										
BRL Réals irrigation			11 358 100	3 066 768	9 590 589	84%	8 457 665	74%		
BRL Réals AEP Puech			6 627 100	940 118	4 077 856	62%	2 847 756	43%		
BRL Réals malpas+roubialias			265 000	121 824	216 493	82%	216 493	82%		
BRL Gaujac			1 829 500	404 438	1 744 143	95%	1 652 153	90%		
aep murviel + SIAE Thézan Pailhès			626 600	74 995	363 096	58%	261 256	42%		
de Bézier à la mer										
CABM			3 706 500	388 800	2 053 095	55%	1 484 900	40%		
Sivom Ensérune			1 583 600	155 520	869 307	55%	603 976	38%		
aep prelev sup bezier			121 100	7 258	71 571	59%	50 134	41%		
aep prelev sup aval Bezier			2 106 400	128 218	1 216 587	58%	870 880	41%		
Pont Rouge			4 825 300	1 047 254	3 900 248	81%	3 314 821	69%		
							part de V annuel	part de V juin à sept		
sous total BRL Réals+Cessenon+Gaujac			20 319 300	4 675 104	15 866 086	78%	13 400 342	66%	61%	59%
Portiragnes			4 825 300	1 047 254	3 900 248	81%	3 314 821	69%	14%	15%
Total Concession régionale			25 144 600	5 722 358	19 766 334	79%	16 715 163	66%	74%	74%
CABM			3 706 500	388 800	2 053 095	55%	1 484 900	40%	5%	7%
Autre			7 539 600	1 611 792	5 293 620	70%	4 438 713	59%	21%	20%
TOTAL			36 390 700	7 722 950	27 113 049	75%	22 638 776	62%	100%	100%

Figure 30 : Inventaire des principaux prélèvements dans le bassin de l'Orb (cours d'eau et nappes alluviales) ou liés à l'Orb (Portiragnes) - Débits moyens mensuels cumulés en 2003



En résumé, le **prélèvement total net** représente un prélèvement de :

- ▶ environ **36 Mm<sup>3</sup>/an**, soit un débit fictif continu de 1 200 l/s.
- ▶ environ **27 Mm<sup>3</sup> sur la période mai-octobre**, soit un débit fictif continu de 1 700 l/s,
- ▶ **3,3 m<sup>3</sup>/s en pointe** .

3 points de prélèvement représentent près de 80% des prélèvements sur le bassin. Il s'agit :

- ▶ de la station BRL de Réals, qui dessert des périmètres irrigués et deux stations AEP (Cazouls et Puech de Labade). Dans l'exemple présenté, le volume destiné à l'irrigation s'élève à 12,7 Mm<sup>3</sup> et le volume destiné à l'AEP à près de 7 Mm<sup>3</sup>. La station de Puech de Labade dessert la commune de Vendres dans l'Hérault et les communes du littoral Audois, situées en dehors du bassin versant ;
- ▶ des forages, situés dans la nappe alluviale au nord de Béziers, alimentant les réseaux AEP de la CABM (champ captant de Raysac, Carlet et Tabarka) ;
- ▶ de la prise gravitaire de Pont Rouge, situé à l'aval de Béziers. Cette prise participe à l'alimentation du canal du Midi. Elle compense (en plus d'autres injections) le débit du canal lié à la navigation et aux prélèvements, dont la station BRL de Portiragnes desservant un périmètre irrigué.

Le débit total prélevé en pointe à l'échelle du bassin atteint 3,5 m<sup>3</sup>/s.

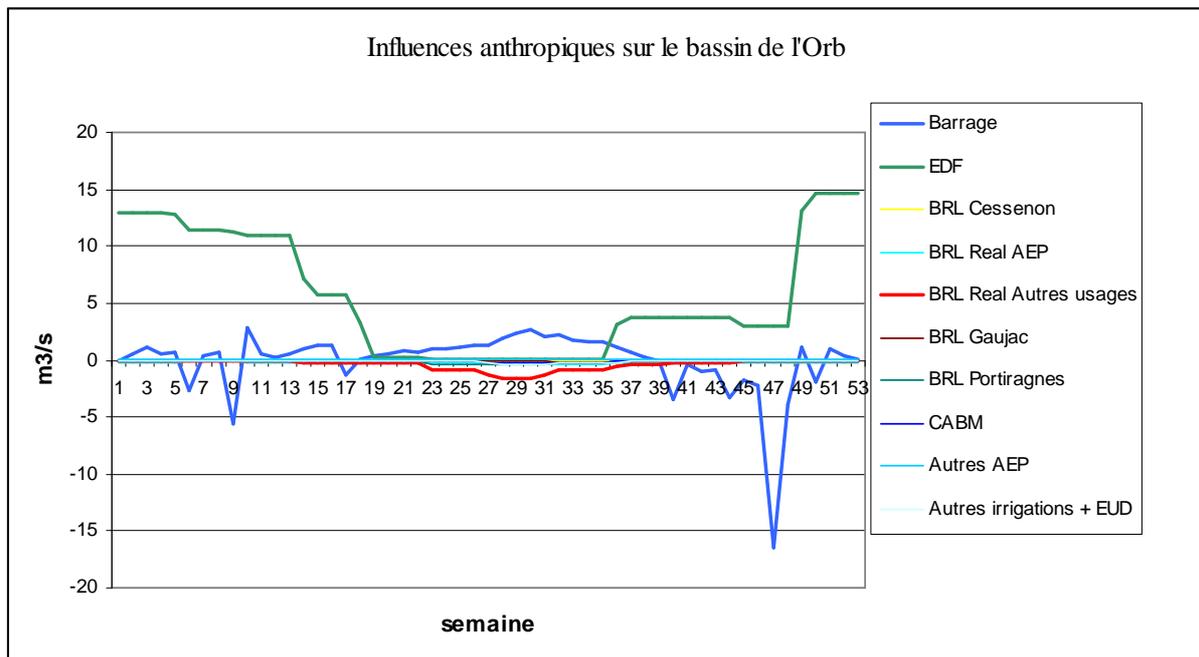
- ▶ Sur le cours principal de l'Orb : la pression effective des prélèvements sur le milieu ne peut se résumer à la soustraction des débits prélevés au débit de la rivière : l'Orb connaît des systèmes de régulation et des importations depuis le bassin atlantique qui rendent le bilan complexe. Jusqu'à Béziers, ce bilan est équilibré voire bénéficiaire du fait des réalimentations estivales. Au niveau de Béziers sont présentés ici les prélèvements nets (pompages moins les retours STEP), localement les prélèvements sur les tronçons amont de la STEP sont plus importants.
- ▶ Sur les affluents : les prélèvements, en particulier ceux liés à l'irrigation, ont des impacts locaux importants. Leur influence à l'échelle du bassin reste réduite.

**A ces prélèvements, il faut ajouter l'influence des apports EDF et du barrage.** Pour l'année 2003, les apports EDF représentent un apport de **174 Mm<sup>3</sup>**, il s'agit donc de la principale cause d'artificialisation des débits de l'Orb, en moyenne sur l'année.

En juillet 2003, les lâchers du barrage représentaient 5.7 Mm<sup>3</sup>, les lâchers EDF représentaient 0.2 Mm<sup>3</sup> et un total de 7.7 Mm<sup>3</sup> a été prélevé pour les AEP et l'irrigation. En période estivale, les prélèvements deviennent donc des causes importantes de l'artificialisation des débits.

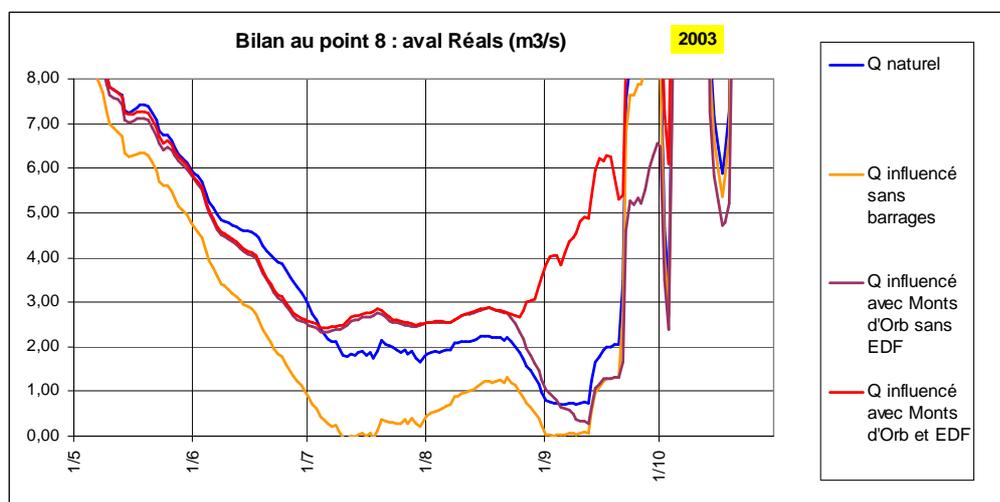
Dans les graphes ci-dessous, les prélèvements sont comptabilisés comme des valeurs négatives et les apports comme des valeurs positives.

Figure 31 : Inventaire des principales influences anthropique sur le bassin de l'Orb (cours d'eau et nappes alluviales) ou liés à l'Orb (Portiragnes) - Débits moyens hebdomadaires en 2003



Le graphe ci-après illustre (exemple pour l'année 2003) comment les lâchers EDF et le barrage des Monts d'Orb conduisent à observer dans l'Orb, au moins jusqu'à Béziers, des débits souvent supérieurs aux débits naturels.

Figure 32 : Débits journaliers naturel et influencé à l'aval de Réals - année 2003



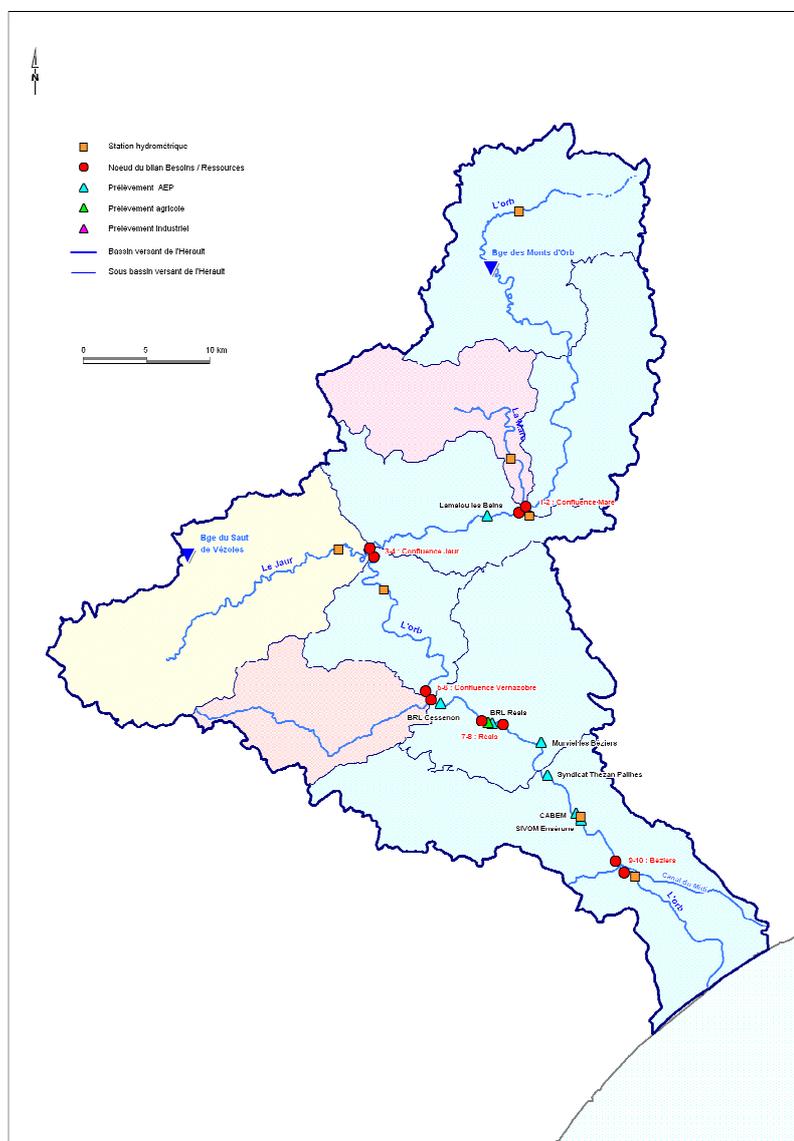
La courbe bleue indique le débit naturel reconstitué. Après soustraction des prélèvements (principalement la prise de Réals), on obtient la courbe orange. La courbe prune correspond au débit obtenu grâce au soutien d'étiage depuis le barrage des Monts d'Orb. Celle en rouge correspond au débit effectif dans le cours d'eau en intégrant en plus les lâchers EDF.

On note que:

- ▶ en juin, le débit influencé par les prélèvements est inférieur au débit naturel du cours d'eau (différence de l'ordre de 700 l/s) mais largement supérieur à ce qu'il serait sans le soutien d'étiage du barrage des Monts d'Orb (qui lâche alors en moyenne 2 m<sup>3</sup>/s) ;
- ▶ à partir de début juillet, le soutien d'étiage assuré par le barrage des Monts d'Orb devient plus important (il relâche alors en moyenne 3 m<sup>3</sup>/s, jusqu'à 4 m<sup>3</sup>/s). Le débit influencé devient supérieur au débit naturel de l'Orb (différence positive de près de 700 l/s) ;
- ▶ à partir de la fin août, les lâchers EDF, qui étaient pratiquement nuls depuis début juin (courbe prune et rouges confondues) reprennent et accroissent encore positivement la différence avec le débit naturel.

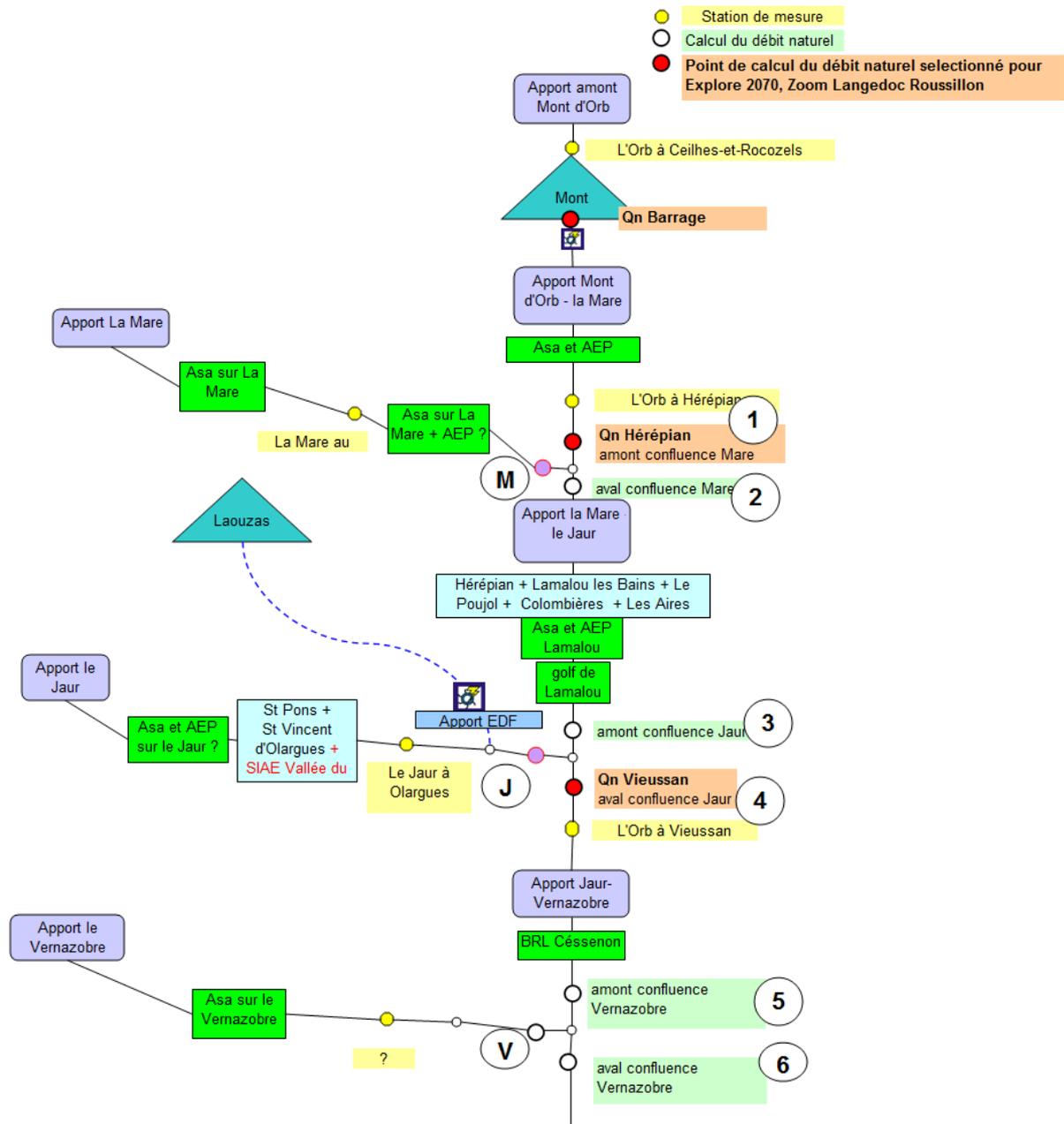
Sur la carte ci-après figurent les principales influences du bassin de l'Orb. Les points de calcul initiaux pour la naturalisation des débits sont aussi repérés ci-après.

