

# Enjeux de la gestion quantitative de l'eau en France

*Quels données et outils de modélisation  
pour les institutions publiques en charge  
de la gestion des étiages ?*

**Mars 2014**

- **AUTEURS**

**Maud BALESTRAT**, géographe, post-doctorat (INRA, UMR AGIR), Maud.Balestrat@toulouse.inra.fr

**Olivier THEROND**, agronome, ingénieur de recherche (INRA, UMR AGIR),  
Olivier.Therond@toulouse.inra.fr

- **CORRESPONDANTS**

**Onema : Bénédicte AUGÉARD**, chargé de mission hydrologie quantitative (ONEMA),  
benedicte.augeard@onema.fr

**Droits d'usage** : accès libre

**Niveau géographique** : national

**Couverture géographique** : France, bassin hydrographique Adour-Garonne, Loire-Bretagne, Rhône-Méditerranée

**Niveau de lecture** : experts

- **RÉSUMÉ**

Malgré les dispositifs déconcentrés et participatifs de gestion quantitative de l'eau instaurés par la loi sur l'eau de 1992, par les règlements associés et les préconisations du ministère de l'écologie pour une gestion durable des étiages, de nombreux bassins versants français présentent des problèmes majeurs et récurrents de gestion quantitative de la ressource en eau. Le volet gestion quantitative de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006, en cours d'application, a pour objectif de résoudre ces problèmes notamment par la détermination de volumes prélevables par les différents usages, dont l'agriculture, assurant un équilibre entre ressources en eau et demandes. La mise en œuvre et le suivi des effets de ces réglementations amplifient les besoins des institutions en termes d'outils et procédures de gestion efficiente et durable.

Ce rapport d'étude restitue les résultats de la démarche mise en œuvre afin d'identifier les enjeux des acteurs institutionnels en charge de la gestion des étiages en France et les connaissances, méthodes et outils à leur disposition ou à développer pour y répondre. L'analyse a été conduite au sein des trois grands bassins hydrographiques présentant des situations de déficit hydrologique chronique liées aux prélèvements pour l'irrigation ; les bassins Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée. Dans chacun de ces bassins, un ensemble d'entretiens téléphoniques et de rencontres avec les principaux interlocuteurs institutionnels de la gestion quantitative de l'eau ont permis d'identifier les grands types de situation de gestion des étiages et les enjeux associés ainsi que les méthodes et outils à disposition des acteurs institutionnels pour y répondre. Par ailleurs, sur la base d'une présentation orale des travaux de recherche de l'équipe « Modalisations Appliquées à la Gestion de l'Eau » de l'UMR AGIR (Agroécologies, Innovations et Ruralités) de l'INRA Toulouse aux acteurs rencontrés dans chaque bassin, les forces et faiblesses de ces approches ont été discutées afin notamment d'identifier les adaptations ou nouveaux développements qu'il serait nécessaire de réaliser afin de fournir à ces acteurs des connaissances permettant de développer des outils d'opérationnels pour la planification des stratégies d'action et la gestion opérationnelle des étiages.

Après une rapide présentation des enjeux de la gestion quantitative des ressources en eau en France, les résultats de l'analyse sur les enjeux, les données et outils mis en œuvre, et le point de vue des acteurs rencontrés sur l'intérêt des approches de l'équipe MAGE sont présentés par bassin. Une synthèse transversale est ensuite réalisée. Enfin, après un rapide tour d'horizon des programmes nationaux en termes de systèmes d'information et de modélisation sur le thème de la gestion quantitative et des étiages, une présentation des principaux travaux de l'équipe MAGE conduits à l'échelle du territoire est réalisée.

Les situations de gestion au sein et entre bassins sont très diverses et spécifiques. Chaque situation, de par ses systèmes (géo)hydrologiques, agricoles, les ressources stockées et la régulation des usages, et les interactions clés au sein et entre ses systèmes, nécessite, aux yeux des acteurs interviewés et rencontrés, une stratégie de gestion dédiée. Les systèmes d'information et outils d'évaluation de stratégies de gestion et de l'état des situations en cours de saison restent à développer. Leur développement met en lumière les besoins d'amélioration et de standardisation des bases de données sur les prélèvements et les ressources mais aussi sur la représentation des interactions nappes-rivières.

Au-delà des enjeux propres à chaque situation de gestion et bassin, un consensus se dégage, autour de la nécessité d'équiper les Organismes Unique de gestion collective (OU) des Volumes Prélevables (VP) agricoles pour leur permettre de dépasser leur mission réglementaire d'élaboration d'un plan de répartition de ces VP entre usagers agricoles en mettant en œuvre une stratégie (ou protocole) de gestion permettant de réduire l'occurrence des crises de gestion quantitative (c.à-d. le passage sous un seuil réglementaire de débit ou de hauteur de nappe) dans les bassins sur lesquels ils interviennent.

Ce rapport d'étude est accompagné par un autre rapport, également produit l'équipe MAGE de l'UMR AGIR, dont les objectifs sont de proposer (i) un cahier des charges d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des étiages à l'échelle d'un bassin versant type unité de gestion des Volumes Prélevables et (ii) une analyse comparée d'une sélection d'approches de modélisation mise en œuvre en France sur le thème de la gestion quantitative.

- **BASSIN ADOUR GARONNE, BASSIN LOIRE-BRETAGNE, BASSIN RHÔNE-MÉDITERRANÉE, GESTION DES ÉTIAGES, IRRIGATION, OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION, SYSTÈME D'INFORMATION, MODÉLISATION**

- **QUANTITATIVE WATER MANAGEMENT ISSUES IN FRANCE  
WHAT KNOWLEDGE, METHOD AND TOOL FOR PUBLIC INSTITUTIONS RESPONSIBLE FOR  
LOW WATER LEVELS MANAGEMENT**

- **ABSTRACT**

Despite the decentralized and participatory mechanisms of quantitative water management introduced by the Water Law (1992), associated regulations and the recommendations of the Ministry of Ecology for Sustainable Management of low flows, many French watersheds have major and recurring problems of quantitative management of water resources. The Law on Water and Aquatic Environments 2006, seeks to solve these water management problems by determining "withdrawable volumes" by users, including agriculture, to ensure a balance between water resources and demands. Implementing and monitoring the effects of these regulations amplify the needs of institutions in terms of decision support systems (DSS) and procedures for efficient and sustainable management. . This study report presents the main issues faced by French institutions in charge of the management of low flows as well as the knowledge, methods and DSS they use or they need to develop to deal with these issues. The analysis was conducted in three major river basins with situations of chronic hydrological deficit related to withdrawals for irrigation: Adour- Garonne (South-West France), Loire-Brittany (Centre and West) and Rhône-Méditerranée (South-East). In each of these basins, a series of telephone interviews and meetings with key institutional partners of the quantitative water management allowed to identify the main types of low flow management situations, the associated stakes and the main methods and tools available to institutional actors to deal with these issues. In addition, the " Modelling approaches applied to water management " research project of the "AGIR" research unit from INRA Toulouse was presented and strengths and weaknesses of these approaches were discussed.

After a brief and general presentation of the quantitative water management issues in France, outcomes of the analysis on the issues, knowledge and tools used, and the strengths and weaknesses of MAGE research works are presented for each river basin. A national transversal synthesis is then proposed. Finally, after a presentation of the work of MAGE, a quick overview of works led at national level in terms of information systems and modelling tools regarding quantitative water and low-flow management is presented.

Management situations within and between basins are very diverse and specific. Each situation, due to its (geo)hydrological and agricultural context, the stored resources and regulation of uses systems, and key interactions within and between these systems, requires a dedicated management strategy. Information system and modelling tool to assess management strategies and state of situations during the low-flow season still need to be developed. Development highlights the need for improvement and standardization of databases on withdrawals and resources but also on the representation of interactions between groundwater and rivers.

This research report is accompanied by another report, also produced by the MAGE team whose objectives are to provide (i) specifications of a decision support system for low flow management at the watershed level and (ii) a comparative analysis of modelling approaches implemented in France regarding quantitative water management.

- **ADOUR GARONNE, LOIRE-BRETAGNE AND RHÔNE-MÉDITERRANÉE RIVER BASINS, LOW-FLOW MANAGEMENT, IRRIGATION, DECISION SUPPORT SYSTEM, INFORMATION SYSTEM, MODELLING**

- **SYNTHÈSE POUR L'ACTION OPÉRATIONNELLE**

Malgré les dispositifs déconcentrés et participatifs de gestion quantitative de l'eau instaurés par la loi sur l'eau de 1992, par les règlements associés et les préconisations du ministère de l'écologie pour une gestion durable des étiages, **de nombreux bassins versants français présentent des problèmes majeurs et récurrents de gestion quantitative de la ressource en eau**. Le volet gestion quantitative de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006, en cours d'application, a pour objectif de résoudre ces problèmes par la détermination de Volumes Prélevables (VP) par les différents usages, dont l'agriculture, assurant un équilibre entre ressources en eau et demandes. Ces VP sont attribués et gérés par une nouvelle personne morale publique ou privée appelée « Organisme Unique de Gestion Collective » (OUGC). Ce dernier qui sera désigné par le préfet, sur dossier de candidature, doit être fondé à représenter les irrigants (ex. une Chambre d'Agriculture). La mise en œuvre et le suivi des effets de ces réglementations amplifient les besoins des institutions en termes d'outils et procédures de gestion efficiente et durable.