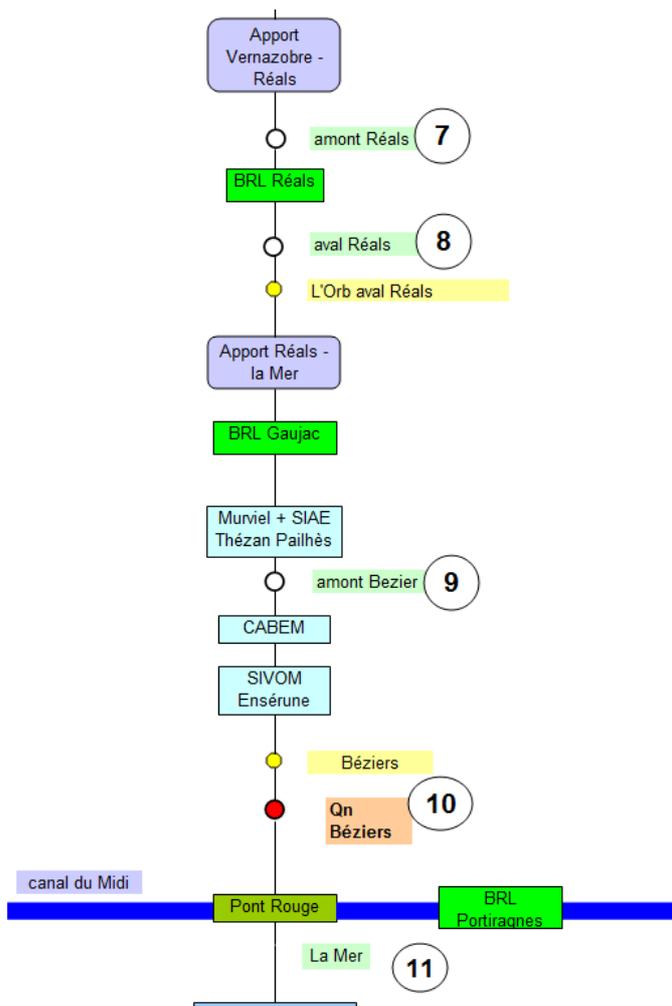
**Figure 33 : Carte du bassin de l'Orb et des principales influences anthropiques répertoriées**



## A2. Topologie de l'Orb

Figure 34 : topologie de l'Orb





### A.3. Données d'entree

Ci-après sont détaillées les données collectées lors de l'étude de gestion du barrage des Monts d'Orbe, et les calculs effectués dans ce cadre pour l'estimation des influences. On se limite à la période 1968-1990, période d'étude incluse dans la période de référence.

Stations hydrométriques, lâchers EDF et apport du barrage : les données disponibles utilisées pour la reconstitution des débits sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 8 : Données hydrométriques disponibles pour la période 1968-1990 pour le bassin de l'Orb

N° et nom de la station DIREN	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
y2504010_Ceilhes																							
Y2504020_Truscas_old																							
Y2504030_Truscas																							
Y2514010_Boubals																							
Y2514020_Herepian																							
Y2554010_Vieussan																							
Y2584010_Béziers																							
Y2525010_LA_MARE_Le_Pradal																							
Y2545030_LE_JAUR_La_Trivalle																							
Y2545020_LE_JAUR_Olargues																							
Y2565210_LE_VERNAZOBRE_Poussaro																							
Y2565010_LE_VERNAZOBRE_Malibert																							
Y2575410_LE_RIEUTORD																							
Y2576010_LE_TAUROU																							
Apports et lâchers du barrage d'Avène																							
Apports EDF (Montahut) au Jaur																							

Pour les lâchers EDF, une demande, relayée par le SMVO, a été faite auprès d'EDF dans le cadre de l'étude pour disposer des séries historiques d'apports au Jaur depuis le bassin atlantique (turbinage à l'usine hydroélectrique de Montahut) au pas de temps journalier. Cette demande est restée sans réponse à ce jour. Les données mensuelles dont dispose le SMVO ont donc été utilisées dans le modèle. (La valeur journalière est prise égale à la moyenne journalière mensuelle).

Les apports EDF constituent un élément important d'artificialisation du débit de l'Orb et l'absence de données au pas de temps journalier pèse dans la précision de notre approche.

Prélèvements compensés par le barrage : BRL dispose des données de prélèvements aux pas de temps mensuels ou hebdomadaire selon les périodes. Ces données sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Tableau 9 : Données disponibles pour les prélèvements du réseau BRL sur l'Orb

Stations	Données sources disponibles (BRL)
Cessenon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prélèvements au pas de temps mensuel de 1990 à 2007</li> <li>- Prélèvements au pas de temps hebdomadaire de 2002 à 2007</li> <li>- Débits souscrits et volumes distribués par usage de 1983 à 2007</li> </ul>
Réal et Gaujac	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prélèvements de Réals dans l'Orb au pas de temps mensuel de 1969 à 2007</li> <li>- Prélèvements de Réals dans l'Orb au pas de temps hebdomadaire de 2001 à 2007</li> <li>- Prélèvements de Gaujac dans l'Orb au pas de temps mensuel de 1990 à 2007</li> <li>- Débits souscrits et volumes annuels distribués par usage sur les réseaux liés à Réals et Gaujac de 1983 à 2007</li> <li>- Volumes mensuels sortant de la station AEP de Cazouls-les-Béziers de 1997 à 2007</li> <li>- Volumes mensuels sortant de la station AEP de Puech de Labade de 1994 à 2007</li> </ul>
Portiragnes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prélèvement de Portiragnes dans le canal du Midi au pas de temps mensuel de 1990 à 2007</li> <li>- Prélèvement de Portiragnes dans le canal du Midi au pas de temps hebdomadaire de 2001 à 2007</li> <li>- Débits souscrits et volumes annuels distribués par usage de 1983 à 2007</li> </ul>

Autres prélèvements AEP :

Pour les autres prélèvements AEP, BRL a collecté des données de prélèvements à pas de temps mensuels. Ces données sont répertoriées ci-après.

Tableau 10 : Données disponibles pour les autres prélèvements AEP sur l'Orb

Prélèvements	Données sources disponibles (BRL)
Prélèvements AEP, hors CABM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données issues des fichiers Redevance de l'Agence de l'Eau, Les données en ligne sont disponibles au seul pas de temps mensuel. Nous les avons complétées par un relevé manuel des volumes mensuels auprès des services de l'Agence de l'Eau.</li> <li>- Données issues de l'étude de définition des débits d'étiage de référence en cours de Réalisation</li> </ul>
Prélèvements CABM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CABM – Schéma directeur d'eau potable – 2004 – SOGREAH,</li> <li>- SMETA – Schéma d'alimentation en eau de la nappe astienne – 2006 – BRLi.</li> <li>- SMVO – étude DER – 2009 - Ginger</li> </ul>

Autres prélèvements agricoles : réseaux gérés par des ASA ou par des privés

Les données disponibles pour évaluer les prélèvements de ces structures sont faibles. Les données Agence de l'Eau disponibles font état d'un prélèvement global de 550 000 m<sup>3</sup>. Ce chiffre est à prendre avec beaucoup de précautions. Il s'agit en fait le plus souvent de système gravitaire difficiles à appréhender.

Afin de préciser ces besoins, une analyse a été effectuée à l'aide des surfaces irriguées connues et des types de culture rencontrés. Les données fournies ci après proviennent en partie de l'étude Ginger.

Trois catégories de cultures ont été retenues : Vigne, agricole et jardin.

Pour chaque tronçon modélisé, les surfaces irriguées pour chacun de ces types ont été recherchées, les résultats sont les suivants :

	amont Hérépian	BV de la Mare	plaine de l'Orb entre Hérépian et le Jaur	BV du Jaur	entre le Jaur et le Vernazobre	BV du Vernazobre
superficie agricole (ha)	93	17	77	37	1	8
superficie vigne (ha)	17	1	20	0	6	34
superficie jardin (ha)	0	45	0	5	0	47

La consommation nette de ces cultures à l'échelle des bassins versants est la suivante (m<sup>3</sup>/ha) :

mois	agricole	vigne	jardin
6	863	188	881
7	2300	500	2350
8	1725	375	1763
9	863	188	881

Cette consommation tient compte du besoin des plantes et des pertes dans les réseaux (choisies à 125%).

Afin de moduler ces consommations au cours du temps, l'évolution des surfaces irriguées du RGA a été utilisée.

année	surface irriguées (ha)
2000	42 984
1988	43 333
1979	46 845

Les coefficients suivants ont été utilisés :

année	amont Hérépian	BV de la Mare	plaine de l'Orb entre Hérépian et le Jaur	BV du Jaur	entre le Jaur et le Vernazobre	BV du Vernazobre
1968	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1969	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1970	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1971	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1972	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1973	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1974	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1975	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1976	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1977	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1978	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1979	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
1980	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
1981	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
1982	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
1983	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
1984	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
1985	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
1986	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
1987	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
1988	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
1989	1	1	1	1	1	1
1990	1	1	1	1	1	1
1991	1	1	1	1	1	1
1992	1	1	1	1	1	1
1993	1	1	1	1	1	1
1994	1	1	1	1	1	1
1995	1	1	1	1	1	1
1996	1	1	1	1	1	1
1997	1	1	1	1	1	1
1998	1	1	1	1	1	1
1999	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1
2001	1	1	1	1	1	1
2002	1	1	1	1	1	1
2003	1	1	1	1	1	1
2004	1	1	1	1	1	1
2005	1	1	1	1	1	1
2006	1	0.49	1	1	1	1
2007	1	0.49	1	1	1	1

Il est à noter que ces coefficients tiennent compte seulement de l'évolution des surfaces irriguées et pas de la climatologie, ils permettent donc de trouver une estimation moyenne traduisant les prélèvements mais pas précisément les besoins de chaque année.

Pour une année type 2006, ces besoins représenteraient donc environ 2 Mm<sup>3</sup> pendant l'été.

La majeure partie des données utilisées sont donc des données au pas de temps mensuel, utilisées pour reconstituer des débits journaliers. Des corrections ont été apportées pour maintenir les valeurs des débits calculés cohérentes et toujours positives.

Dans le cadre de l'étude de gestion du barrage des Monts d'Orb, la reconstitution des débits a été calculée aux 11 points signalés sur le schéma de la typologie, présenté plus haut. Le détail du calcul à chaque point est présenté ci-après.

## A.4. Désinfluencement aux points d'étude

### A.4.1 Détail des calculs

On détaille ici les calculs effectués à chaque point d'étude sélectionné :

#### **POINT 1 : ENTREE DU BARRAGE DES MONTS D'ORB**

Cette entrée est déterminée par différence entre la variation de stock du barrage et ses sorties.

#### **POINT 2 : HERAPIAN**

Les données à la station de Hérépian sont disponibles de 1968 à 2007 avec quelques lacunes limitées. Ces lacunes sont complétées sur la base de la corrélation observée avec la station de Vieussan dont le coefficient est acceptable ( $R^2 = 0.77$ ).

Le débit naturel reconstitué à Hérépian  $Q_n$  est calculé à partir du débit mesuré  $Q_{mes}$  par la formule :

$$Q_n = Q_{mes} - Q_{out\ barrage\ Monts\ d'Orb} + Q_{in\ barrage\ Monts\ d'Orb} + \text{prélèvements ASA et AEP amont}$$

#### **POINT 3 : VIEUSSAN (AVAL CONFLUENCE JAUR)**

Les débits sont disponibles depuis 1956. Le débit à cette station est influencé à la fois par le barrage des Monts d'Orb (depuis 1965) et les lâchers en provenance de la centrale de Montahut (depuis 1966) (eau provenant du bassin versant atlantique).

Le débit naturel à Vieussan est calculé à partir du débit mesuré par la formule :

$$Q_n = Q_{mes} - Q_{out\ barrage\ Monts\ d'Orb} + Q_{in\ barrage\ Monts\ d'Orb} - Q_{out\ Montahut} + \text{prélèvements ASA et AEP amont}$$

A ce stade, on ne dispose pas de données journalières pour les débits issus de l'usine EDF de Montahut mais seulement de débits mensuels qui ont été « journalisés ».

#### **POINT INTERMEDIAIRE : LE DEBIT ENTRE LE VIEUSSAN ET REALS**

La station à l'aval de Réals est trop récente pour l'utiliser. On réalise donc une estimation du débit par une estimation des apports intermédiaires entre Vieussan et Réals basée sur une analyse des surfaces de bassins versants.

Les débits de la station de Barrac sur le Rieutord ont été comparés aux  $Q_n$  de Vieussan sur les quatre années communes on en déduit le ratio :  $Q_n\ Barrac = Q_n\ vieussan * 0,0027$ . le débit entre le Vieussan et Réals (hors BV du Vernazobre) est ensuite estimé ainsi :

$$Q_n\ BV\ Vieussan-Réals = Q_n\ Barrac * (S\ BV\ Vieussan-Réals / S\ Barrac)^{0,8} = 0,034\ Q_n\ Vieussan$$

Une puissance 0,8 a été appliquée sur le ratio des surfaces car la station de Barrac se situe en amont du BV (généralement plus producteur).

#### POINT 4 : BEZIERS AMONT CANAL DU MIDI

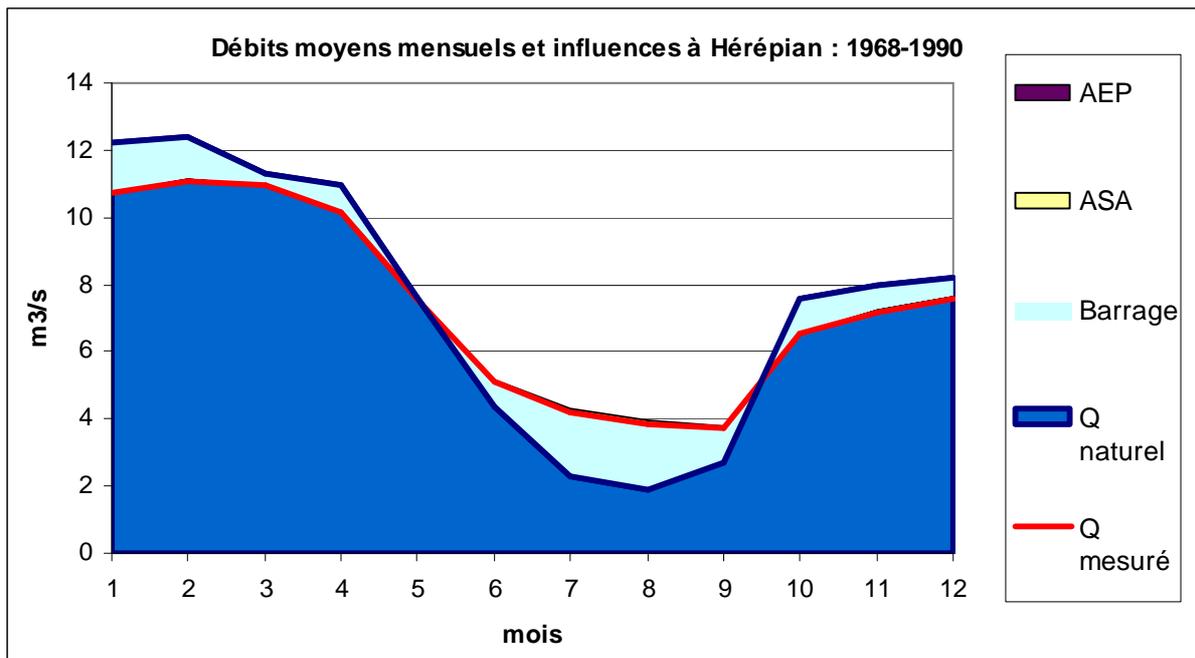
La station de Tabarka étant trop imprécises en étiage, on réalise donc une estimation du débit par une estimation des apports intermédiaires entre Réals et la mer basée sur une analyse des surfaces de bassins versants :

$$\begin{aligned} Q_n \text{ Réals-mer} &= Q_n \text{ BV Vioussan-Réals} * S \text{ Réals-mer} / S \text{ BV Vioussan-Réals} \\ &= 0,98 * Q_n \text{ BV Vioussan-Réals} \end{aligned}$$

#### A.4.2 Analyse

A l'issue de ces calculs, on a déterminé les débits naturels à chaque point d'étude. Pour chaque station hydrométrique, on analyse ci-après les différences entre débits influencés et débits naturels. Les débits moyens mensuels et les différentes influences sont quantifiés en chaque point, pour la période 1968-1990. L'analyse comparée des hydrogrammes des débits naturalisés et influencés, au pas de temps journalier, complète cette présentation.

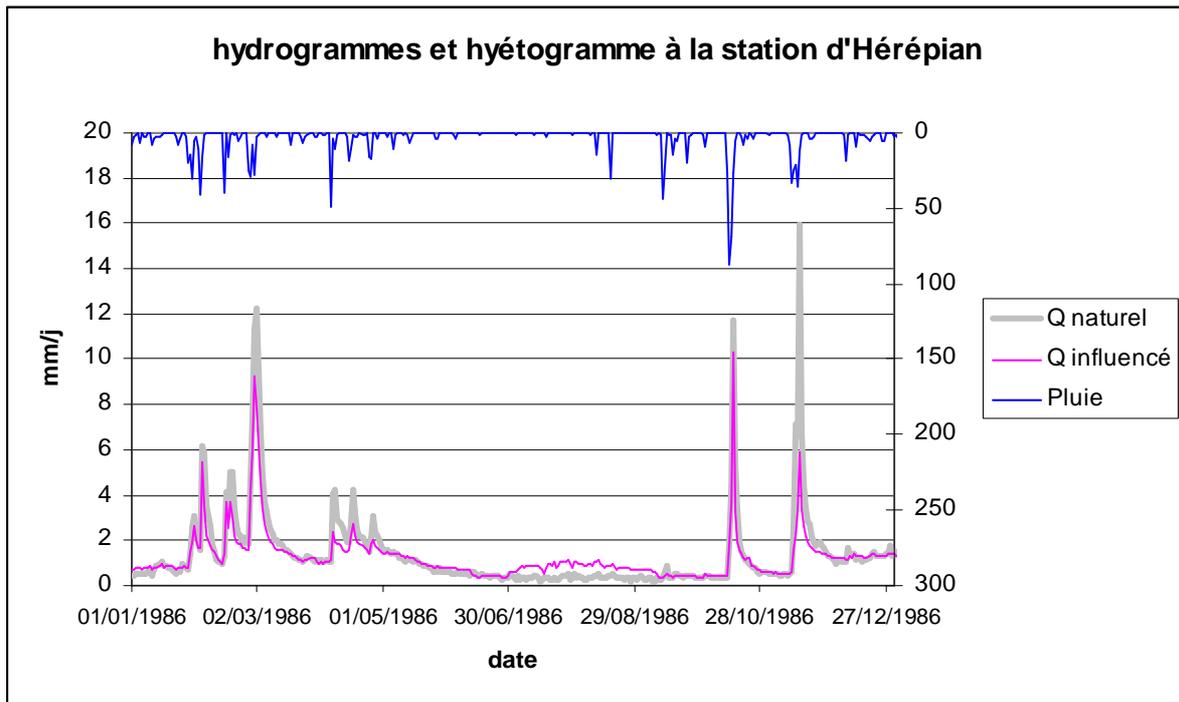
#### STATION D'HEREPIAN



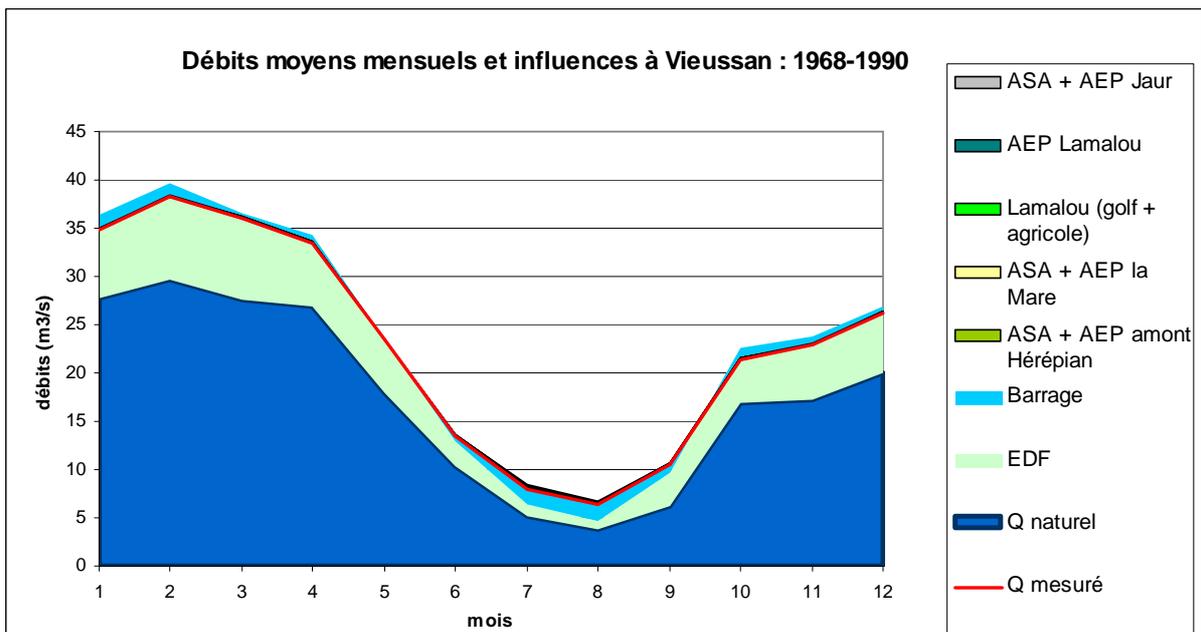
À la station d'Hérépian, la principale cause d'artificialisation du débit sont le stockage et les lâchers du barrage des Monts d'Orb. On constate que le débit est fortement soutenu en été. En période estivale, le barrage apporte environ 2m<sup>3</sup>/s au débit naturel moyen mensuel.

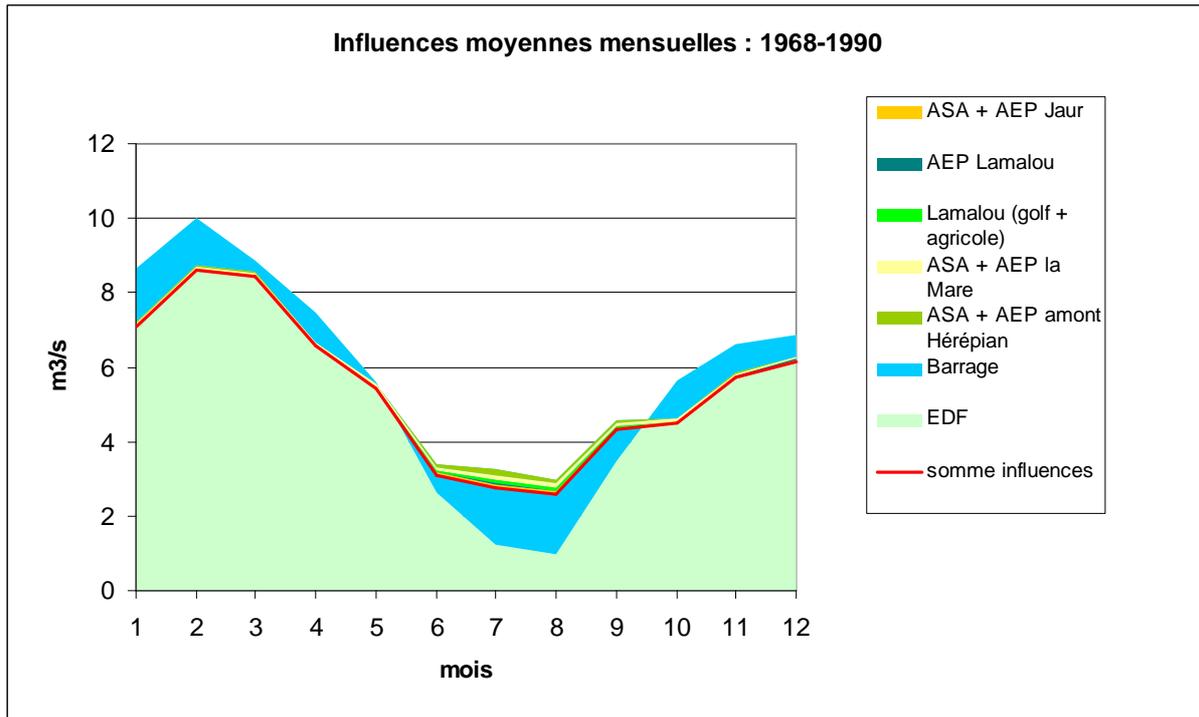
Comme on le voit dans le graphe suivant, qui présente les débits journaliers pour l'année 1986, la différence entre débit naturel et débit influencé est donc marquée :

- ▶ en étiage, du fait du soutien d'étiage dû au barrage
- ▶ lors des crues, du fait de l'atténuation des crues par le barrage



### STATION DE VIEUSSAN

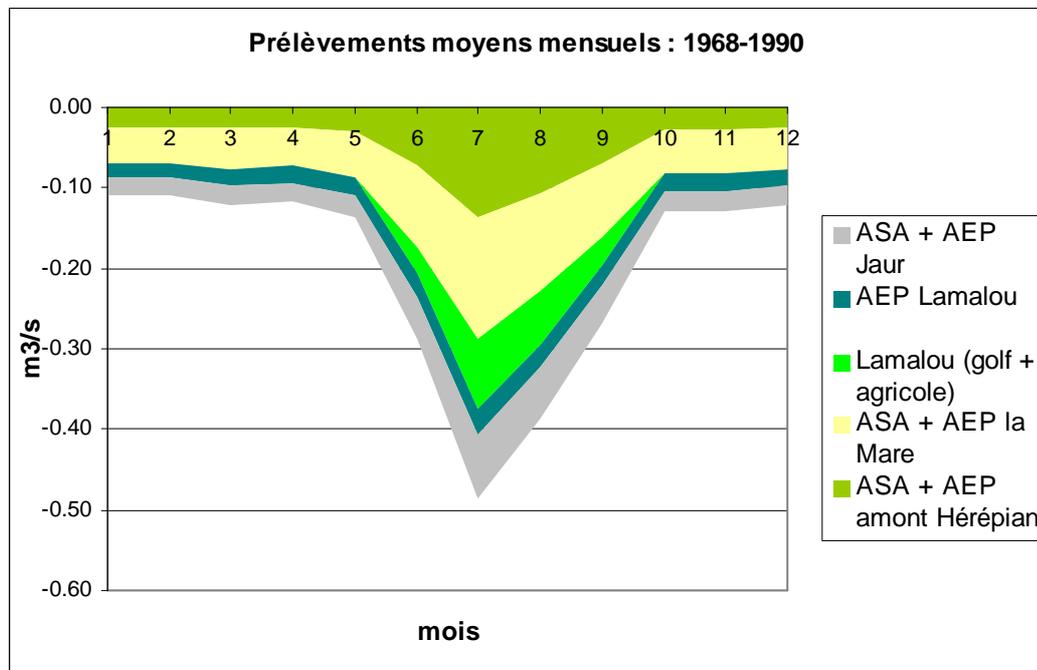
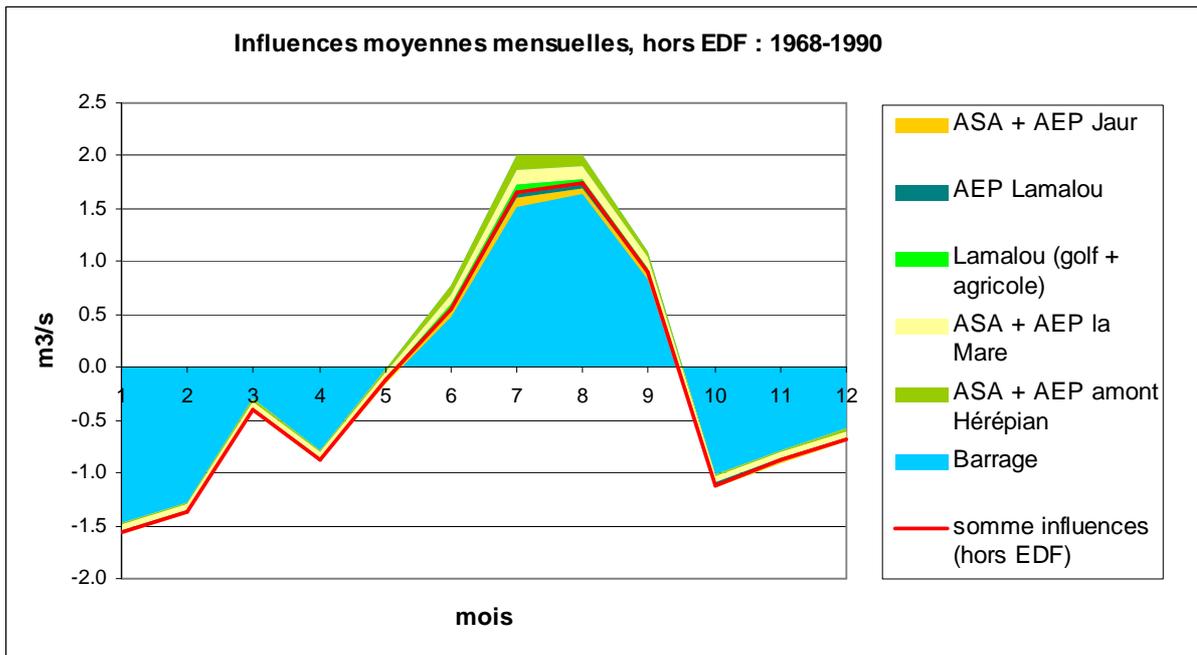




A la station de Vieussan, les deux principales sources d'artificialisation du débit sont les lâchers d'EDF dans le Jaur et le fonctionnement du barrage.