L'Unité Mixte de Recherche AGIR (à laquelle participe l'INRA de Toulouse) conduit des travaux de recherche ayant pour objectif de développer des connaissances, méthodes et outils pour la gestion quantitative de l'eau des échelles de la parcelle et du bloc d'irrigation à celles de l'exploitation et des bassins versants. Les approches développées sont basées sur (i) l'analyse et la modélisation des relations entre utilisation du sol et flux d'eau dans l'hydrosystème et plus généralement des systèmes socio-agro-hydrologiques (équipe MAGE - Modélisations Appliquées à la Gestion de l'Eau) et (ii) sur l'analyse de la gouvernance et du système d'acteurs de la gestion quantitative de l'eau (équipe Médiations - Accompagnement des activités agricoles et nouvelles ruralités).

Pour **renforcer le caractère opérationnel des productions scientifiques et des outils développés par l'UMR AGIR et en particulier de l'équipe MAGE** pour les acteurs institutionnels engagés dans la gestion des étiages, il est nécessaire d'identifier les enjeux de ces acteurs, la diversité des contextes et des méthodes d'intervention et l'intérêt d'une démarche d'analyse et de modélisation du comportement des systèmes socio-agro-hydrologiques à l'échelle des bassins versants et unités hydrologiques de gestion des étiages (plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés et plusieurs centaines à plusieurs milliers d'usagers). Ce rapport d'étude vise à présenter ces enjeux, les méthodes mises en œuvre actuellement, ainsi que les développements nécessaires des méthodes et des outils existants pour répondre à ces enjeux. Les informations présentées dans ce rapport n'ont pas vocation à être exhaustives. Les différences entre bassins, de nature, d'ampleur et de diversité des dispositifs de collecte de données et de modélisation, reflètent l'historique et l'importance passée et actuelle de l'enjeu gestion des étiages dans ces bassins mais aussi les dispositifs sur lesquels les acteurs rencontrés dans chaque bassin ont mis l'accent lors des entretiens.

**La méthodologie** mise en œuvre afin d'analyser les enjeux en matière de gestion des étiages et besoins des institutions publiques en matière d'outils d'aide à la décision est basée sur la réalisation d'entretiens semi-directifs individuels et de réunions collectives type « focus group » dans lesquelles les intérêts et limites des travaux de l'équipe MAGE ont été discutés. Cette démarche d'analyse a été mise en œuvre dans trois bassins hydrologiques, sélectionnés pour leur situation de déficit hydrologique chronique liée aux prélèvements d'irrigation ; les bassins Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée. En effet, en 2010, ces trois bassins comptabilisaient 1,3 millions d'hectares de superficies irriguées, soit 82,6% de la superficie irriguée de métropole. Ils représentent également plus de 80% des consommations en eau pour l'irrigation, soit un total de 2,4 milliards de m<sup>3</sup> en 2010.

Après une rapide présentation des enjeux de la gestion quantitative des ressources en eau en France, les résultats de l'analyse sur les enjeux, les données et outils mis en œuvre, et les forces et faiblesses des approches de l'équipe MAGE sont présentés par bassin. Une synthèse nationale est ensuite réalisée. Enfin, après un rapide tour d'horizon des travaux conduits à l'échelle nationale en termes de système d'information et d'outils de modélisation sur le thème de la gestion quantitative et des étiages, une rapide présentation des travaux de l'équipe MAGE est réalisée.

Compte tenu des travaux déjà réalisés par l'équipe MAGE sur **le bassin Adour-Garonne (BAG)** et de l'importance stratégique de la gestion des étiages dans ce bassin, davantage de rencontres ont été organisées avec les acteurs en charge de la gestion de l'eau à l'échelle du bassin (Agence de l'eau, - AE- et Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement –DREAL- de bassin), à l'échelle d'un territoire de gestion (Direction Départementale des Territoires –DDT-) et avec

des bureaux d'étude particulièrement actifs sur les problématiques de gestion des étiages. Ces rencontres ont permis de discuter des bases de données et modèles mobilisés dans les démarches de planification de la gestion quantitative de l'eau à l'échelle du bassin ainsi que des outils plus opérationnels de gestion utilisés à un niveau local. Du fait de l'importance historique et stratégique des Plans de Gestion des Etiages, démarche concertée propre à ce bassin pour, à l'échelle des sous bassins, analyser les équilibres offres-demandes en eau et définir une stratégie d'action pour restaurer les équilibres, les débats et discussions se sont focalisés sur les enjeux et méthodes mis en œuvre lors de leur élaboration (Cf. tableau ci-dessous).

**En Loire-Bretagne**, une seule rencontre a été organisée mais celle-ci a permis de mobiliser une grande diversité d'acteurs en charge de la gestion de l'eau à différentes échelles d'action (agents des AE, DREAL locales, de DDTM, d'un Etablissement Public futur OUGC, etc.). Une grande partie des échanges a été consacrée aux enjeux de gestion quantitative sur la zone du Marais-Poitevin. Dans ce bassin à fort enjeu biodiversité, la conciliation des activités agricoles et des enjeux de protection et restauration des écosystèmes est de plus en plus difficile. Ce territoire, à la croisée des objectifs environnementaux et économiques, illustre bien les problématiques qui se posent sur le bassin en termes de gestion des étiages. Les données et modèles utilisés sont présentés dans le tableau de synthèse ci-dessous.

**En Rhône-Méditerranée**, la rencontre inter-instituts organisée a permis de mobiliser des agents de l'AE, de la DREAL de bassin et le bureau d'étude « Risque & Développement ». Comparativement aux bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne, les stratégies d'action relatives à la gestion des étiages et de définition des Débits d'Objectif d'Etiage et Volumes prélevables ont été mises en œuvre beaucoup plus récemment. Les échanges ont donc été focalisés sur les méthodes et outils mis en œuvre dans les démarches de définition des volumes prélevables toujours en cours à la date de rédaction de ce rapport (Cf. tableau ci-dessous). De manière originale sur le bassin Rhône-Méditerranée, la détermination des Volumes prélevables passe systématiquement par une détermination des Débits Minimums Biologiques ; débits minimaux garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces piscicoles clefs vivant dans les cours d'eau objets de l'étude.

**D'un point de vue général**, les situations de gestion, les systèmes d'information et les outils de modélisation au sein et entre bassins sont très variés. Les tableaux n°2 & 3 proposent une présentation synthétique d'une part des données et méthodes de collecte de données, et d'autre part des outils et modèles décrits par les acteurs rencontrés dans chacun des bassins. Les différences entre bassins, de nature, d'ampleur et de diversité des dispositifs de collecte de données et de modélisation, reflètent l'historique et l'importance passée et actuelle de l'enjeu gestion des étiages dans ces bassins mais aussi les dispositifs sur lesquels les acteurs rencontrés dans chaque bassin ont mis l'accent lors des entretiens. Seules les spécificités des bassins sont présentées dans ces tableaux. Ainsi, les dispositifs de collecte de données généralisés (ex. données sur les déclarations et autorisations de prélèvements des DDT et sur les prélèvements des Agences de l'Eau) s'ils ne sont pas spécifiques ou les démarches nationales présentées dans la section n°4 de ce rapport (ex. Banque Nationale sur les Prélèvements en Eau, Banque Hydro, Modélisation Explore 2070) ne sont pas présentés ici. Certains modèles ou outils d'aide à la décision sont présentés dans un bassin alors qu'ils sont potentiellement appliqués dans plusieurs (ex. les modèles et outils de la CACG ou le modèle SIM). Le choix a été fait de les rattacher au bassin dans lequel ils sont le plus utilisés (BAG pour la CACG) ou de l'institution qui les utilise (DREAL Poitou-Charentes pour SIM).

*Tableau : Synthèse des spécificités par bassin en termes de données relatives aux prélèvements et état quantitatif des ressources en eau.*

Cadre/objectif	Données	Méthodes	Destinataires	Observations/Enjeux
<b>Bassin Adour-Garonne</b>				
Elaboration d'un Plan de Gestion des Etiages (PGE) à l'échelle d'un bassin versant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressources disponibles (débits renaturalisés)</li> <li>- Bilan des usages</li> <li>- Estimation du déficit</li> <li>- Plan d'action pour réduire le déficit</li> <li>- Base de données avec indicateurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- « Renaturalisation » des débits par analyse de données, modélisation pluie/débit ou extrapolation d'un bassin à un autre</li> <li>- Estimation des prélèvements à partir des données AEAG, DDT, Recensement Agricole</li> <li>- Estimation du déficit par bilan ressource/prélèvements</li> </ul>	Porteur du PGE, acteurs de l'eau du bassin concerné, services de l'Etat et AEAG	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données globales à l'échelle du bassin versant</li> <li>- Incertitudes sur les usages agricoles</li> <li>- Diversité de méthodes mise en œuvre entre bassins</li> <li>- Indicateurs de suivi peu mis en œuvre et peu centralisés</li> <li>- Données sur les ressources utilisées pour la définition des volumes prélevables (peu d'études)</li> </ul>

	de suivi			dédiées) - Données sur les prélèvements agricoles spatialisées à la commune (vs. position géographique et sur ressource)
Mise à jour de l'état des lieux DCE - « Pression significative » par tronçon de cours d'eau	- « Pression significative » = rapport entre prélèvements et ressources disponibles en situation non influencée par tronçon de cours d'eau	- Prélèvements = données (redevance) de l'AEAG - Ressources au dessus du DOE = QMNA5 estimés sur les tronçons des principaux cours d'eau français sur la base de l'analyse comparée des sorties de trois modèles développés par l'IRSTEA	AEAG, Europe	- Estimations des QMNA5 estimées par certains acteurs institutionnels comme pas toujours cohérentes par rapport aux connaissances expertes locales
<b>Bassin Loire-Bretagne</b>				
Collecte de données sur les prélèvements	- Données issues de la procédure redevance	- Actuellement procédure papier classique	Tout public, services de l'Etat et AELB	- Données imprécises entre autre pour le rattachement à un code masse d'eau souterraine (ex. problème de superposition d'aquifères en LB) et en terme de spatialisation. - Objectif de développer la télé-déclaration pour réduire les temps de traitements et de mise à disposition des données
<b>Bassin Rhône-Méditerranée</b>				
Estimation des Débits Minimums Biologiques (DMB) et Volumes Prélevables (VP)	- Ressources disponibles (débits renaturalisés) - Données homogénéisée et variables, et spatialisation) sur les prélèvements dans chacun des bassins versant sur lequel un VP a été défini	- « Renaturalisation » des débits par analyse de données, modélisation pluie/débit, extrapolation d'un bassin à un autre, - Estimation des prélèvements par combinaison de (i) enquêtes de terrain, (ii) recoupement entre différentes bases de données et (iii) estimation des prélèvements bruts, des rejets, des prélèvements nets	Acteurs de l'eau du bassin concerné, services de l'Etat et AERM	- Procédure mise en œuvre par des bureaux d'étude différents suivant un cahier des charges uniques - Intégration des données homogénéisées dans le système d'information de l'agence RM - Spatialisation fine des points de prélèvements et affectation d'information précise sur ressource impactée et préleveurs

Tableau : Synthèse des spécificités par bassin en termes de modèles et outils d'aide à la décision pour la gestion des étiages

Modèle/outil	Nature	Utilisations	Observations
<b>Bassin Adour-Garonne (BAG)</b>			
Modèle du SMEAG (Syndicat Mixte d'Etudes et d'Aménagement de la Garonne)	- Modèle agro-hydrologique semi distribué. Modèle pluie/débit. Besoins agricoles estimés en fonction de la demande climatique (Kc x ETP) pour huit types de culture représentés par sous bassin	- Planification (évaluation de scénarios) - Gestion opérationnelle : décision de lâcher pour le soutien d'étiage	- Les surfaces irriguées par type de culture sont estimées à partir du RA 2010 - Pour la gestion opérationnelle le modèle est alimenté au fur et à mesure de la saison par des informations hydrologiques et météorologiques spatialisées
Modèle de nappes alluviales (développés par le BRGM et utilisé par les DDT)	- Modèle Hydrodynamique maillé (250x250 m) des nappes alluviales de la Garonne, Ariège, Tarn aval et Aveyron aval	- Estimer le volume prélevable annuellement dans ces réservoirs en fonction de leur niveau de recharge (pluie efficace) avant la saison de prélèvement et de leur niveau en sortie de saison précédente	- Modèles utilisés en opérationnel par les DDT depuis quelques années. - Modèle en cours d'actualisation : redécoupage des casiers pour une meilleure adéquation avec les périmètres des OUGC et intégration de certains échanges nappes rivières.
LAGON® (CACG)	- Modèle de simulation au pas de temps journalier de bilans besoins-ressources à l'échelle du bassin versant	- Estimation de déficit par bassin versant - Evaluation de scénarios de demande (assolement x surface irriguée) pour identifier celui permettant un déficit nul 4 années sur 5	- Outil aussi utilisé pour définir des volumes prélevables et des volumes complémentaires nécessaires pour satisfaire tous les besoins au moins 4 années sur 5

RIO MANAGER® (CACG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logiciel d'optimisation de modes de gestion des ressources en eau stockées</li> <li>- Modèle semi distribué au pas de temps mensuel</li> <li>- Cours d'eau représentés sous forme de réseau avec fonction de transfert entre volumes stockés et besoins par zone géographique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir des quotas de prélèvements autorisés en fonction de la ressource stockée disponible et tester l'effet de scénarios climatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La demande est une donnée d'entrée représentant une dynamique prédéfinie (demande mensuelle en eau agricole) et associée à des unités spatiales rattachées au réseau (hydrologique)</li> <li>- Interface élaborée de paramétrage des scénarios et de visualisation SIG</li> <li>- Développement en cours pour affiner la représentation de la demande agricole et passer au pas de temps journalier</li> </ul>
Irriportail® (CACG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interface web d'échange d'informations entre le gestionnaire de ressources stockées et les usagers agricoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Echange d'information sur la météo, l'état des ressources, le conseil à l'irrigation (gestionnaire), intentions d'irrigation (irrigants)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Echange d'informations pour essayer d'instaurer une situation gagnant – gagnant favorable à une gestion plus efficiente des ressources en eau stockées</li> </ul>
<b>Bassin Loire-Bretagne (BLB)</b>			
Modèle du Jurassique en Poitou-Charentes et Marais-Poitevin (développé par le BRGM, financé par la région Poitou Charente puis par l'AELB et la DREAL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle hydrogéologique intégrant une représentation des interactions nappe-rivière (maille km<sup>2</sup>, décade)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluer l'impact de différents scénarios de gestion (réduction des prélèvements, création de réserves de substitution) sur le débit des rivières et les niveaux piézométriques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisé par la DREAL PdL pour l'optimisation des projets de réserves et pour évaluer l'impact des dispositions du SDAGE et des changements climatiques</li> <li>- Modèle utilisé pour le projet national Explore 2070</li> </ul>
Modèle du Cénomaniens (développé par un bureau d'étude SOGREAH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle hydrogéologique (maille km<sup>2</sup>, pas de temps mensuel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluer l'impact des prélèvements sur le fonctionnement de la nappe captive exploitée pour l'AEP et en déduire des dispositions spécifiques dans le SDAGE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une actualisation du modèle est prévue fin 2013 début 2014</li> <li>- Pour bien utiliser ce modèle l'AELB souhaite disposer de données plus fiables sur les prélèvements</li> </ul>
Modèle de la nappe de Beauce (développé par l'Ecole de mines)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle hydrogéologique couplant nappes/rivières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer un volume global prélevable dans la nappe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- D'après l'AELB ce modèle n'est « pas utilisable à une échelle spatiale assez fine » mais « a tout de même permis d'étayer les diagnostics pour la définition de volumes prélevables »</li> </ul>
Modèle MORDOR (développé par EDF/DTG)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle hydrogéologique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévoir les débits des cours d'eau en fonction de la pluie et de l'évapotranspiration sur le bassin et prenant en compte les débits de remplissage des réservoirs (barrages) EDF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modèle utilisé par la DREAL centre pour prévoir les étiages sur la Loire et anticiper les situations de crise</li> </ul>
Plateforme SIM (nationale, développée par CNRM & Ecoles des Mines)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chaîne de modèles couplant : <ul style="list-style-type: none"> <li>- SAFRAN - grille météo 8x8 km</li> <li>- ISBA - modèle d'échanges sol-végétation-atmosphère (bilans d'eau et d'énergie couplés, calcul direct de l'évapotranspiration réelle)</li> <li>- MODCOU - modèle hydrogéologique distribuée (maille de 1x1 à 8x8 km, pas de temps jour)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Représenter l'hydrologie de surface pseudo-naturelle (sans anthropisation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simulations jugées essentielles pour les échanges entre gestionnaires et équipes scientifiques, dans BLB</li> <li>- Outil utilisé par la DREAL PC pour prévoir les étiages d'un secteur à l'autre</li> <li>- La DREAL PC considère que le modèle n'est pas suffisamment calé pour discuter avec les usagers de l'eau en général et la profession agricole en particulier</li> <li>- Représentation de l'effet des retenues à usage irrigation (« lacs collinaires ») intégrée récemment</li> <li>- Il est prévu d'intégrer le fonctionnement des nappes par couplage avec les modèles du BRGM et ainsi de représenter les échanges nappe-rivière</li> </ul>
Observatoire sur l'eau (Entente interdépartementale du bassin de l'Authion)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Portail d'échange d'informations entre les irrigants et la Chambre d'Agriculture 49 (CA 49) sur les pratiques d'irrigation pour établir des prévisions de consommations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etablissement de prévisions de consommations par la CA 49 transmises aux gestionnaires de ressources stockées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les utilisateurs s'accordent à dire que le système fonctionne bien</li> <li>- Mais aucune information sur certains aspects (travail en serres, horticulture, etc.) et le taux de réponse des exploitants agricoles est pour l'instant de l'ordre de 50-60%</li> <li>- Il est envisagé de mettre en œuvre ce type d'outil dans d'autres bassins versant</li> </ul>
<b>Bassin Rhône-Méditerranée (BRM)</b>			
Modèles pour l'estimation des Débits Minimums Biologiques (DMB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deux modèles (développés par l'Irstea):</li> <li>- Estimhab (généralement mis en œuvre) est un modèle statistique associé à un protocole de collecte de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimation pour un débit donné de l'habitat aquatique potentiel d'un cours d'eau pour le stade de développement d'une espèce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La mise en œuvre de ces modèles nécessite au préalable un inventaire des espèces présentes sur le bassin d'étude</li> <li>- Ils permettent d'estimer un débit nécessaire en fonction d'un objectif sur les habitats aquatiques</li> </ul>

	données simple - EVHA : couplage d'un modèle hydraulique et d'un modèle biologique, le premier décrit physiquement la rivière, le deuxième traduit sa capacité d'accueil pour les poissons		- Les données issues de ces modèles sont comparées aux indicateurs statistiques des débits renaturalisés (ex. QMNA5) pour définir un Débit d'Objectif d'Étiage
--	---	--	--

**La grande majorité des acteurs rencontrés s'accorde à dire que chaque situation de gestion est spécifique du fait de ses caractéristiques en termes de systèmes (géo)hydrologiques, agricoles (situations pédoclimatiques et pratiques), de gestion des ressources stockées et de régulation des usages et des interactions entre ses systèmes.** Au-delà des enjeux propres à chaque situation de gestion et bassin, un consensus se dégage, autour de la nécessité d'équiper les Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC) avec des outils leur permettant de concevoir, suivre les effets et réviser les plans de répartition des Volumes Prélevables entre usagers agricoles (leur mission réglementaire) mais aussi des stratégies (ou protocoles) de gestion en cours de campagne permettant de réduire l'occurrence des crises de gestion quantitative (c'est-à-dire le passage sous un seuil réglementaire de débit ou de hauteur de nappe). Les acteurs rencontrés soulignent l'importance d'assurer la compatibilité et l'interopérabilité de ce type d'outil avec ceux des DDT, en cours de développement pour gérer les autorisations de prélèvement (ex. outil OASIS) voire la mise à disposition des DDT de ces outils pour les aider à gérer au mieux lâchers pour le soutien d'étiage et/ou restrictions des usages.