Entre novembre et avril, les lâchers EDF représentent 90% de l'influençement des débits à la station de Vieussan. Pendant cette période, l'augmentation moyenne du débit due aux lâchers EDF est de l'ordre de  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le stockage du barrage et les divers prélèvements amont compensent une partie de ces lâchers : la différence entre le débit mesuré moyen et le débit naturel moyen est de l'ordre de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

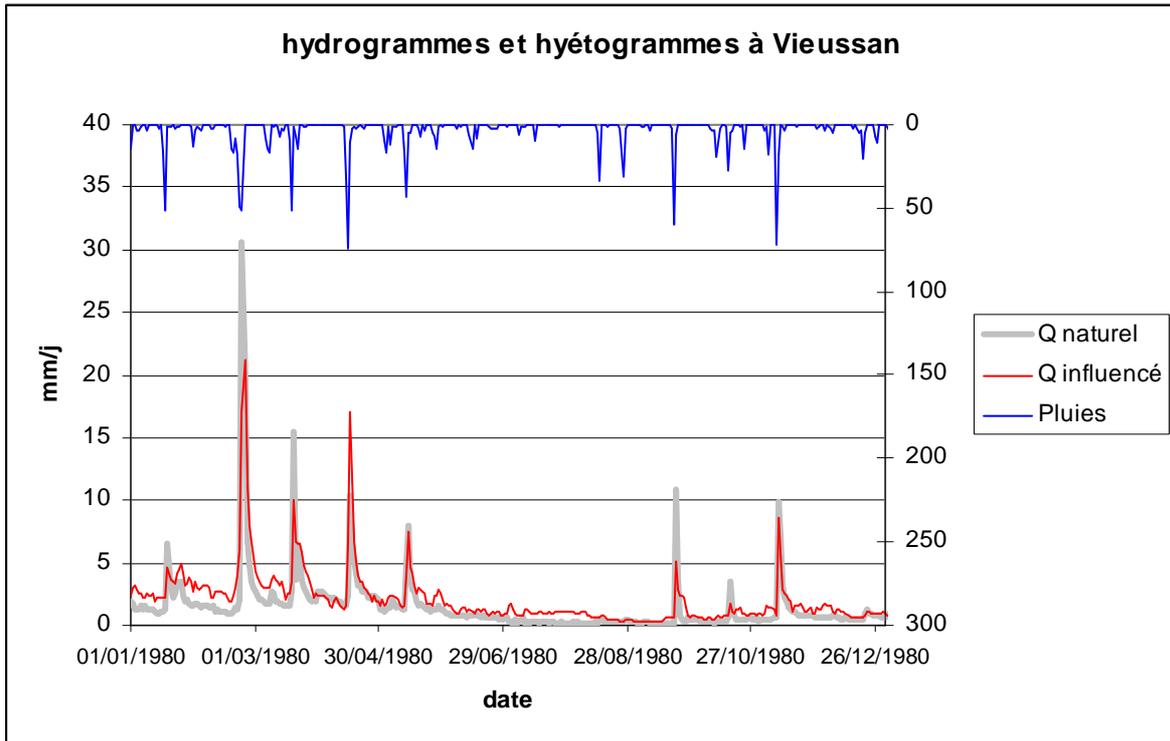
En période estivale, les lâchers EDF sont faibles, les lâchers du barrage sont alors la principale cause d'artificialisation des débits: ils représentent environ 55% de l'influençement des débits pour la période juillet-août. Pendant cette période, la différence entre le débit mesuré moyen et le débit naturel moyen est de l'ordre de  $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ .



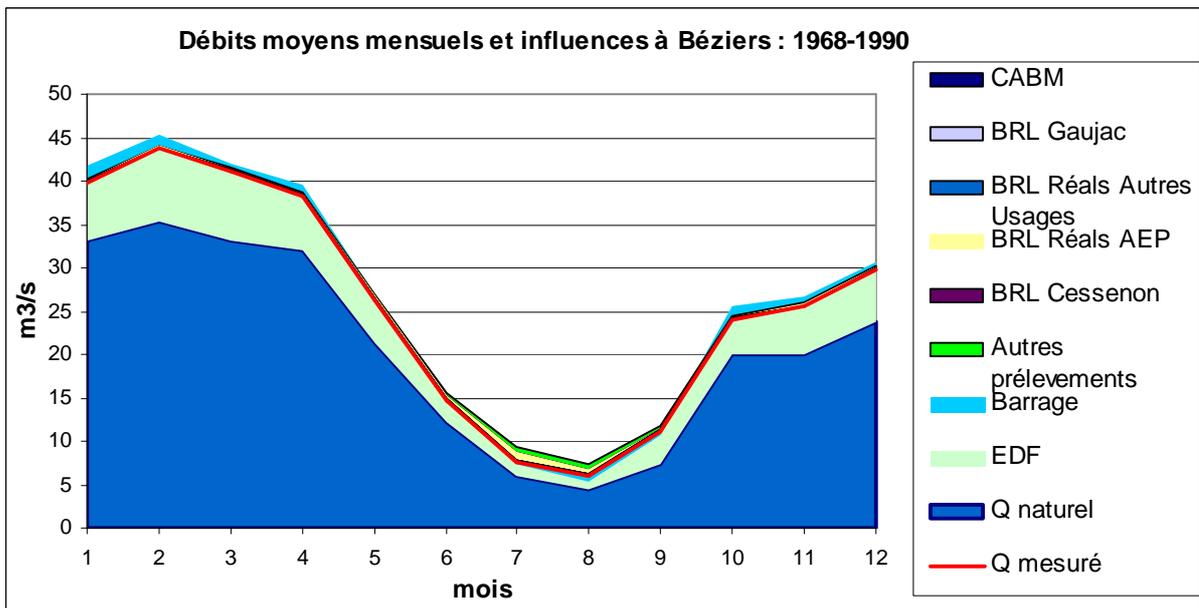
D'octobre à avril, les prélèvements ont une influence faible sur les débits : ils représentent moins de 2% de l'influencement du débit moyen. En juillet et août, ils ont une influence importante sur le débit naturel. Ils représentent pour cette période 12% de l'influencement, et une diminution du débit naturel moyen de l'ordre de  $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

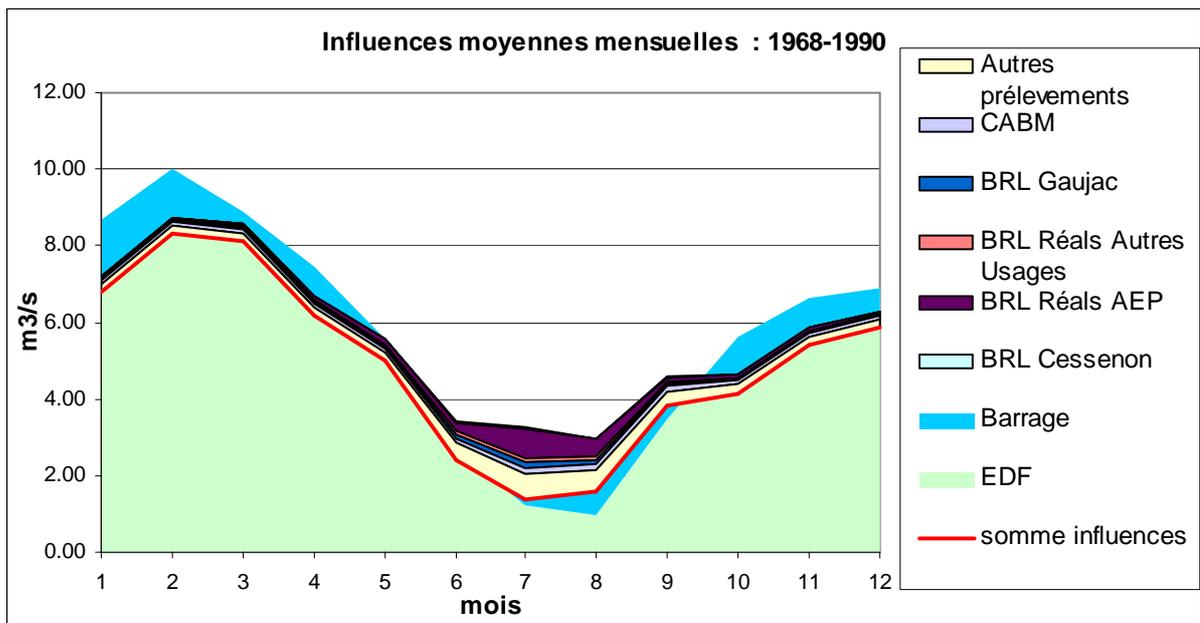
Comme on le voit dans le graphe suivant, qui présente les débits journaliers pour l'année 1980, la différence entre débit naturel et débit influencé est donc marquée :

- ▶ en hivers, du fait des lâchers EDF
- ▶ lors des crues, du fait de l'atténuation des crues par le barrage
- ▶ en étiage, du fait du soutien d'étiage dû au barrage



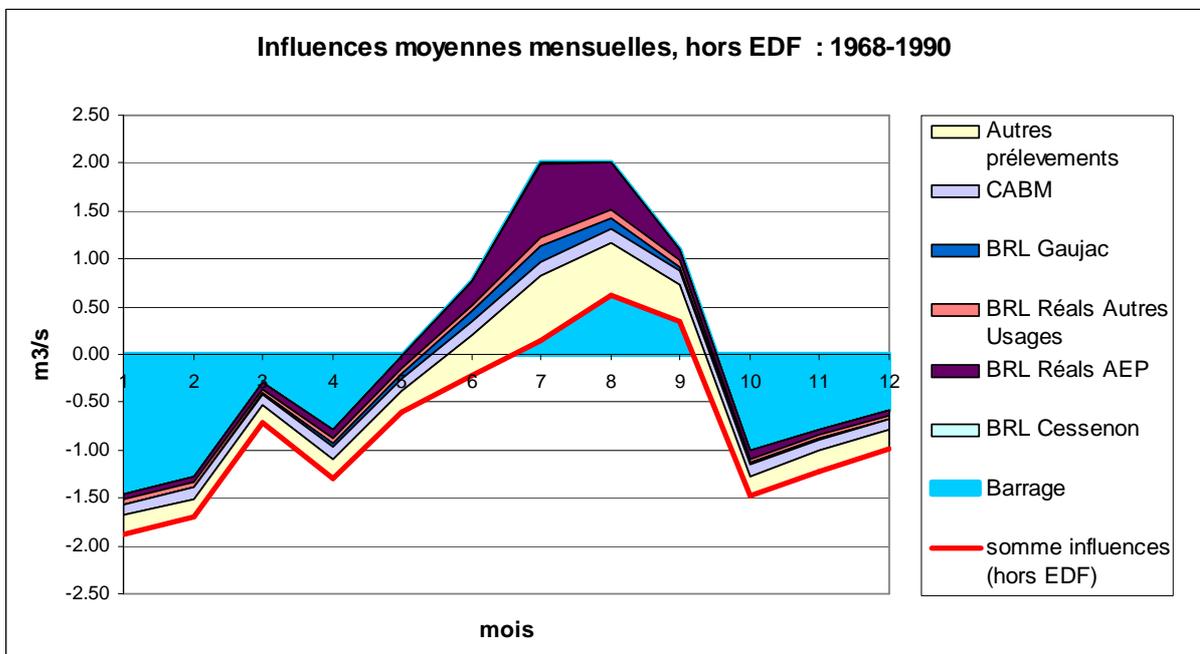
**STATION DE BEZIERS**

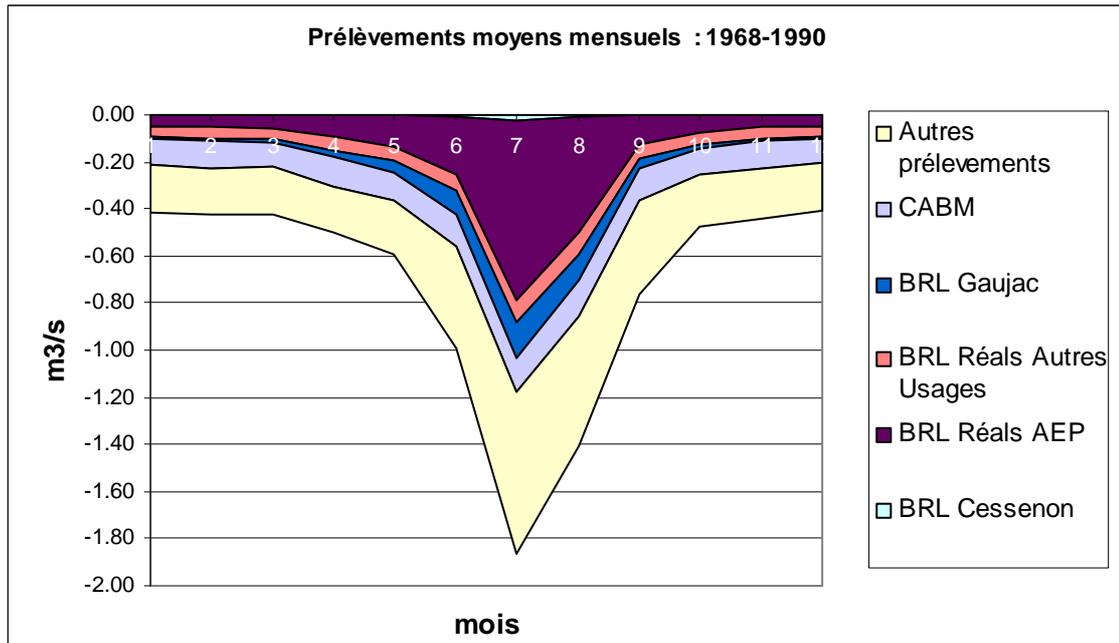




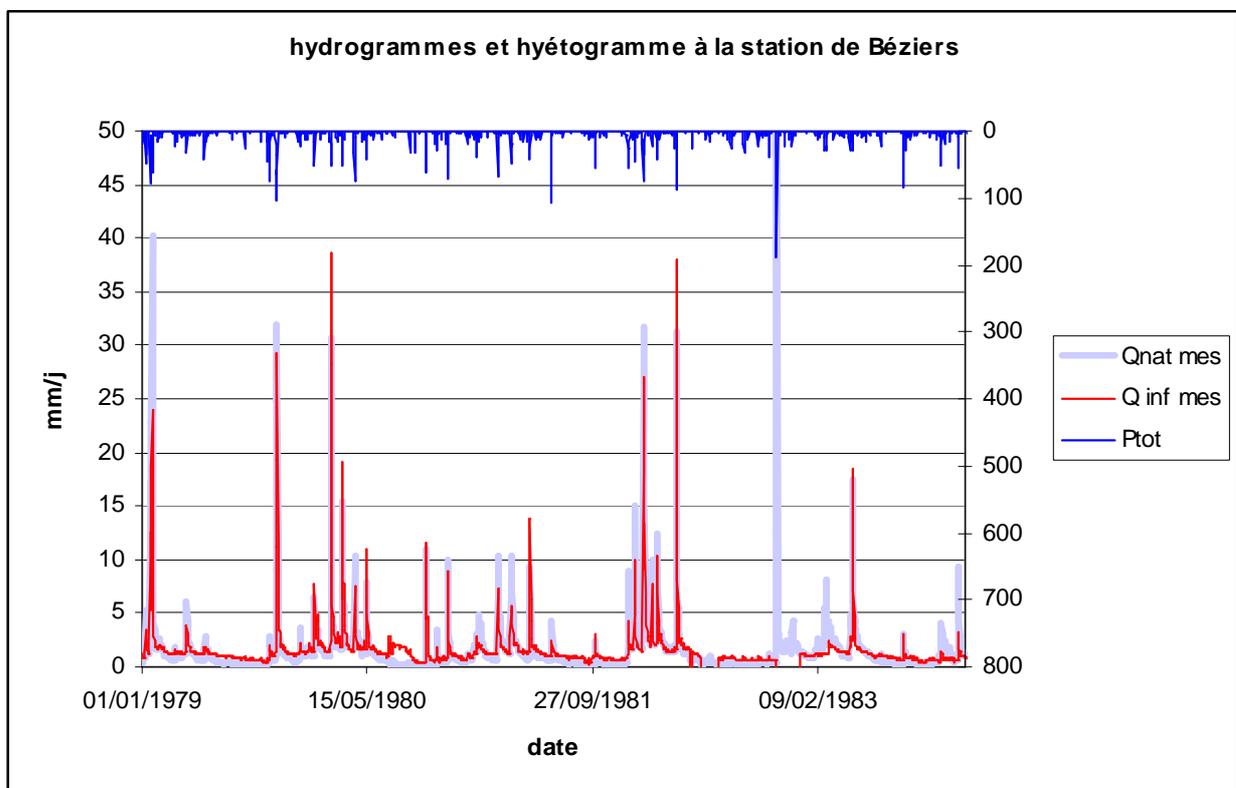
D'octobre à mai, la principale cause d'artificialisation des débits à Béziers sont les lâchers EDF. Sur cette période, ils représentent en moyenne 86% de l'influencement des débits, et une augmentation du débit naturel de l'ordre de  $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pour cette période, l'influence nette totale est en réalité de  $6.2 \text{ m}^3/\text{s}$  en moyenne, puisque le stockage du barrage et les prélèvements compensent une partie des lâchers d'EDF.