**Du point de vue des systèmes d'information,** l'un des enjeux soulevé dans tous les bassins concerne l'amélioration de la qualité des données nécessaires à l'élaboration et la mise en œuvre de dispositifs de gestion, en particulier les données sur les ressources en eau et sur les prélèvements agricoles.

**Pour les ressources en eau,** les principaux besoins exprimés sont (i) l'identification et la caractérisation des retenues (ex. petites retenues à usage irrigation aussi appelées « retenues collinaires »), (ii) la caractérisation des ressources souterraines et, tout particulièrement en Rhône Méditerranée, (iii) le développement des stations de mesure de débits et niveaux piézométriques.

Les acteurs sont également demandeurs de progrès dans les modèles hydrologiques permettant de simuler les débits et niveaux des nappes ou à défaut de méthodes d'extrapolation des mesures produites dans un bassin équipé à un bassin non équipé.

Concernant les ressources souterraines les acteurs soulignent une très forte méconnaissance des nappes profondes plus particulièrement en termes de délimitation, dimension et propriétés des couches profondes correspondantes. Souvent, les dispositifs de mesure et modèles à disposition ne permettent pas de connaître avec une précision suffisante la dynamique spatio-temporelle de ces ressources. Par ailleurs les échanges entre nappes et cours d'eau sont également mal connus et peu représentés dans les outils de modélisation utilisés.

Concernant les retenues, malgré l'exhaustivité et la précision spatiale offerte par l'information géographique de la couche surfaces en eau de la BD TOPO® de l'IGN celle-ci ne fournit pas d'information clef sur les caractéristiques des retenues : volume, hauteur de digue, nature des usages. Dans le cadre de l'actualisation du référentiel hydrographique français, les travaux actuels pour la migration du référentiel de la BD Carthage® vers la BD « Topage® » sur la description des ressources en eau superficielles (cours d'eau et retenues), devraient conduire à mener des réflexions sur les attributs à associer à cette nouvelle base. D'après les acteurs de l'AEAG, notamment, la caractérisation des retenues, au moins celles à usage irrigation, est indispensable pour estimer l'impact cumulé des retenues existantes sur l'hydrologie des cours d'eau et ainsi définir, à l'échelle des bassins versants, leur niveau de pression sur les étiages et un potentiel d'équipements futurs permettant une gestion durable des étiages.

**Pour les prélèvements agricoles,** les principaux besoins exprimés sont (i) de spatialiser et rattacher aux ressources utilisées les points de prélèvement agricoles et (ii) d'estimer la dynamique des prélèvements associés à ces points et donc aux différentes ressources. Les données sur les prélèvements d'eau issues des déclarations auprès des AE fournissent des informations sur les prélèvements annuels mais pas sur la dynamique quotidienne/hebdomadaire de prélèvement et souvent le géoréférencement des points de prélèvement et l'identification des ressources en eau impactées sont imprécis voire inexistantes. Les données des DDT sur les prélèvements sont actuellement très hétérogènes d'un département à un autre. L'estimation de l'ampleur et de la dynamique des prélèvements agricoles nécessite d'associer à ceux-ci des informations sur les systèmes de culture irrigués (séquence/rotation de cultures et pratiques culturales). D'un point de vue général, les acteurs rencontrés, plus particulièrement ceux des bassins Adour-Garonne et de Loire

Bretagne, considèrent qu'il y a un gros enjeu à développer un système d'information sur la spatialisation des systèmes de culture au sein des bassins et sur les relations hydrauliques entre ceux-ci et les ressources en eau de ces bassins. Ce système d'information permettrait non seulement d'estimer la dynamique des prélèvements mais aussi d'identifier la nature des systèmes de production et enjeux agricoles associés à une ressource et ainsi mieux définir les voies de progrès envisageables et les conséquences socio-économiques potentielles. Plus généralement, il y a également un besoin de coordination entre les services producteurs de données (DDT, OUGC, EPTB, AE...) aux différentes échelles afin d'homogénéiser la structuration des schémas de chaque système d'information et ainsi en assurer l'interopérabilité. Dans le cadre du développement de la Banque Nationale sur les Prélèvements en Eau, un projet national est en cours actuellement pour coordonner et homogénéiser les procédures entre DDT d'une part et entre agences de l'eau d'autre part.

Par ailleurs, l'une des attentes des organisations impliquées dans la gestion opérationnelle en cours de campagne (ex. DDT, EPTB, gestionnaire de barrage) concerne la mise à disposition de données sur l'état des ressources, la dynamique des prélèvements et les besoins des systèmes de culture en temps réel. Pour les gestionnaires, l'un des enjeux est de pouvoir anticiper les crises. Or, les données actuelles pour décrire, voire anticiper, les prélèvements (superficies irriguées, demandes en eau des plantes, prélèvements) arrivent toujours avec un temps de décalage de l'ordre du semestre à l'année, totalement incompatible avec ce type d'objectif.

**Du point de vue des approches de modélisation**, de nombreux modèles ou procédures de modélisation sont développés ou mis en œuvre par la recherche ou des bureaux d'étude pour des applications spécifiques souvent de l'ordre du diagnostic sur la disponibilité des ressources (reconstitution/simulation des débits naturels, définition de seuils de gestion, etc.). Cependant, il existe **peu d'outils pour modéliser les interactions nappes/rivières et ressources/prélèvements et évaluer ex ante l'impact de mesures de gestion à l'échelle des unités de gestion ou de grands bassins hydrologiques**. Les systèmes hydro(géo)logiques, d'usages, de stockage et de régulation des usages de l'eau forment des « socio-agro-hydrosystèmes » complexes dont la représentation dans des modèles est balbutiante ou peu mise à disposition des gestionnaires. Pourtant dans les trois bassins, les acteurs rencontrés sont demandeurs de modélisation intégrée permettant de représenter finement les spécificités du socio-agro-hydrosystème de chaque sous bassin et, ainsi, aider à la conception de plan d'action de moyen terme ou de mesure de gestion en cours de campagne. Toutefois, comme les décideurs souhaitent avoir des sorties d'outils de simulation synthétiques, fiables et compréhensibles ; l'équilibre entre niveau de complication des outils et lisibilité/accessibilité est un enjeu clairement mentionné par les acteurs rencontrés et de ce fait, pour les développeurs de ce type de modèle intégré.

Plus précisément, il ressort des entretiens réalisés dans les trois bassins un besoin d'outils basés sur la **modélisation intégrée des socio-agro-hydrosystèmes pour** :

- **concevoir une stratégie d'action** (combinaison de leviers d'action et de degrés d'action de chacun) à l'échelle d'un projet de territoire par exemple dans le cadre de l'élaboration d'un SAGE ou d'un PGE à l'échelle du bassin versant concerné par celui-ci ;
- **l'aide à la gestion en temps réel à l'échelle des bassins versant** par exemple pour les DDT et EPTB voire OUGC ;
- **assister les OUGC dans l'élaboration des plans de répartition des volumes prélevables** à l'échelle des unités hydrologiques de définition de ces volumes.

Dans les trois cas, l'enjeu réside dans la capacité du modèle intégré à **représenter, au sein des bassins versant, la variabilité des interactions entre sol-système de culture-système de production-hydrologie et gestion des ressources en eau à une résolution spatio-temporelle compatible avec les échelles de décision et d'action des gestionnaires** des étiages (ex. zone d'édiction des restrictions d'usage et jour) tout en permettant d'évaluer les effets potentiels des décisions sur les systèmes de production agricoles (ex. la perte financière pour les exploitations impactées). La nécessité de gérer au jour le jour, ou sur quelques jours, les interactions entre ressources et prélèvements pour assurer le bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques et le respect des réglementations sur l'eau impose que ces outils puissent produire des informations à une résolution temporelle fine.