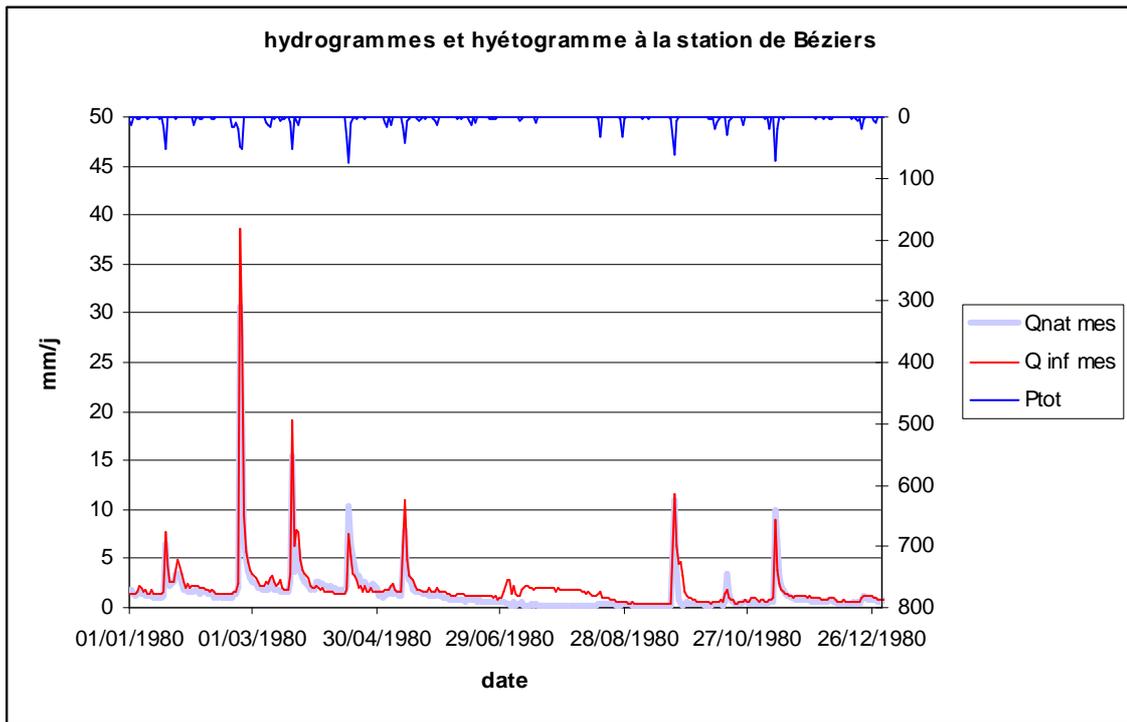
D'avril à août, les moyennes mensuelles des prélèvements et des lâchers du barrage se compensent en grande partie, et les lâchers d'EDF sont minimum : c'est la période pour laquelle la somme des influences anthropiques est la plus faible. La différence entre le débit mesuré moyen et le débit naturel moyen est de l'ordre de  $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ .





Les influences à la station de Béziers sont de même nature qu'à la station de Vieussan, la principale différence étant que les prélèvements en été sont beaucoup plus importants. Le graphe suivant présente les débits journaliers pour l'année 1980, influencés et naturalisés. Comme expliqué précédemment, les débits naturalisés à Béziers n'ont pas été calculés directement à partir de la station de Béziers, compte tenu de la faible qualité de celle-ci.





## **Annexe 2**

# **Principales influences anthropiques sur le bassin de l'Hérault et naturalisation des débits de l'Hérault**



## B.1. Principales influences anthropiques

On peut retenir les 4 idées principales détaillées ci-après :

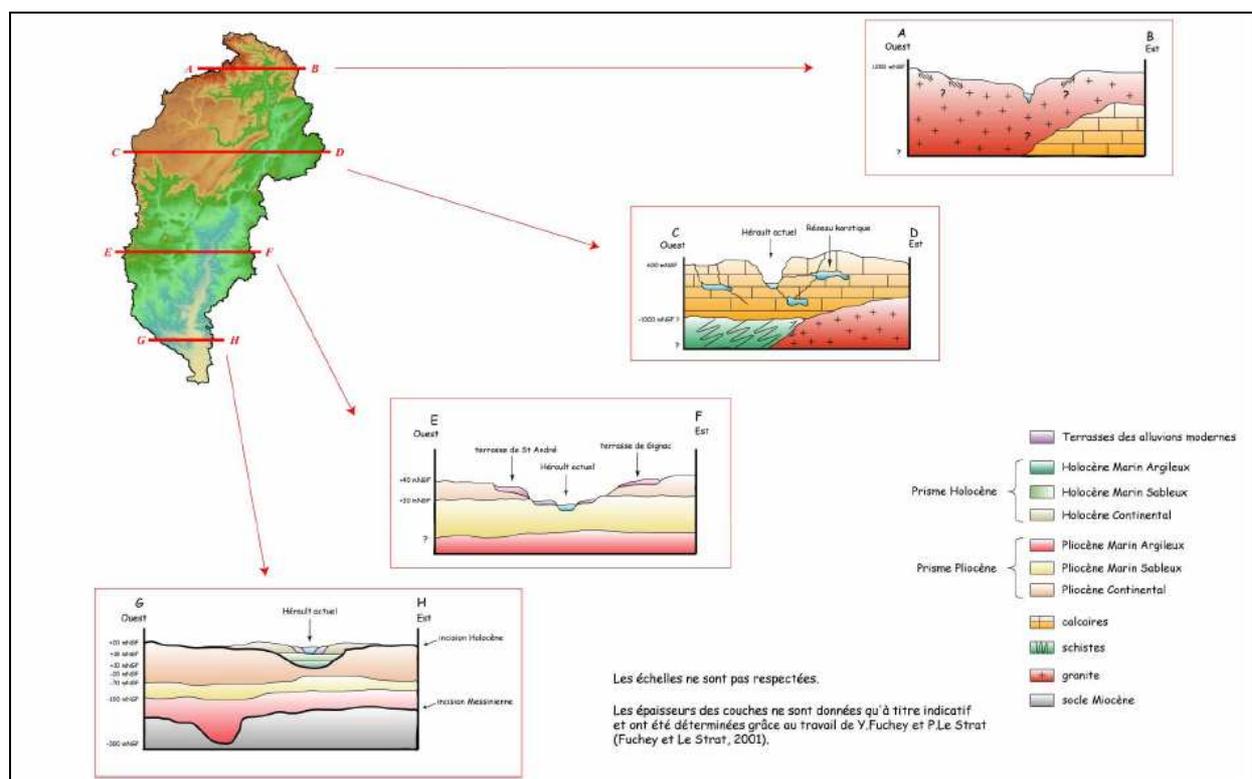
- ▶ l'Hérault et sa nappe alluviale constitue un hydrosystème pratiquement unique,
- ▶ le fleuve connaît des étiages sévères,
- ▶ la régulation de la ressource à l'échelle du bassin versant reste limitée,
- ▶ 3 points de captages représentent l'essentiel des prélèvements à l'échelle du bassin versant.

La plupart des éléments présentés dans cette partie sont extraits de l'étude d'opportunité du projet AQUA 2020.

### L'HERAULT ET SA NAPPE ALLUVIALE CONSTITUE UN HYDROSYSTEME PRATIQUEMENT UNIQUE

Les interactions entre les écoulements souterrains et superficiels sont extrêmement complexes sur le bassin. Les diagrammes ci-après illustrent les types de lien selon les grands domaines traversés.

Figure 35 : Types de lien selon les grands domaines traversés



Source : « Mise en œuvre de différentes méthodes de modélisation hydrologique : modèle global, modèle maillé. Application au bassin versant de l'Hérault ».

- ▶ Dans la partie « socle » les nappes restent d'importance limitées.

- Dans la partie karstifiée, les écoulements souterrains peuvent être très importants. Globalement, cette partie s'étend du pied des Cévennes (Ganges) au Pont du diable, au débouché des gorges du fleuve. Les sources les plus importantes se situent en amont de Saint Guilhem le Désert : source des Fontanilles et source des Cent Fonts.

La source des Cent Fonts se situe en rive droite. La surface de son bassin d'alimentation est de 45 km<sup>2</sup>. Il est situé entre les vallées de la Buège et de l'Hérault. La source des Fontanilles (rive gauche) est l'un des exutoires majeurs du Causse de Viols-le-Fort au nord de Montpellier. Son bassin d'alimentation est 18 km<sup>2</sup>.

- La partie alluviale est le siège d'un écoulement souterrain dont l'importance va croissante vers l'aval. On distingue les alluvions anciennes (aquifère 334b1) et les alluvions récentes (aquifère 334a et 334b2).

Carte 2 : Zoom sur la nappe alluviale du fleuve Hérault



Les premières constituent un système de terrasses alluvionnaires superposées, situées à l'amont de Pézenas. Perchées, elles ne sont pas en lien hydraulique direct avec le fleuve.

Les secondes existent sur un tronçon de la partie amont (de Ganges à St Bauzille de Putois) et deviennent prépondérantes au droit de Cazoul d'Hérault (quelques km en amont de Pézenas).

Selon l'atlas hydrogéologique régional, la nappe repose généralement sur des limites étanches. Il existe cependant quelques liens, en particulier, avec les sables astiens qui alimentent la nappe en aval de Florensac par drainage verticale ascendante. En dehors de ces échanges, l'alimentation de la nappe est principalement assurée par les transferts fleuve/nappe en période de crue et au droit des stations de pompage. L'apport du fleuve à la nappe diminue de l'amont vers l'aval, alors que sa productivité est croissante, notamment en raison de l'augmentation de l'épaisseur de l'aquifère. L'aquifère devient captif au niveau de l'embouchure et ne semble alors plus connecté avec le fleuve.

**En conclusion les liens directs existant entre le fleuve Hérault et ses alluvions récentes conduiront à les considérer ici comme un hydrosystème unique.**

#### L'HERAULT CONNAIT DES ETIAGES SEVERES LIES AU CLIMAT ET AUX PRELEVEMENTS

Les débits influencés sont inférieurs aux débits naturels.

Le tableau suivant compare, en différents points, les débits naturels du fleuve (débit sans prélèvement et sans régulation) avec les débits influencés par les prélèvements actuels et la régulation (influence des barrages du Salagou et des Olivettes). Ces résultats sont issus des études « BRL2016 ».

Tableau 12 : Comparaison des VCN 30 (5 ans sec) naturels et influencés en des points clés du bassin de l'Hérault

n° point		VCN 30 de temps retour 5 ans sec (m3/s)		
		Débit naturel	Débit influencé	Différence
1	amont confluence avec la Vis	0,72	0,72	0%
V	la Vis à St Laurent le Minier	1,50	1,50	0%
2	aval Ganges (Laroque)	2,17	2,14	-1%
3	amont prise de l'ASA de Gignac	2,69	2,66	-1%
4	aval prise ASA de Gignac	2,69	1,16	-57%
5	amont confluence Lergue	2,69	1,82	-32%
L	la Lergue	1,55	1,08	-31%
6	aval confluence Lergue	4,53	3,74	-17%
7	Aspiran	4,53	3,81	-16%
8	amont confluence Peyne	4,53	3,56	-21%
10	amont SIBL	4,53	3,54	-22%
11	Agde	4,53	2,51	-45%

La différence entre le régime naturel et le régime influencé du fleuve est manifeste à partir du point 4, c'est-à-dire à l'aval de la prise de l'ASA de Gignac. On détaille plus bas les différents prélèvements.

#### LES BARRAGES DES OLIVETTES ET DU SALAGOU : UNE REGULATION LIMITEE

Le bassin comprend deux barrages régulateurs : les Olivettes et le Salagou qui contrôlent respectivement 29,5 et 75 km<sup>2</sup>, soit au total 4% de la surface totale du bassin.

Cette surface reste limitée, mais les volumes en jeu, pour le barrage du Salagou, confère à cet ouvrage une vocation importante pour participer au contrôle de la ressource en eau dans la basse vallée de l'Hérault.

### Le barrage des Olivettes

Le barrage des Olivettes, situé en amont du bassin de la Peyne, a été mis en eau en 1989. Son volume total s'élève à 4,1 millions de m<sup>3</sup>. Il répond à une double vocation: écrêtement des crues et confortement des ressources en eau de la vallée de la Peyne. **Le débit réservé à l'aval du barrage stipulé par le règlement d'eau s'élève à 24 l/s. Le débit relâché en été se situe entre 50 et 150 l/s** selon les besoins en eau de l'ASA de Belles-Eaux située à son aval.

### Le barrage du Salagou

Le barrage du Salagou est situé sur l'affluent éponyme de la Lergue, sur la commune de Clermont l'Hérault. Il a été mis en eau en service en 1969.

L'ouvrage comprend une microcentrale mise en service en 1986. **Le débit turbiné varie de 250 à 500 l/s.**

Le volume de la retenue à sa cote normale, 139 mNGF, est de 103 millions de m<sup>3</sup>. En dehors des épisodes de crue, cette cote ne doit pas être dépassée, le volume situé au-dessus étant réservé pour absorber les crues.

Le barrage est propriété du Conseil Général de l'Hérault. Sa gestion fait l'objet d'une délégation de service à BRL*exploitation*.

Depuis 2007, le barrage a une quintuple vocation :

- ▶ Lutte contre les inondations: il participe, comme prévu initialement, à la protection contre les inondations, par le maintien, dans la retenue, d'une cote en permanence inférieure ou égale à 139 mNGF,
- ▶ Tourisme: il constitue un pôle touristique majeur pour le département de l'Hérault,
- ▶ Production hydroagricole: il constitue la ressource des ASA d'Octon et de Bosc-Lacoste et ses lâchers estivaux (500 l/s) compensent les prélèvements réalisés à l'aval au droit des 4 stations BRL situés sur le fleuve Hérault,
- ▶ Production hydroélectrique: sa microcentrale produit de l'hydroélectricité,
- ▶ Soutien des étiages de l'Hérault : les prélèvements réalisés par BRL n'intervenant que plus en aval, un tronçon du fleuve bénéficie des lâchers, d'autre part les prélèvements de BRL n'atteignent le débit lâché par le barrage qu'un court moment dans l'été, le reste du temps ils restent inférieurs. (Voir plus loin l'analyse du débit prélevé par BRL).

En pratique, la gestion du barrage adoptée en dehors des épisodes de crue est la suivante :

- ▶ du fait du développement des usages touristiques sur les abords de la retenue, le marnage est volontairement limité à la tranche 137 – 139 mNGF. La cote du barrage en période estivale n'est ainsi jamais descendue en dessous de 137 mNGF ces dix dernières années.
- ▶ Pompage directement dans la retenue par l'ASA de Bosc Lacoste et prélèvement juste à l'aval de l'ASA de Belle-Lacoste : **0,4 Mm<sup>3</sup> / an en moyenne.**
- ▶ **Lâcher de 500 l/s, turbinés par la microcentrale.** Ce débit peut être diminué en cas de difficulté de remplissage de la retenue.
- ▶ **Le débit lâché peut être porté temporairement à 1 m<sup>3</sup>/s en cas d'étiage sévère** (par exemple, du 21 juillet au 15 août 2005, 500 l/s supplémentaires ont été lâchés par la vanne à jet creux). Cette augmentation du lâché se fait suite à une demande des autorités préfectorales.

## LES PRELEVEMENTS LIES A L'IRRIGATION

### Les prélèvements de l'ASA de Gignac

**Il s'agit d'un prélèvement majeur à l'échelle du bassin.** Ce chapitre se base sur l'étude suivante « *Etude du mouvement des eaux du canal de Gignac – 2003 – BRLi* » et sur un entretien avec le directeur de l'ASA réalisé dans le cadre de l'étude d'opportunité « Aqua Domitia - 2008 - BRL.

D'après l'enquête réalisée à l'échelle parcellaire pour l'étude citée précédemment, la surface desservie est de 2730 ha, et la surface effectivement irriguée couvre 1740 ha.

Les cultures pratiquées sont les suivantes : 1270 ha de vigne, 170 ha de grande culture, 190 ha de jardin et divers. L'ASA dessert désormais des zones périurbaines.

Le système hydraulique est le suivant : le périmètre est alimenté par un canal tête morte de 8 km qui suit le cours de l'Hérault depuis sa prise située 5 km en amont de St Guilhem le Désert jusqu'au Pont du Diable. A ce niveau se trouve un partiteur qui divise le canal en deux branches : le canal principal rive droite, 15 km, le canal principal rive gauche, 27 km. Chacun de ces canaux dessert le territoire situé entre lui et l'Hérault via des canaux secondaires (ou canalettes), des rigoles en béton dimensionnées pour un débit unitaire de 35 l/s, alimentées par des prises réglées manuellement. Un certain nombre de canalettes ont été remplacées par des conduites basse pression ou sous pression.

Le canal de l'ASA est en eau d'avril à la mi-octobre. Pendant cette période, la quantité d'eau effectivement utilisée sur le périmètre varie. En début de campagne, l'usage reste limité, il atteint son pic en juillet.

L'évaluation de l'empreinte de l'ASA sur le fleuve Hérault est complexe et a été largement étudiée dans l'étude citée. Il existe en effet des pertes importantes entre le point de prélèvement et le territoire effectivement desservi. Les retours de l'eau non évapotranspirée vers le milieu s'effectuent de plusieurs manières : retours superficiels directs ou via des fossés, écoulement hypodermique rejoignant le fleuve, retour à la nappe plus ou moins rapide.

Ces retours vont s'étaler dans l'espace entre le point de prélèvement et l'extrémité aval du périmètre - soit sur près de 25 km de cours d'eau – et varier dans le temps.

L'étude d'opportunité du projet « AQUA 2020 » citée plus haut estime les prélèvements nets totaux de l'ASA de Gignac à **12 Mm<sup>3</sup>/an**. Le détail de cette estimation sera détaillé au chapitre 1.4.

### Les stations de pompages de la concession BRL

BRL a en concession (concession d'Etat) et exploite 4 stations de pompages prélevant dans l'Hérault (stations de Gourdibeau, la Devèze, le Pouget) ou dans sa nappe (station de Lavagnac). Détaillons ces prélèvements de l'amont vers l'aval.

Le tableau ci-après présente de manière synthétique ces 4 stations :

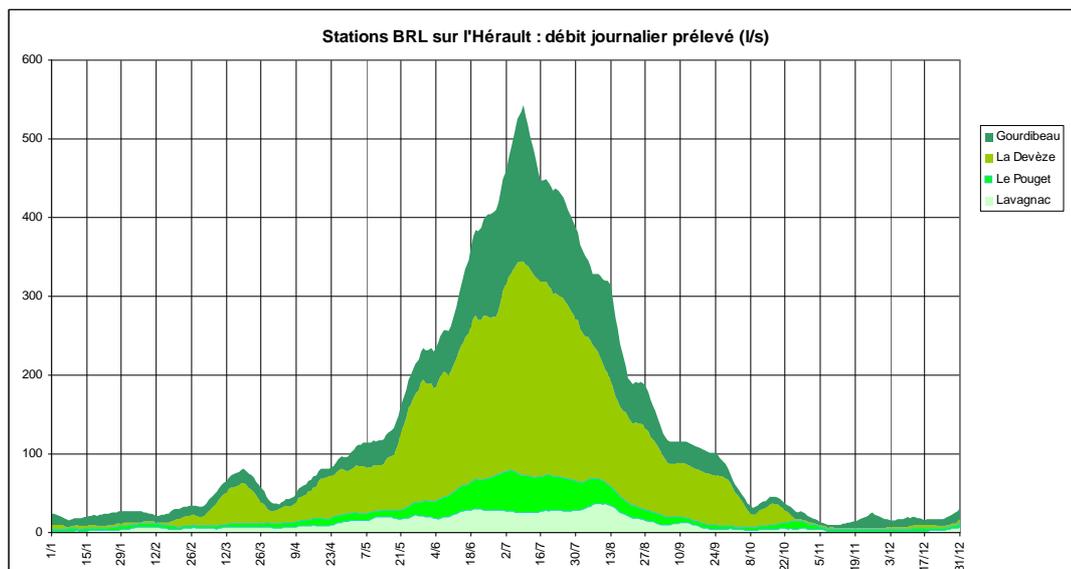
Station	V annuel moyen <sup>1</sup>	Surfaces desservies	Surfaces irriguées	Cultures dominantes	Tendances
Le Pouget	<b>0,25 Mm<sup>3</sup></b>	460 ha	375 ha		
Gourdibeu	<b>1,3 Mm<sup>3</sup></b>	2 300 ha	1 525 ha	Vigne et maraichage.	Forte demande en vigne
Lavagnac	<b>0,26 Mm<sup>3</sup></b>	180 ha	125 ha		
La Devèze	<b>1,4 Mm<sup>3</sup></b>	1480 ha	1 150 ha	Vigne, maraichage + aquaculture sur 10 ha.	Stable

(1) : moyenne annuelle des prélèvements calculée sur les années 2001-2006

Le volume total moyen prélevé sur la période 2001-2006 est de 3,2 Mm<sup>3</sup>. Le graphe ci-dessous représente en débit cumulé les prélèvements des 4 stations sur le fleuve ou sa nappe.

Les courbes de chacune des stations ont été construites à partir des données de 2001 à 2006 et correspondent à une demande maximisée (année sèche).

**Figure 36 : Prélèvements des 4 stations desservant les périmètres gérés par BRL dans la vallée de l'Hérault**



#### Les autres prélèvements liés à l'irrigation

Peu de données sont disponibles concernant les autres prélèvements pour l'irrigation.

La synthèse de ces prélèvements est donnée dans le tableau ci-après.

Espace géographique	Système d'irrigation	Surfaces irriguées ou desservies	Prélèvements annuels Débits de pointe
La haute vallée	Irrigation gravitaire essentiellement, à partir de seuils barrant les cours d'eau et alimentant des canaux (béals)	237 ha irrigués en 2000	<b>1.7 Mm<sup>3</sup>/an</b> 185l/s le jour de pointe <sup>(1)</sup>
Le bassin de la Lergue	Prélèvements disséminés, à partir de seuils alimentant des béals ainsi que des pompes directes		
	Asa de l'Aubaigue	60 ha desservis	<b>0.1 Mm<sup>3</sup>/ha/an</b>
	Irrigation dans le sous bassin de la Brèze : irrigation sous pression principalement, présence de quelques systèmes gravitaires	40 ha desservis <sup>(2)</sup>	70l/s en pointe <sup>(2)</sup>
Les autres prélèvements de la basse vallée	ASA de Basc-Lacoste : prélèvement direct dans le lac du Salagou		<b>0.1 à 0.15Mm<sup>3</sup>/an</b>

(1) : ordres de grandeur estimés par le SAGE du fleuve Hérault – Gestion quantitative de la ressource – Etat des lieux – juin 2005

(2) : chiffres estimés par une étude portée par l'ASA de l'Hérault

## LE PRELEVEMENT LIÉ À L'AEP

### Les prélèvements du Syndicat du Bas Languedoc

Ce prélèvement est situé à Florensac. Il dessert un large ensemble de communes, situées pour la plupart en dehors du bassin versant de l'Hérault. **Il atteint aujourd'hui en pointe près de 1,3 m<sup>3</sup>/s.**

Ce prélèvement a connu une croissance très importante ces 20 dernières années, à la fois en volume annuel et en débit de pointe. Le volume annuel prélevé a doublé entre 1988 et 2005. **Il était de 20 Mm<sup>3</sup> en 2005.** Les plus forts prélèvements ont lieu en juillet et août, mois pour lesquels le débit prélevé est 2.4 fois plus important qu'en période hivernale. En juillet et août, le débit prélevé avoisinait 1.1m<sup>3</sup>/s en 2005.

### Les autres prélèvements liés à l'AEP

D'autres prélèvements pour l'AEP sont effectués par des communes indépendantes et le SIAE de la Vallée de l'Hérault. Le total du débit prélevé par ces communes et syndicats s'élève en pointe à 350 l/s. **Le prélèvement annuel total est de l'ordre de 8 Mm<sup>3</sup>.**

## SYNTHESE DES INFLUENCES ANTHROPIQUES SUR LES DEBITS DE L'HERAULT

L'Hérault est donc influencés par :

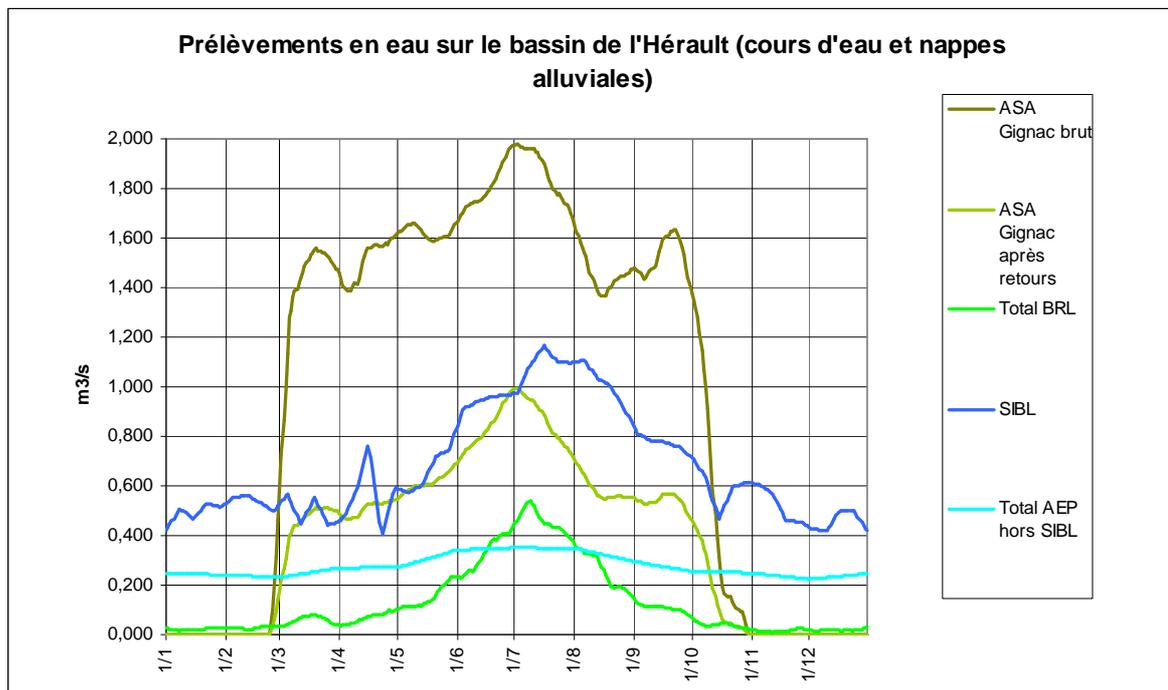
- ▶ les barrages du Salagou et des Olivettes
- ▶ Les prélèvements liés à l'irrigation, parmi lesquels les principaux prélèvements sont ceux de l'ASA de Gignac et le réseau BRL
- ▶ Les prélèvements liés à l'AEP, dont le principal est le celui du SIBL.

Les graphes et le tableau ci-après présentent les principaux prélèvements de l'Hérault. Le recensement des ces influences et l'estimation des débits et des volumes prélevés a été réalisée dans le cadre de l'étude « Aqua 2020 ».

Tableau 13 : Tableau de synthèse des prélèvements en cours d'eau ou nappe alluviale dans le bassin du fleuve  
Hérault

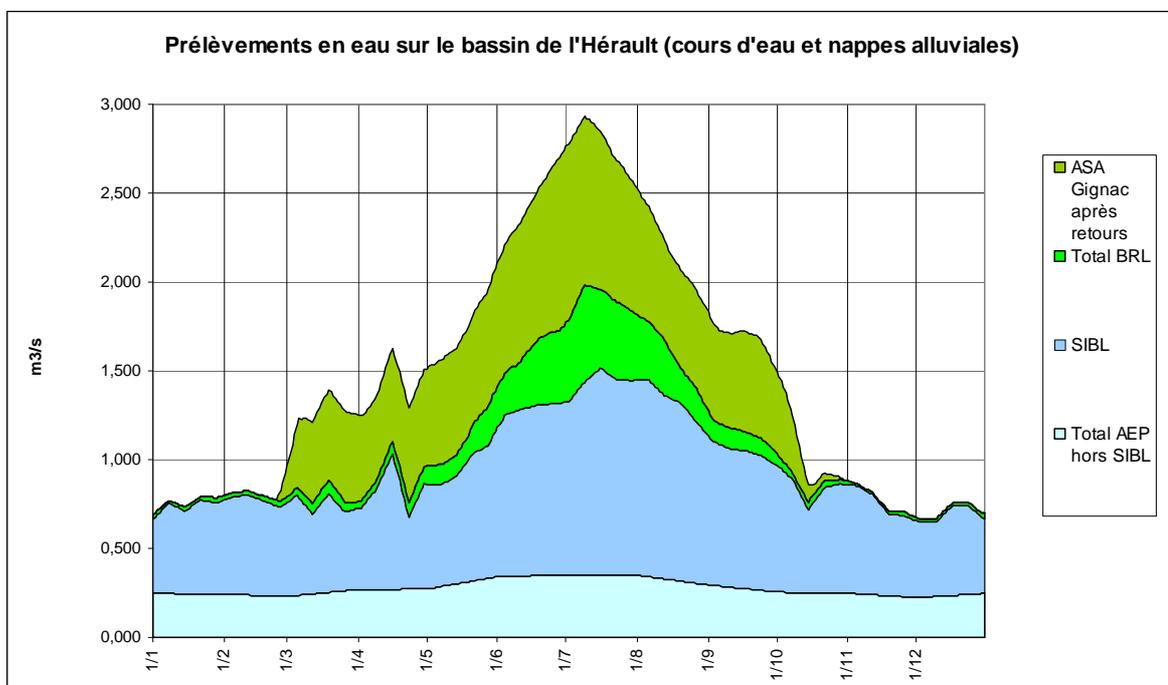
pK	AEP	Irrig		Q pointe (l/s)	V annuel (m3)	V étiage (du 01/06 au 30/09) (m3)	% du V annuel
<b>de la source à la Vis</b>							
			Valleraugue	-	-	-	
			St André de Majencoules	4	55 000	31 000	56%
<b>de la Vis à l'amont de l'ASA de Gignac</b>							
			SIAE région de Ganges	28	648 000	266 000	41%
			Agonès	1	20 000	10 000	50%
			St Bauzille de Putois	11	234 000	89 000	38%
<b>de l'amont de l'ASA de Gignac à la Lergue</b>							
			ASA Gignac prise	2 000	30 931 000	17 529 000	57%
			Gignac (AEP)	25	592 000	230 000	39%
			St André Sangonis	20	546 000	191 000	35%
			ASA Gignac retour 1	- 900	- 15 080 000	- 8 056 000	53%
<b>le Salagou et la Lergue</b>							
			ASA Octon	-	-	-	
			ASA le Bousquet	-	-	-	
			Clermont l'Hérault	18	422 000	176 000	42%
			Brignac	3	59 000	22 000	37%
<b>de la Lergue à la Peyne</b>							
			Canet	17	367 000	139 000	38%
			Le Pouget	10	218 000	94 000	43%
			BRL Le Pouget	52	394 000	282 000	72%
			ASA Gignac retour 2	- 210	- 3 770 000	- 2 014 000	53%
			BRL Gourdibeau	198	1 193 000	897 000	75%
			Aspiran	9	204 000	77 000	38%
			Paulhan	15	364 000	145 000	40%
			St Pons de Mauchien	3	49 000	22 000	45%
			BRL Lavagnac	37	366 000	231 000	63%
			SIAEP Vallée Hérault	68	1 575 000	589 000	37%
			Montagnac	13	281 000	119 000	42%
			Aumes	2	33 000	14 000	42%
			BRL La Devèze	273	2 152 000	1 643 000	76%
			Pézenas	67	1 850 000	676 000	37%
			Castelnau de Guers	6	112 000	51 000	46%
			Nézignan l'Evêque	8	138 000	62 000	45%
			Valros	11	172 000	70 000	41%
<b>La Peyne</b>							
			ASA Belles Eaux	-	-	-	
<b>de la Peyne à la mer</b>							
			St Thibery	22	377 000	172 000	46%
			SIAE Florensac et Pomerols	19	428 000	167 000	39%
			SIBL	1 160	21 410 000	10 074 000	47%
<b>TOTAL hors retour ASA de GIGNAC</b>				<b>4 100</b>	<b>65 200 000</b>	<b>34 100 000</b>	<b>52%</b>
<b>TOTAL</b>				<b>2 990</b>	<b>46 300 000</b>	<b>24 000 000</b>	<b>52%</b>