Les **travaux de recherche conduits par l'équipe MAGE** à l'échelle du bassin versant s'intéressent spécifiquement à l'analyse et à la modélisation intégrée des interactions entre utilisation agricole du sol, gestion des ressources stockées, régulation des usages agricoles de l'eau et flux d'eau dans l'hydrosystème. Ils sont organisés autour de trois grands axes de travail (i) représentation de la structure socio-agro-hydrosystème (territoire de gestion de l'eau) via le **développement d'un Système d'Information Géographique représentant la distribution spatiale des systèmes de culture** et les relations entre systèmes agricoles (îlots culturels et exploitations agricoles) et ressources en eau (cours d'eau, retenues, nappes), (ii) modélisation et simulation du fonctionnement du socio-agro-hydrosystème via le **développement d'une plateforme de simulation multi-**

**agent représentant les interactions** entre des processus écologiques (hydrologie et croissance des cultures), socio-économiques (démographie des communes et prélèvements associés, évolution de l'occupation des sols), de décision des agriculteurs (choix d'assolement et conduite des systèmes de culture au sein de chaque exploitation), de gestion de chaque barrage de soutien d'étiage et d'édition des restrictions d'usage et (iii) **démarche participative de construction/évaluation de scénarios d'organisation spatiale de systèmes de culture et de gestion des ressources en eau** à l'échelle du bassin versant permettant de réduire la fréquence d'occurrence des crises (passage sous un seuil réglementaire de débit ou de hauteur de nappe). Ces travaux répondent donc à trois grandes demandes des acteurs rencontrés : développer (i) un système d'information sur les systèmes de culture et les relations hydrauliques de ceux-ci avec les ressources en eau, (ii) un modèle intégré permettant de simuler au sein des bassins versant les interactions entre les composantes de la gestion quantitative de l'eau à des résolutions spatiales (unité hydrologique de régulation des usages, système de production agricole<sup>1</sup>) et temporelles (jour) compatibles avec le niveau des informations attendues par les gestionnaires sur l'hydrologie et l'agriculture et (iii) proposer des méthodes pour concevoir avec les parties prenantes de chaque situation de gestion des solutions durables.

Ce rapport d'étude est accompagné par un autre rapport, également produit l'équipe MAGE de l'UMR AGIR, dont les objectifs sont (i) de présenter les principales caractéristiques attendues d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des étiages à l'échelle d'un bassin versant type unité de gestion des Volumes Prélevables et (ii) de présenter une analyse comparée d'une sélection de modèles mis en œuvre en France qui pourraient servir pour le développement de cet outil d'aide à la décision.

---

<sup>1</sup> Dans ce rapport le concept de système de production agricole est assimilé au concept d'exploitation agricole.

- **SOMMAIRE**

<b>1. Table des illustrations .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Introduction .....</b>	<b>16</b>
<b>3. Méthodologie .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1. Identification des bassins hydrographiques à enjeux.....</b>	<b>17</b>
3.1.1. Les Zones de Répartition des Eaux .....	17
3.1.2. Les bassins hydrographiques retenus.....	19
<b>3.2. Conduite d'entretiens auprès des acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative de l'eau .....</b>	<b>22</b>
3.2.1. Identification et rôle des personnes contactées .....	22
3.2.2. Organisation d'entretiens téléphoniques et de rencontres terrain.....	23
3.2.3. Structuration des échanges.....	24
<b>4. Enjeux et besoins des acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative des étiages .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Le bassin Adour-Garonne .....</b>	<b>25</b>
4.1.1. Entretiens et rencontres organisées.....	25
4.1.2. Principaux enjeux en matière de gestion quantitative de l'eau .....	25
4.1.3. Connaissances, méthodes et outils utilisés.....	26
4.1.3.1. Les dispositifs de gestion et outils d'analyse mobilisés .....	26
4.1.3.2. Outils et démarches de modélisation .....	29
4.1.3.3. Les données mobilisées.....	31
4.1.4. Les besoins des acteurs en charge de la gestion quantitative de l'eau .....	32
4.1.5. Intérêts manifestés pour les outils de l'INRA.....	34
<b>4.2. Le bassin Loire-Bretagne .....</b>	<b>34</b>
4.2.1. Entretiens et rencontres organisées.....	34
4.2.2. Principaux enjeux en matière de gestion quantitative de l'eau .....	34
4.2.3. Connaissances, méthodes et outils utilisés.....	37
4.2.3.1. Les dispositifs de gestion et outils d'analyse mobilisés .....	37
4.2.3.2. Outils et démarches de modélisation .....	38
4.2.3.3. Les données mobilisées.....	39
4.2.4. Les besoins des acteurs en charge de la gestion quantitative de l'eau .....	39
4.2.5. Intérêts manifestés pour les outils de l'INRA.....	42
<b>4.3. Le bassin Rhône-Méditerranée .....</b>	<b>42</b>
4.3.1. Entretiens et rencontres organisées.....	42
4.3.2. Principaux enjeux en matière de gestion quantitative de l'eau .....	42
4.3.3. Connaissances, méthodes et outils utilisés.....	44
4.3.3.1. Les dispositifs de gestion et outils d'analyse mobilisés .....	44
4.3.3.2. Outils et démarches de modélisation .....	45
4.3.3.3. Les données mobilisées.....	45
4.3.4. Les besoins des acteurs en charge de la gestion quantitative de l'eau .....	46
4.3.5. Intérêts manifestés pour les outils de l'INRA.....	47
<b>5. Synthèse au niveau national .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1. Des besoins communs en connaissances, méthodes et outils.....</b>	<b>47</b>
5.1.1. Synthèses des données et modèles-outils utilisés.....	47
5.1.2. Constats d'ordre général .....	50
5.1.3. La mise à disposition de données précises et en temps réel.....	50
5.1.4. Des moyens « réduits » en matière de modélisation .....	51
5.1.5. Des outils de pilotage pour appuyer le travail des OUGC.....	52
<b>5.2. Etudes conduites au niveau national .....</b>	<b>52</b>
5.2.1. Le projet de Banque Nationale des Prélèvements en Eau.....	52
5.2.2. La plateforme OASIS pour appuyer le travail des DDT.....	53
5.2.3. Un outil pour appuyer le travail des OUGC .....	53
5.2.4. Le projet Explore 2070 et l'outil STRATEAU.....	53
<b>6. Intérêts, adaptations possibles des travaux de l'INRA.....</b>	<b>54</b>

<b>6.1. Système d'information sur la distribution spatiale des systèmes de culture et de production, des prélèvements et des ressources en eau .....</b>	<b>54</b>
6.1.1. Description des assolements et séquences .....	54
6.1.2. Spatialisation des pratiques culturales .....	56
6.1.3. Une méthode d'appariement de Bases de Données Géographiques pour analyser les interactions entre agriculture et ressources en eau.....	56
<b>6.2. La plateforme MAELIA .....</b>	<b>58</b>
<b>6.3. Co-construction et co-évaluation de scénarios d'organisation spatiale des systèmes de cultures et gestion des ressources en eau .....</b>	<b>59</b>
<b>6.4. Adéquation entre les travaux de l'équipe MAGE et attentes des gestionnaires des étiages rencontrés .....</b>	<b>59</b>
<b>7. Conclusion .....</b>	<b>60</b>
<b>8. Glossaire .....</b>	<b>62</b>
<b>9. Sigles &amp; Abréviations .....</b>	<b>63</b>
<b>10. Bibliographie .....</b>	<b>65</b>
<b>11. Annexes .....</b>	<b>68</b>
<b>Annexe 1 : Acteurs impliqués dans la gestion quantitative de l'eau interviewés ou rencontrés .....</b>	<b>68</b>
<b>Annexe 2 : Questionnaire envoyé aux acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative de l'eau .....</b>	<b>72</b>
<b>12. Remerciements .....</b>	<b>74</b>

## 1. Table des illustrations

Figure 1 : Zones de Répartition des Eaux des Eaux Superficielles – Juin 2012.....	18
Figure 2 : Zones de Répartition des Eaux des Eaux Souterraines – Juin 2012.....	18
Figure 3 : Zones de Répartition des Eaux des Eaux Superficielles et Souterraines – Juin 2012 .....	19
Figure 4 : Volumes d'eau prélevés et consommés par usage en France métropolitaine .....	19
Figure 5 : Volumes d'eau prélevés par usage et par bassin hydrographique en 2009 (en millions de m <sup>3</sup> ) .....	20
Figure 6 : Superficies irriguées, en hectare, par région administrative et bassin hydrographique en 2010 .....	21
Figure 7 : Volumes prélevés pour l'irrigation, en million de m <sup>3</sup> , par région administrative et bassin hydrographique en 2010 .....	21
Figure 8 : Superficies irriguées et volumes d'eau prélevés pour l'irrigation en 2010 par bassin hydrographique .....	22
Figure 9 : Typologie des bassins versants pour l'accompagnement financier des mesures liées à la réforme des volumes prélevables en Adour-Garonne.....	26
Figure 10 Etat d'avancement des PGE sur le bassin Adour-Garonne au 27 juin 2012 .....	28
Figure 11 : Organismes Uniques désignés sur le bassin Adour-Garonne (15/02/2013).....	33
Figure 12 : Zones d'alerte définies dans l'arrêté cadre interdépartemental marais poitevin pour "gérer" les déficits d'eau par bassin versant liés à l'irrigation.....	35
Figure 13 : Gestion des eaux sur le bassin du Lay en période d'étiage.....	41
Figure 14 : Equilibre quantitatif relatif aux prélèvements – Eaux superficielles .....	43
Figure 15 : Actions relatives au bon état quantitatif – Eaux souterraines .....	44
Figure 16 : Résultats de traitements du RPG 2006-2010 sur la reconstitution des séquences de culture.....	55
Figure 17 : Couches d'information géographique mobilisées pour représenter les relations eau-agriculture à l'échelle du BAG .....	57
Figure 18 : Principales relations à établir pour relier exploitations, points de prélèvement agricoles et ressources en eau.....	57
Figure 19 : Illustration des travaux de thèse de Clément MURGUE (UMR AGIR, INRA Toulouse) .....	59
Tableau 1 : Exploitations, superficies irriguées et volumes prélevés pour l'irrigation en 2010 par bassin hydrographique .....	22
Tableau 2 : Synthèse des spécificités par bassin en termes de données relatives aux prélèvements et état quantitatif des ressources en eau. ....	48
Tableau 3 : Synthèse des spécificités par bassin en termes de modèles et outils d'aide à la décision pour la gestion des étiages .....	49