Figure 37 : Prélèvements en eau sur le bassin du fleuve Hérault (cours d'eau et nappes alluviales)



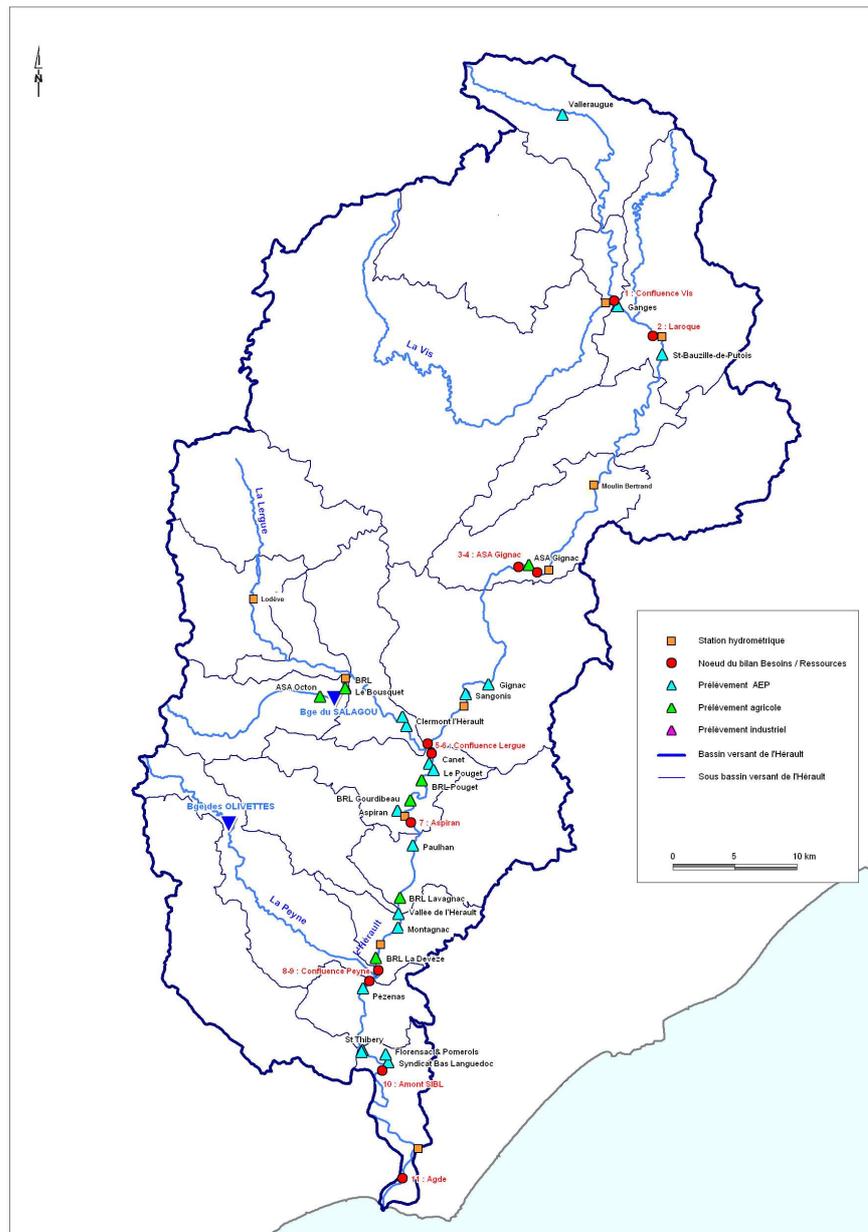
Les mêmes données sont présentées ci-après en débits cumulés :

Figure 38 : Prélèvements en eau sur le bassin du fleuve Hérault (cours d'eau et nappes alluviales) en débit cumulé

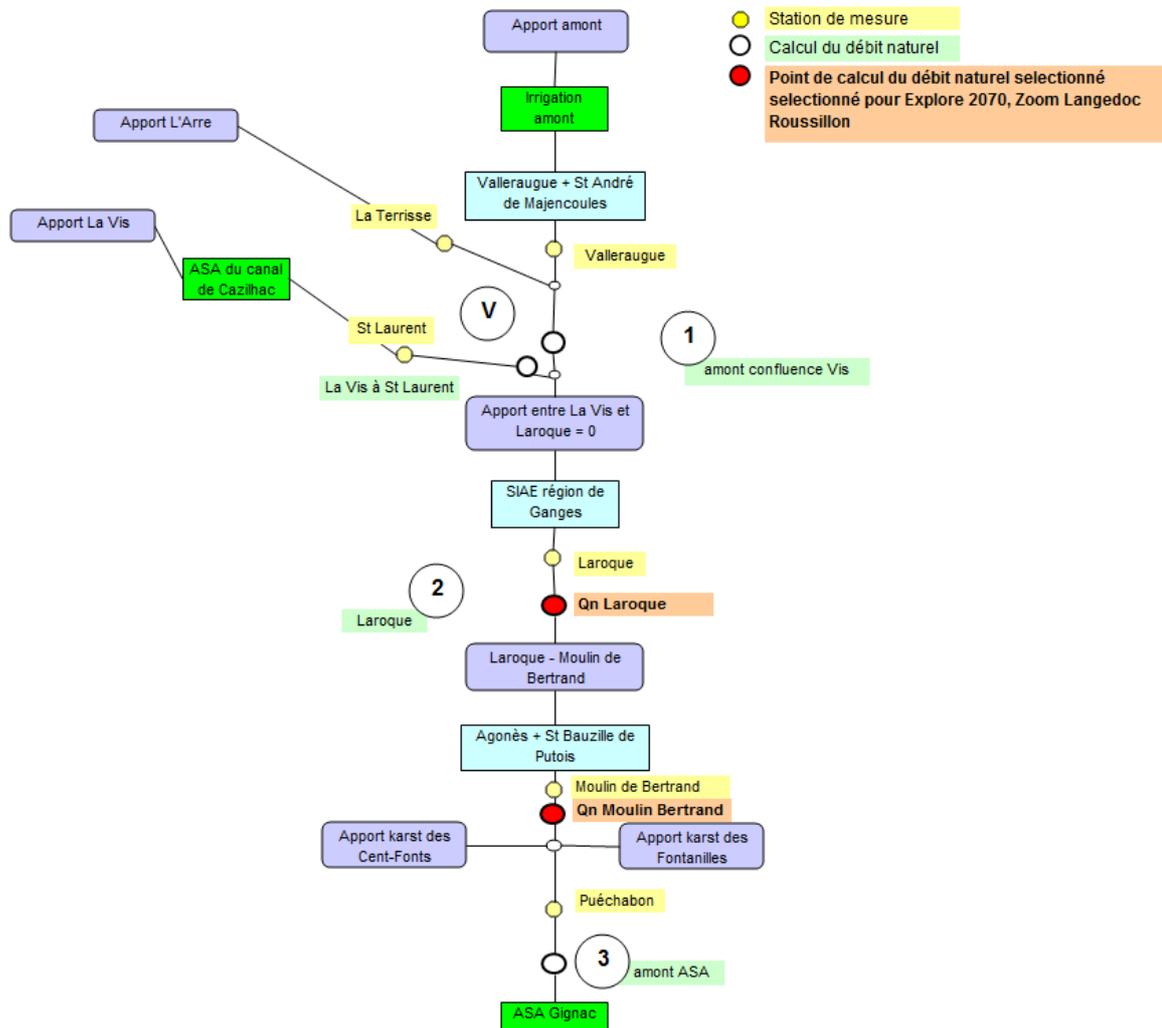


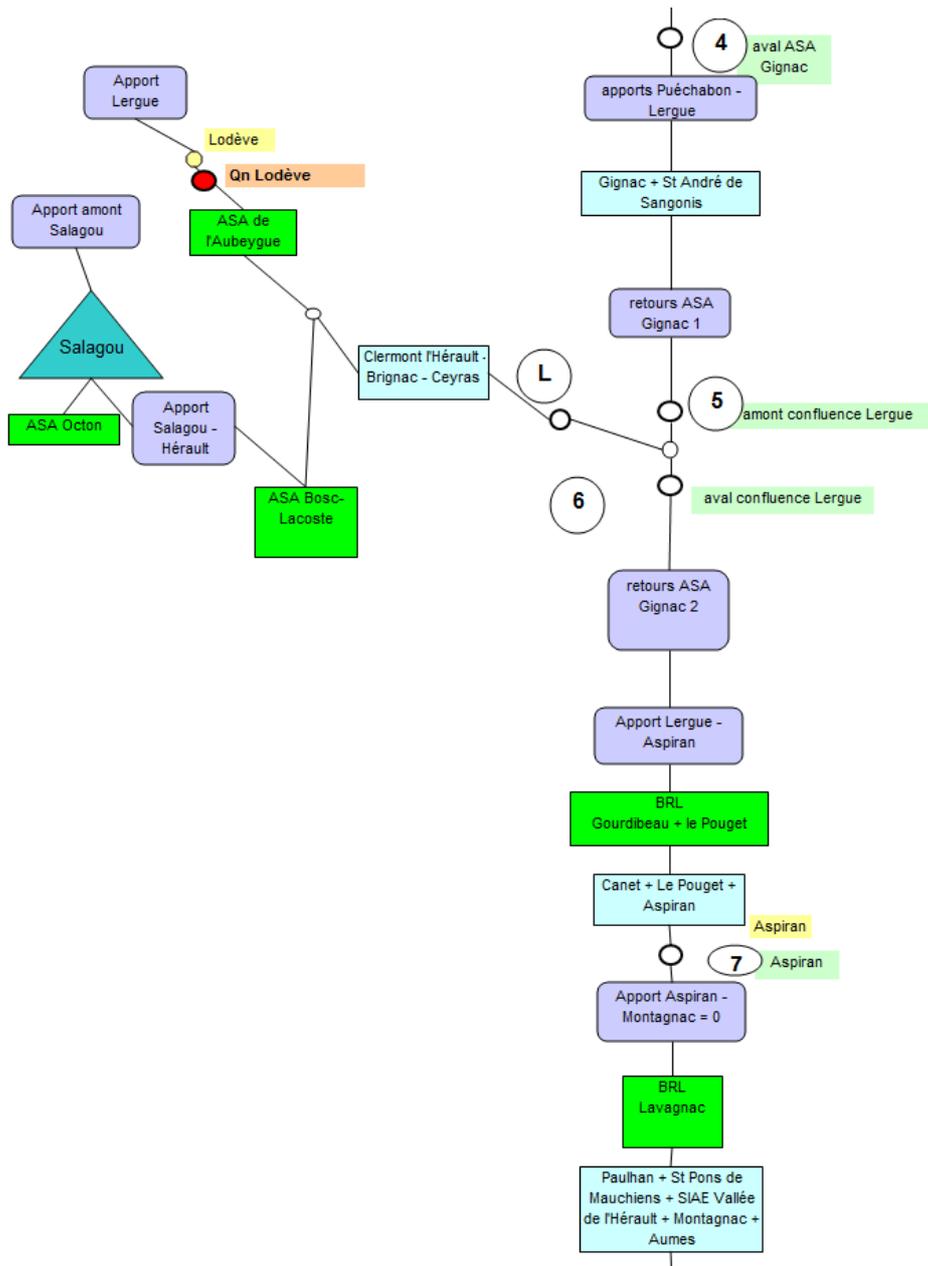
Sur la carte ci-après figurent les principales influences du bassin de l'Orb. Les points de calcul initiaux pour la naturalisation des débits sont aussi repérés ci-après.

Figure 39 : Carte du bassin de l'Hérault et des principales influences anthropiques répertoriées.



## B.2. Topologie de l'Hérault





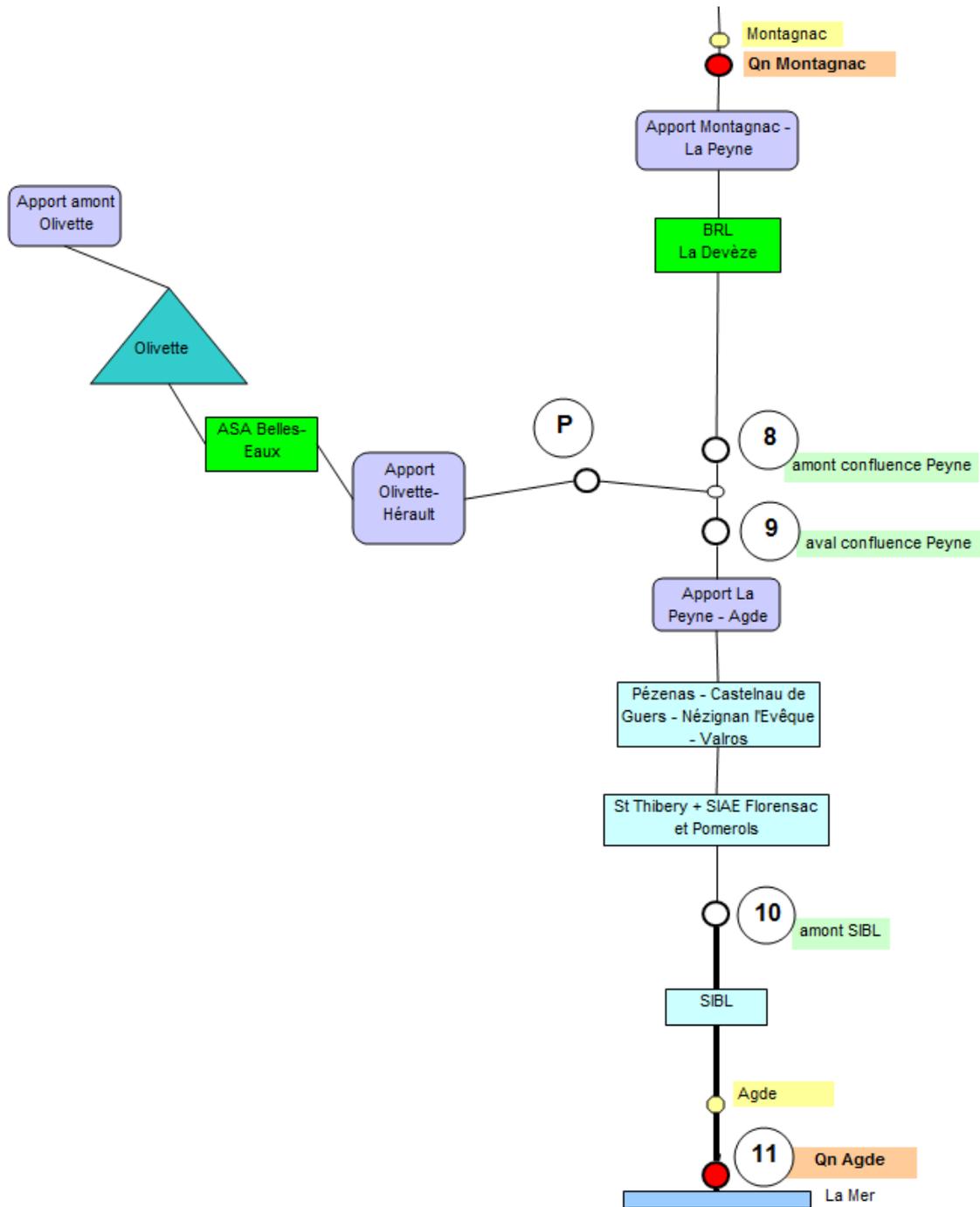


Figure 40 : Topologie de l'Hérault

### B.3. Données d'entree

Ci-après sont détaillées les données collectées lors de l'étude d'opportunité du projet « AQUA 2020 – date-BRL », et les calculs effectués dans ce cadre pour l'estimation des influences. On se limite à la période 1969-1990, période d'étude incluse dans la période de référence.

## DONNEES HYDROMETRIQUES

Les données hydrométriques utilisées pour la reconstitution des débits naturels sont les chroniques d'observations des stations suivantes.

n°	Nom	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Y2002010	Valleraugue																
Y2002020	Padens																
Y2022010	Saint-Julien																
Y2102010	Laroque																
Y2132010	Moulin de B.																
Y2132020	Puéchabon																
Y2142010	Gignac																
Y2312010	Aspiran																
Y2332010	Montagnac																
Y2372010	Agde																
Y2372020	Florensac																
Y2015010	L'Arre																
Y2035010	La Vis_St_Laurent																
Y2214010	Lodève																

n°	Nom	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Y2002010	Valleraugue															
Y2002020	Padens															
Y2022010	Saint-Julien															
Y2102010	Laroque															
Y2132010	Moulin de B.															
Y2132020	Puéchabon															
Y2142010	Gignac															
Y2312010	Aspiran															
Y2332010	Montagnac															
Y2372010	Agde															
Y2372020	Florensac															
Y2015010	L'Arre															
Y2035010	La Vis_St_Laurent															
Y2214010	Lodève															

Tableau 14 : Données hydrométriques utilisées pour la naturalisation des débits de l'Hérault

## DONNEES LIEES AUX USAGES

Pour le Barrage du Salagou, des données d'apports et de sortie au pas de temps journalier, pour la période 1969-2006 ont été utilisées.

Pour le Barrage des Olivettes, très peu de données ont été accessibles.

Pour la plupart des usages agricoles, des prélèvements mensuels sont calculés. Un travail spécifique a été effectué pour l'ASA de Gignac, permettant de reconstituer des prises et des retours au pas de temps journalier.

On dispose, pour les prélèvements BRL et les usages AEP, des données de prélèvements aux pas de temps journaliers ou mensuels, pour des périodes variables, ont été utilisées.

---

## **B.4. Desinfluencement aux points d'étude**

Les calculs de désinfluencement des débits pour l'Hérault ont suivi une méthode identique à celle détaillée pour les débits de l'Orb.



## **Annexe 3**

# **Principales influences anthropiques sur le bassin de la Garonne et naturalisation des débits de la Garonne**



## C.1. Principales influences anthropiques

### GRANDS OUVRAGES HYDRAULIQUES

Pour les données concernant les ouvrages hydroélectriques, les Apports Naturels Reconstitués (ANR), calculés par la Division Technique Générale d'EDF ont été utilisés.

Concernant les retenues à usage agricole, seuls quelques chiffres globaux ont été accessibles.

### PRELEVEMENTS POUR L'AEP

Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable constituent plus du quart du total des prélèvements sur le territoire d'étude. Ces prélèvements sont en faible augmentation, avec une hausse moyenne annuelle de 1.1% depuis le début des années 2000.

### PRELEVEMENTS POUR L'INDUSTRIE

Les prélèvements de l'industrie diminuent régulièrement depuis 1970, en raison des mutations industrielles importantes d'une part, et d'une diminution générale de la consommation des industries (du fait des réglementations, des avancées technologiques, etc....). Les prélèvements industriels ont diminué de plus de 40% entre 1998 et 2005 sur le territoire d'étude.

### PRELEVEMENTS AGRICOLES

Actuellement, les prélèvements pour l'agriculture représentent en moyenne 32% de l'ensemble des prélèvements, mais plus de 70% de la consommation totale sur le territoire.

Environ la moitié des exploitations agricoles irriguées utilisent un réseau collectif, l'autre moitié utilisant une ressource individuelle. La méthode d'irrigation la plus largement employée (97% de la surface irrigable) est l'irrigation par aspersion. Ce type d'irrigation a une efficacité de l'ordre de 85 à 100%.

Sur le bassin Adour Garonne, les prélèvements effectivement réalisés sont très inférieurs aux besoins théoriques en eau d'irrigation des cultures. Sur le territoire étudié, le ratio prélèvements sur besoins se situe en 50 et 85%.

Pour les calculs de naturalisation des débits, nous considérerons que les volumes prélevés pour l'irrigation sont entièrement consommés par les cultures.

### PRELEVEMENTS DU CNPE DE GOLFECH

La centrale nucléaire de Golfech, mise en service en 1994, est située à l'extrémité aval du territoire d'étude. L'eau utilisée pour le refroidissement des réacteurs est de type circuit fermé, mais des apports réguliers sont nécessaires pour compenser la perte d'eau (une partie est évaporée, et une partie est utilisée pour les purges). La centrale de Golfech comprend deux réacteurs de 1300 MWe, chacun nécessitant un débit d'appoint de l'ordre de 0.8 m<sup>3</sup>/s.

## C.2. Données d'entree

Ci-après sont précisées les données qui ont pu être collectée et utilisée pour la naturalisation des débits de la Garonne dans le cadre du projet *Imagine 2003, Cemagref, 2000*.

### DONNEES HYDROMETRIQUES

- le Salat à Roquefort-sur-Garonne (période 1970-2004) ;
- l'Ariège à Foix (période 1970-2005) ;
- la Garonne à Valentine (période 1970-2005) ;
- l'Agout à Lavaur, deux stations DIREN, la première disponible sur la période 1972-1990 et la seconde sur la période 1991-2001 ; les deux chroniques ont été concaténées ;
- le Tarn à Millau, une station EDF (période 1988-2005) et une station DIREN du (période 1970-2005) ;
- le Tarn à Villemur (période 1970-2005) ;
- l'Aveyron à Loubejac (période 1970-2005) ;
- la Garonne à Lamagistère (période 1970-2005).
- l'Hers-Vif à Mazères (période 1970-2000) ;
- l'Arize à Rieux-Volvestre (période 1970-2005) ;
- le canal Saint Martory (période 1971-2005) ;
- le canal de la Neste (période 1961-2002) ;
- la réalimentation de la Louge et du Noue (période 1989-1993) ;
- l'Arrats à Saint-Antoine (période 1970-2005) ;
- la Save à Larra (période 1970-2005) ;
- le Girou à Cepet (période 1970-2005) ;
- le Touch à Saint-Martin-du-Touch (période 1970-2005) ;
- la Gimone à Castelferrus (période 1970-2005) ;
- la Barguelonne à Valence (période 1970-2005) ;
- le Lemboulas à Lunel (période 1970-2005) ;
- l'alimentation de la Gimone et de l'Arrats (période 1970-1993) ;
- l'alimentation de la Gesse (période 1970-1993) ;
- l'alimentation de la Save (période 1970-1990).

Les données hydrométriques utilisées pour la reconstitution des débits naturels sont les chroniques d'observations des stations suivantes.

### DONNEES DE PRELEVEMENTS

Concernant pour les prélèvements pour l'AEP, les prélèvements industriels et agricoles, on dispose de données de volumes annuels au niveau de chaque commune, pour la période 1998-2006, données fournies par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Les volumes de prélèvement pendant l'étiage (juillet à octobre) sont aussi fournis.

De plus le Recensement General Agricole (RGA) de 2000 permet de déterminer les surfaces irriguées, et les types de cultures pour chaque canton du bassin.

## DONNEES D'OCCUPATION DU SOL

Les données collectées sont issue de la base de données CORINE Land Cover.

## DONNEES SUR LES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les données utilisées concernant les ouvrages hydrauliques sont les débits turbines et les variations de réserves des barrages, au pas de temps journalier, pour des périodes variables selon les ouvrages. Ces données ont été fournies par EDF et la SHEM.

## DONNEES DE DEBITS NATURALISES, ISSUES D'AUTRES ETUDES

Des données issues de travaux antérieurs ont été aussi utilisées. Il s'agit :

- ▶ de débits naturalisés journaliers sur les périodes d'étiage, par Eaucea pour le Plan de Gestion des Etiages Tarn.
- ▶ d'apports naturels reconstitués journaliers au droit des barrages exploités par EDF sur le bassin
- ▶ de débits naturalisés journaliers sur les périodes d'étiage, pour l'élaboration du Plan de Gestion des Etiages Garonne-Ariège (source SMEAG).
- ▶ De débits naturalisés mensuels, issus du rapport « Hydrologie des rivières réalimentées par le Canal de la Neste » (source CACG).

## C.3. Désinfluencement Aux points d'étude

Pour le détail des calculs de naturalisation de débits, on pourra se référer au rapport *IMAGINE 2030, climat et aménagements de la Garonne : quelles incertitudes sur la ressource en eau en 2030 ?-Cemagref – 2009.*

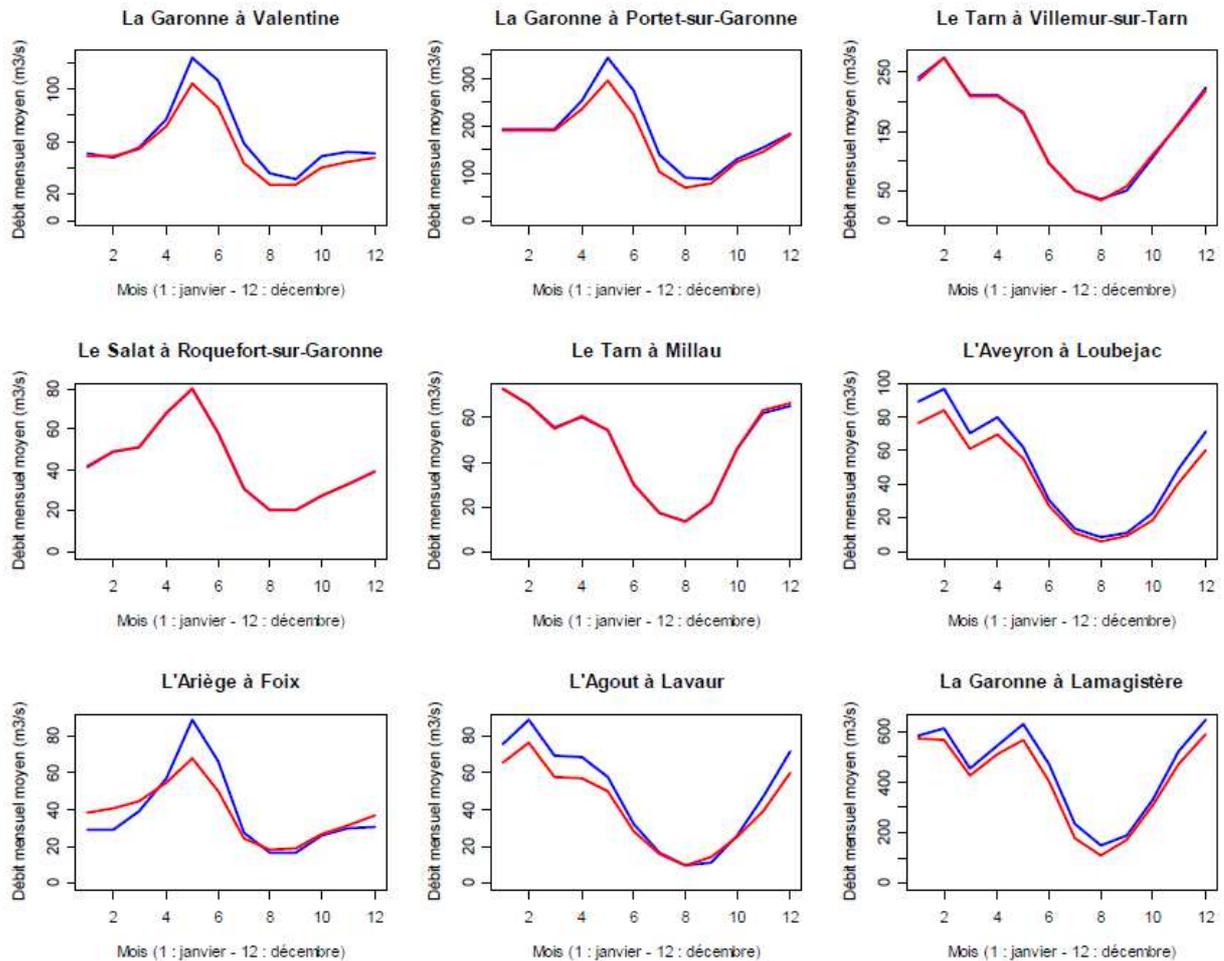
La Figure 41 montre les écarts entre débits observés et naturalisés pour les points d'étude.

« Le Salat à Roquefort et le Tarn à Millau sont nos deux témoins naturels ; les hydrogrammes sont donc confondus. Les influences les plus significatives à l'échelle saisonnière sont celles liées à l'hydroélectricité. Remarquons que les transferts Aveyron-Tarn compensent approximativement les volumes exportés hors du bassin de l'Agout vers l'Orb. Les écarts entre débits observés et naturels reconstitués de la Garonne à Lamagistère reflètent l'ensemble des activités anthropiques sur le secteur. Le débit mensuel minimal annuel de fréquence quinquennale sèche (QMNA5) et le débit moyen d'août sont respectivement égaux à 100 m<sup>3</sup>/s et 150 m<sup>3</sup>/s dans sa configuration naturelle contre 80 m<sup>3</sup>/s et 110 m<sup>3</sup>/s dans le contexte de gestion actuelle (période 1990-2000). »<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Extrait de *IMAGINE 2030, climat et aménagements de la Garonne : quelles incertitudes sur la ressource en eau en 2030 ?-Cemagref – 2009.*

Figure 41 : Débits mensuels moyens observés et naturels reconstitués pour ce qui est disponibles sur la période 1970-2005 (en bleu : régime naturel, en rouge : débits observés aux stations)



## C5 – Bibliographie

Agosta, C. (2007). Naturalisation des débits et modélisation hydrologique sur des sous-bassins versants de la Garonne à Lamagistère. Rapport de stage, Master 2 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie, Université Pierre et Marie Curie, 51 pages.

Moulin, L., C. Perrin, C. Michel, et V. Andréassian (2005), Prise en compte de barrages-réservoirs dans un modèle pluie-débit global : application au cas du bassin de la Seine amont (Taking into account water storage data in a lumped rainfall-runoff model: case study on the Seine basin), La Houille Blanche, 5, 79-87, DOI: 10.1051/lhb:200505008.

Payan, J. L., C. Perrin, V. Andréassian, et C. Michel (2008), How can man-made water reservoirs be accounted for in a lumped rainfall-runoff model? , Water Resour. Res., 44, W03420, doi:03410.01029/02007WR005971.

Sauquet, E. (Ed.) (2009), Imagine2030. cliMat et Aménagement de la Garonne : Quelles INcertitudes sur la ressource en Eau en 2030 ?, 126 pp., Cemagref - EDF - Agence de l'Eau Adour Garonne.

Zorita E., Hughes J. P., Lettemaier D. P. et von Storch H., 1995 : Stochastic characterization of regional circulation patterns for climate model diagnosis and estimation of local precipitation, *J. Climate*, 8(5), 1023–1042.