## 2. Introduction

Malgré les dispositifs déconcentrés et participatifs de gestion quantitative de l'eau instaurés par la loi sur l'eau de 1992 et par les outils règlementaires associés (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux - SDAGE, Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux - SAGE, Plan de Gestion des Etiages - PGE, Zone de Répartition des Eaux - ZRE, arrêtés cadre interdépartementaux) et les préconisations du ministère de l'écologie pour une gestion durable des étiages (ex. Guide méthodologique pour la gestion par débit-seuil de 2005), de nombreux bassins versants français présentent des problèmes majeurs et récurrents de gestion des étiages c'est-à-dire un déséquilibre entre demandes et ressources en eau. Le volet gestion quantitative de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006, en cours d'application, a pour objectif de résoudre ces problèmes par la détermination de volumes prélevables (VP) par les différents usages, dont l'agriculture, assurant un équilibre structurel entre ressources en eau et demande. La mise en œuvre de la LEMA dans les ZRE, où l'agriculture irriguée est souvent très présente, a généré d'importants conflits entre les institutions publiques impliquées et le monde agricole. Dans certains bassins, ces conflits ont poussé le gouvernement à définir des adaptations importantes des modalités d'application de la LEMA (ex. bassin de la Garonne). Celles-ci pourraient conduire à ce que les problèmes actuels de gestion d'étiage perdurent (Debril et Therond, 2013). Les Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC), instaurés par cette même loi, sont et seront chargés de définir un plan de répartition de ces volumes prélevables entre les usagers agricoles et, dans certains cas, d'établir un protocole de gestion permettant de réduire la fréquence d'occurrence des crises de gestion de l'eau. Le changement climatique, en œuvre, risque, dans beaucoup de régions, d'accentuer les déséquilibres entre ressources et besoins.

L'Unité Mixte de Recherche AGIR (à laquelle participe l'INRA de Toulouse) conduit des travaux de recherche ayant pour objectif de développer des connaissances, méthodes et outils pour la gestion quantitative de l'eau des échelles de la parcelle et du bloc d'irrigation à celles de l'exploitation et des bassins versants. Les approches développées sont basées sur (i) l'analyse et la modélisation des relations entre utilisation du sol par l'agriculture et flux d'eau dans l'hydrosystème (équipe MAGE - Modélisations Appliquées à la Gestion de l'Eau) et (ii) sur l'analyse de la gouvernance et du système d'acteurs de la gestion quantitative de l'eau (équipe Médiations - Accompagnement des activités agricoles et nouvelles ruralités).

Pour renforcer le caractère opérationnel des productions scientifiques de l'UMR AGIR, et en particulier de l'équipe MAGE, pour les acteurs publics et parapublics engagés dans la gestion des étiages, il est nécessaire d'identifier les enjeux de ces acteurs, la diversité des situations de gestion (ou systèmes socio-agro-hydrologiques) et l'intérêt d'une démarche d'analyse et de modélisation du comportement de ces systèmes socio-agro-hydrologiques à l'échelle des bassins versants et unités hydrologiques de gestion des étiages (plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés et plusieurs centaines à plusieurs milliers d'usagers agricoles). Ce rapport d'étude vise à participer à la spécification de ces enjeux, ainsi que des développements nécessaires des méthodes et des outils existants pour répondre à ces enjeux. L'objectif à terme est de comprendre le potentiel des outils issus de la recherche sur l'eau et l'agriculture dans la gestion des étiages.

Nous avons focalisé notre analyse sur les situations de gestion des étiages en déficit hydrologique chronique lié à l'irrigation. Ce choix lié à la nature des travaux de l'équipe MAGE, étude et modélisation des interactions entre agriculture et ressources en eau, nous a conduit à concentrer notre analyse sur les bassins Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée. Pour conduire l'analyse présentée dans ce rapport nous sommes allés à la rencontre d'acteurs institutionnels publics impliqués dans la gestion des étiages (Agences de l'eau, Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, etc.). Enfin nous avons focalisé notre analyse sur les pratiques et les besoins de ces acteurs en termes de systèmes d'information, d'outils d'analyse et de modélisation (vs. outils politiques et règlementaires). Les informations présentées dans ce rapport n'ont pas vocation à être exhaustives. Les différences entre bassins, de nature, d'ampleur et de diversité des dispositifs de collecte de données et de modélisation, reflètent l'historique et l'importance passée et actuelle de l'enjeu gestion des étiages dans ces bassins mais aussi les dispositifs sur lesquels les acteurs rencontrés dans chaque bassin ont mis l'accent lors des entretiens.

Ce rapport présente d'abord la méthodologie mise en œuvre afin d'analyser les enjeux en matière de gestion des étiages (en particulier ceux liés à l'irrigation) et besoins des institutions publiques en matière d'outils d'aide à la décision. Pour chacun des bassins hydrologiques retenus, nous présentons les enjeux identifiés ainsi qu'une discussion sur les caractéristiques des approches d'analyse et de modélisation des systèmes socio-agro-hydrologiques mises en œuvre actuellement par les acteurs de

ces territoires. Les besoins exprimés par les acteurs dans les différents bassins sont ensuite mis en perspective par rapport aux études mises en œuvre à un niveau national. Enfin, les travaux développés par l'équipe MAGE à l'INRA Toulouse, sur le développement d'outil pour la gestion quantitative de l'eau, sont présentés et discutés en fonction des adaptations possibles à envisager pour répondre aux besoins des acteurs.

### 3. Méthodologie

Après avoir ciblé les principaux bassins hydrographiques à enjeux, en matière de gestion quantitative de l'eau, la démarche mise en œuvre s'est appuyée sur l'entretien d'acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative de l'eau via des entretiens téléphoniques et rencontres terrain.

#### 3.1. Identification des bassins hydrographiques à enjeux

La loi sur l'eau de 1964 a instauré un découpage du territoire métropolitain en 6 grands bassins hydrographiques. Chaque bassin dispose d'une agence de l'eau et d'un comité de bassin qui définissent et adopte pour 5 ans un Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) qui fixe les orientations générales, les objectifs et les actions à mettre en œuvre. Il est composé de représentants de l'état, de collectivités locales et d'usagers de l'eau. En 2005, en application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), la délimitation des bassins hydrographiques a été légèrement réactualisée. On compte désormais 7 bassins métropolitains (le bassin Corse est devenu indépendant, quoique toujours relié à l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse - RMC) (Figure 1) et 5 bassins hydrographiques outre-mer qui abritent chacun un Office de l'eau : Guadeloupe, Guyane, Martinique, Mayotte, Réunion.

##### 3.1.1. *Les Zones de Répartition des Eaux*

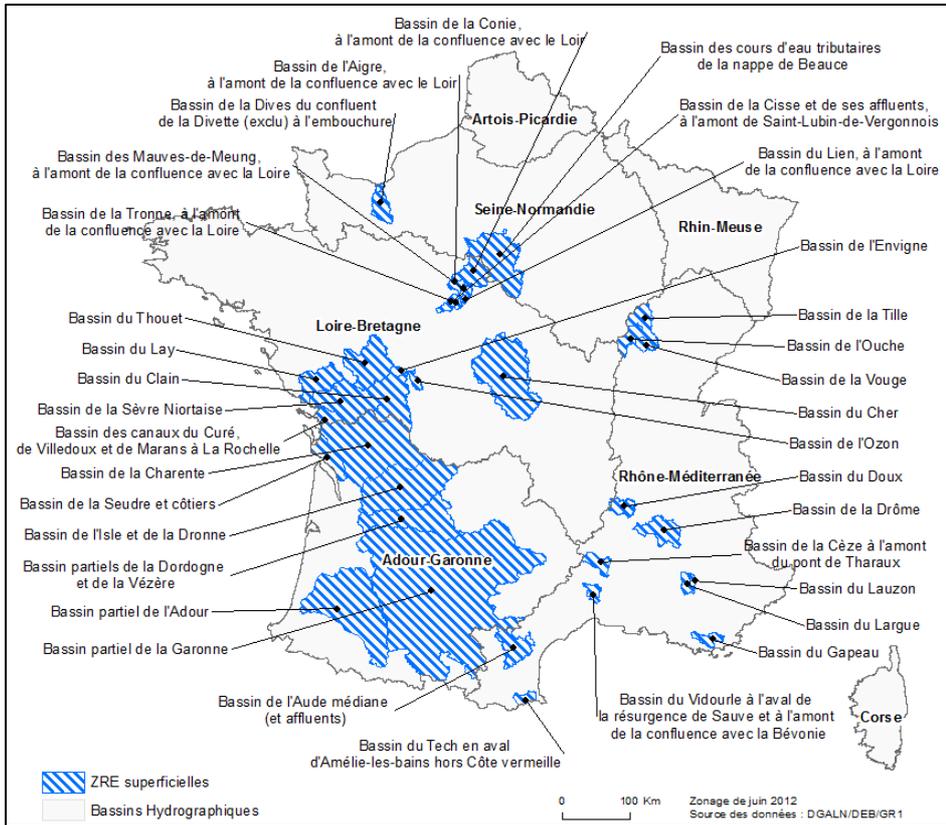
Mises en œuvre par le décret du 29 avril 1994 et modifiées par le décret du 11 septembre 2003, les Zones de Répartition des Eaux (Figures 1, 2 et 3) sont des zones « où sont constatées **une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins** »<sup>2</sup>. Il peut s'agir de bassins, sous bassins, fractions de sous bassins hydrographiques ou systèmes aquifères qui se caractérisent par un déficit chronique de la quantité d'eau disponible pour répondre à la demande des usagers (<http://www.glossaire.eaufrance.fr/>). C'est le préfet de département qui établit la liste des communes concernées. Depuis 2003, plusieurs arrêtés préfectoraux ont conduit à mettre à jour ces listes<sup>3</sup>.

---

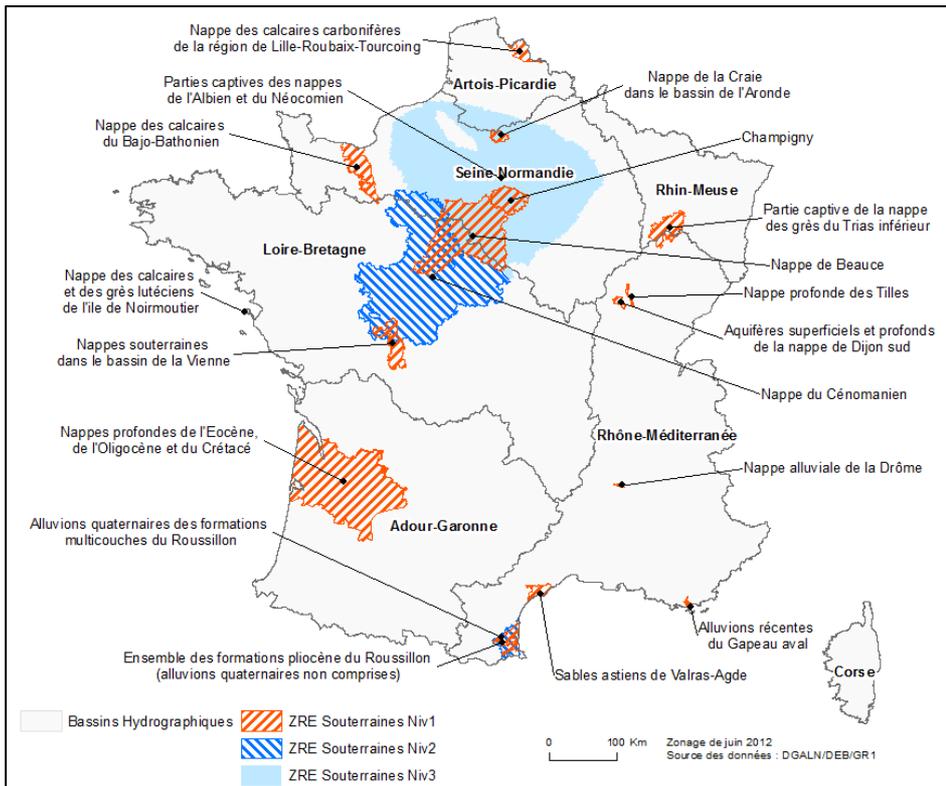
<sup>2</sup> Décret n°2003-869 du 11 septembre 2003 modifiant le décret n°94-354 du 29 avril 1994

<sup>3</sup> Liste des ZRE en vigueur au 25 juillet 2013 :

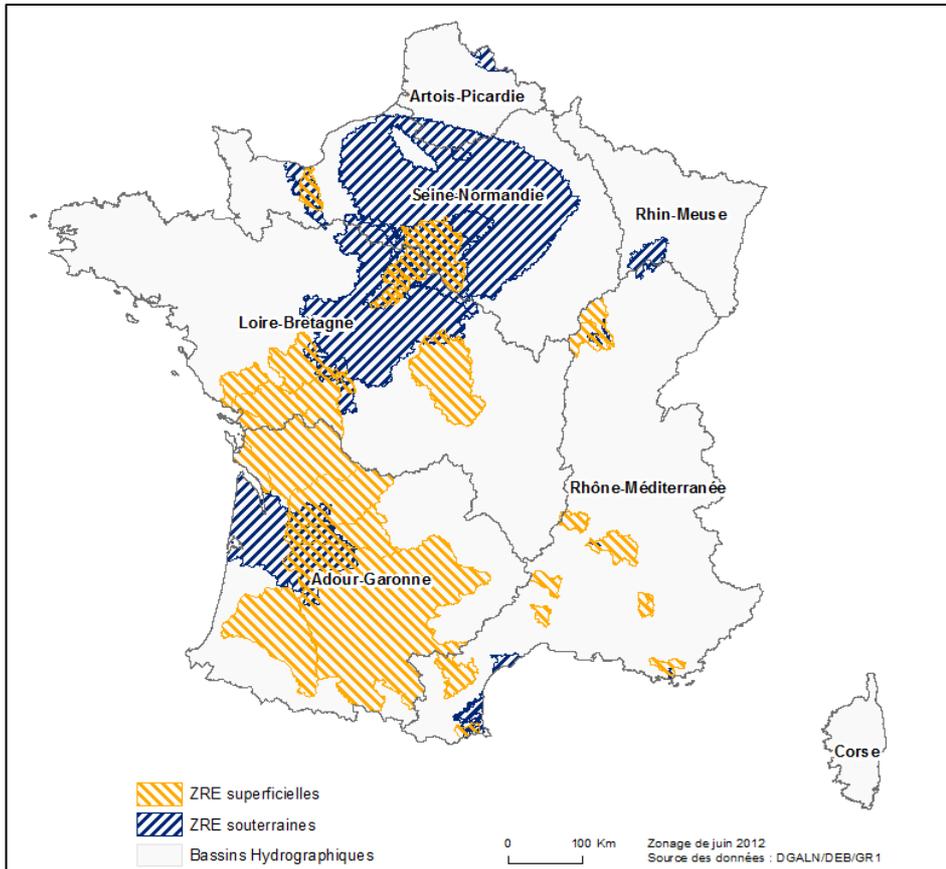
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idSectionTA=LEGISCTA000006188698&cidTexte=LEGITEXT000006074220>



© UMR AGIR  
 Figure 1 : Zones de Répartition des Eaux des Eaux Superficielles – Juin 2012  
 Source des données : DGALN/DEB/GR1



© UMR AGIR  
 Figure 2 : Zones de Répartition des Eaux des Eaux Souterraines – Juin 2012  
 Source des données : DGALN/DEB/GR1



© UMR AGIR  
 Figure 3 : Zones de Répartition des Eaux des Eaux Superficielles et Souterraines – Juin 2012  
 Source des données : DGALN/DEB/GR1

On constate que les bassins Adour-Garonne, Seine-Normandie, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée sont ceux qui contiennent les plus grandes superficies classées de leur territoire en ZRE (ZRE superficielles et souterraines confondues). Dans chacun de ces bassins, les volumes prélevés ne dépendent pas des mêmes usages (Alimentation en Eau Potable – AEP, agricole, industriel, production énergétique).

### 3.1.2. Les bassins hydrographiques retenus

A l'échelle nationale, en 2009, les volumes prélevés pour l'irrigation représentent une faible part (9%) par rapport aux autres usages. En revanche, si au moins 90% des prélèvements consacrés à la production d'électricité sont restitués au milieu, la quasi-totalité de l'eau destinée à l'irrigation est consommée c'est-à-dire non restituée localement au milieu naturel (Figure 4). Sur 34 milliards de volume d'eau prélevé en 2001, 6 milliards (soit 18%) sont consommés, dont 48% par l'irrigation (Ministère chargé de l'écologie, 2012).

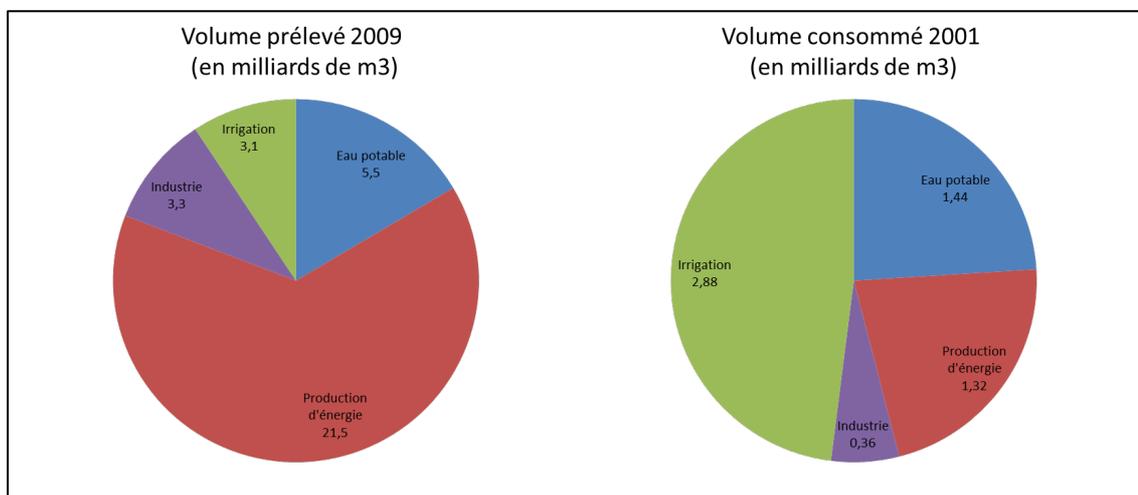


Figure 4 : Volumes d'eau prélevés et consommés par usage en France métropolitaine  
 Source des données : <http://www.eaufrance.fr/observer-et-evaluer/pressions-sur-les-milieux/prelevements/>  
 Nota bene : Le décalage entre les années de production des données (2001 et 2009), sur le site source « eaufrance », peut être relativisé dans la mesure où la quantité d'eau prélevée totale (33,4 milliards de m3 en 2009 pour 34 milliards de m3 en 2001) et par usage est quasiment équivalente

En fonction des usages, les prélèvements ne se répartissent pas de la même façon sur le territoire métropolitain (CGDD, SOeS, 2012) (Figure 5).

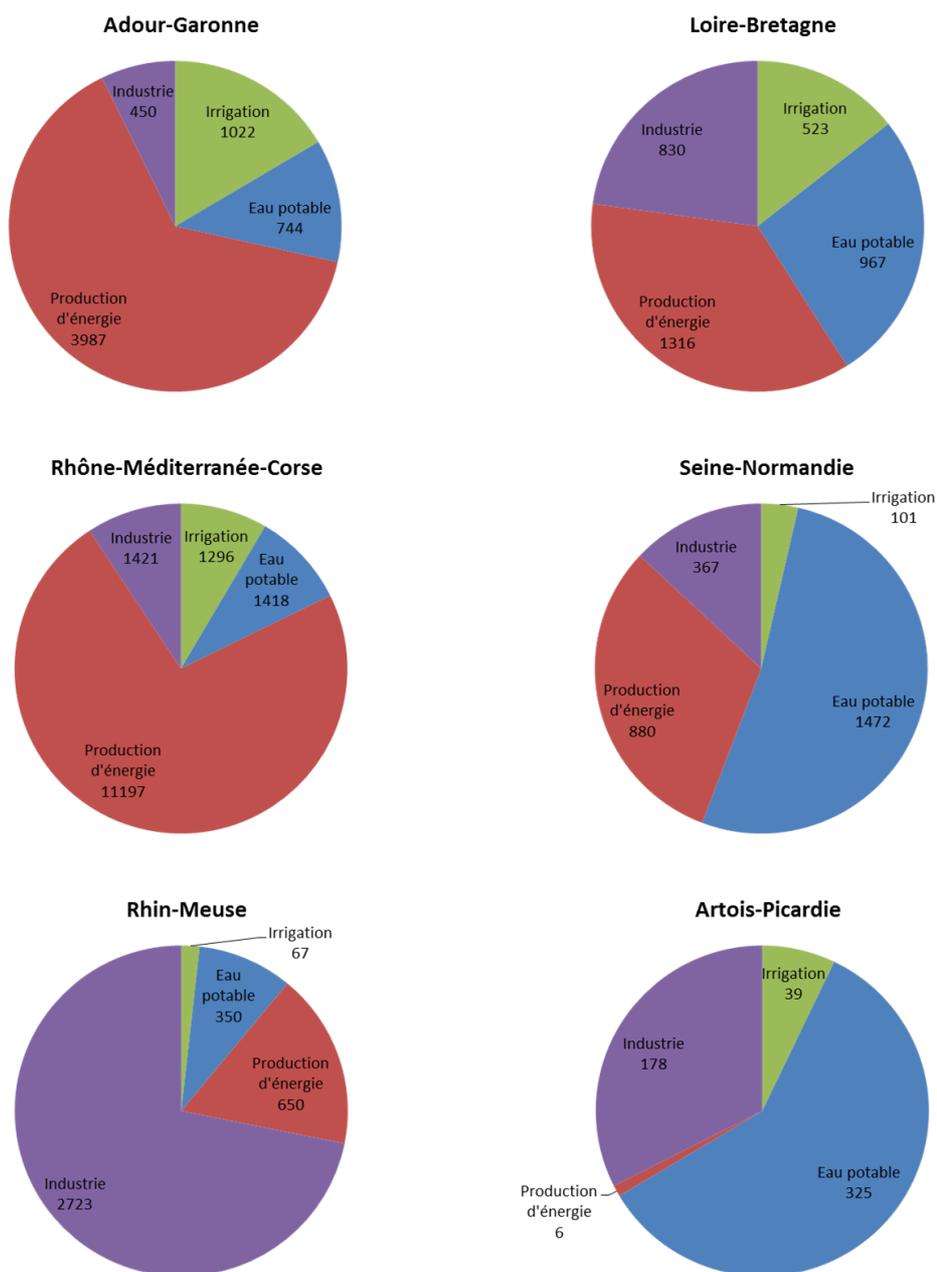
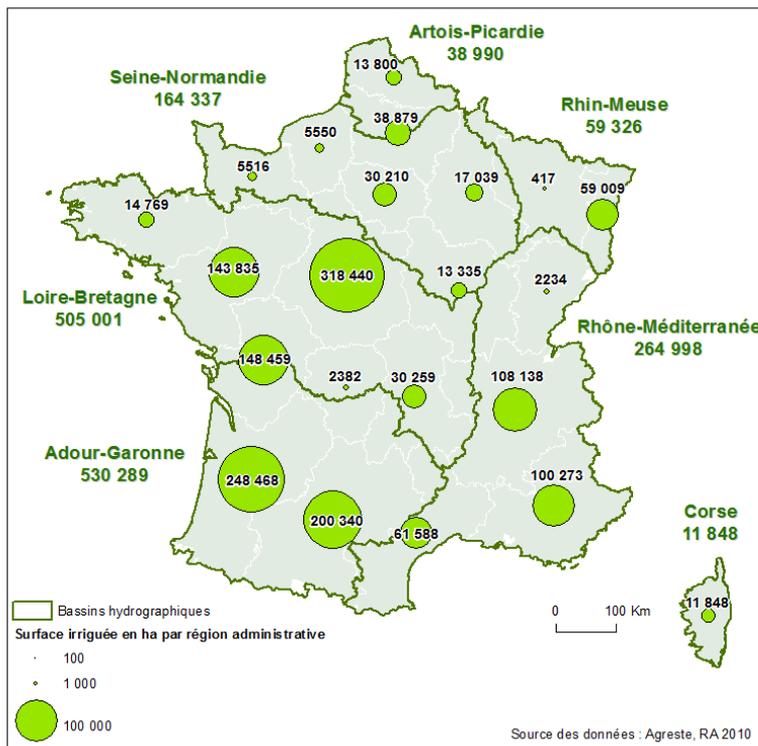


Figure 5 : Volumes d'eau prélevés par usage et par bassin hydrographique en 2009 (en millions de m3)  
Source des données : CGDD, 2012

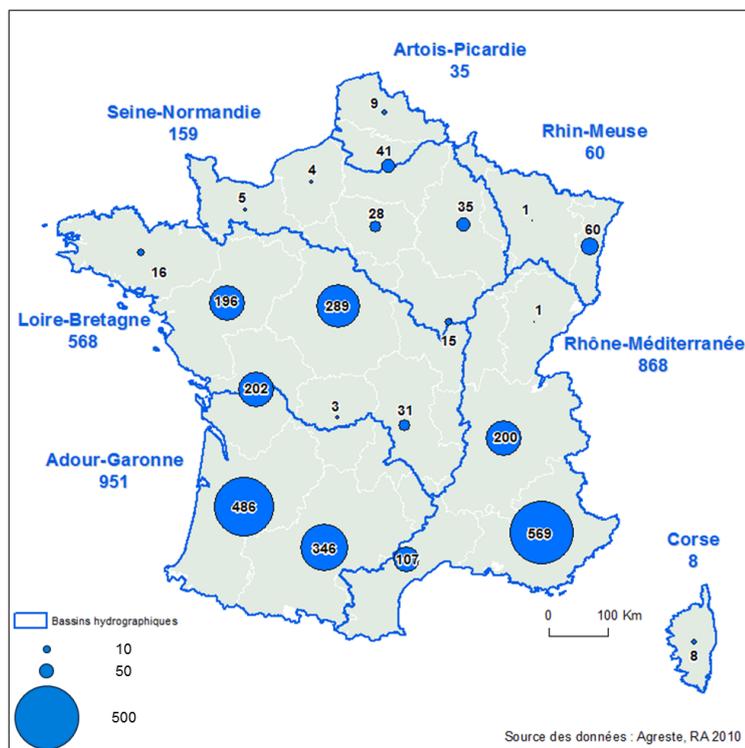
D'après la référence CGDD - SOeS (2012), les bassins Seine-Normandie et Rhône-Méditerranée qui sont les plus peuplés prélèvent logiquement les volumes les plus importants pour l'**eau potable**, en particulier les régions Ile-de-France, Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et Rhône-Alpes. Les prélèvements pour l'**industrie** et pour la **production énergétique** correspondent respectivement aux régions les plus industrialisées (Est, Nord, Vallée du Rhône et Sud-Ouest) et aux régions où sont implantées des centrales nucléaires (Aquitaine, Centre, Pays de la Loire, Alsace et Rhône-Alpes) ou thermiques (Ile-de-France, Pays de la Loire, Lorraine, Languedoc-Roussillon).

Concernant l'**irrigation**, les volumes prélevés sont fonction de la nature des cultures, de l'importance des activités agricoles, de la demande climatique et du mode d'irrigation. Le sud-ouest de la France (Aquitaine et Midi-Pyrénées) et les régions Centre, Poitou-Charentes et Pays de Loire sont celles où les prélèvements pour l'irrigation sont les plus importants. En 2010, les régions Centre, l'Aquitaine et Midi-Pyrénées représentent à elles seules 48,7% de la superficie irriguée nationale (Figure 6) avec 35,9% des irrigants (Loubier et al., 2013). Du fait

du régime climatique méditerranéen plus sec, c'est en RMC que l'on retrouve les plus forts volumes prélevés rapportés à l'hectare irrigué (Tableau 1). En 2010, la région PACA arrive en tête avec 5679 m<sup>3</sup>/ha irrigué, Rhône-Alpes (1852 m<sup>3</sup>/ha) et le Languedoc-Roussillon (1733 m<sup>3</sup>/ha) arrivent respectivement en quatrième et cinquième position des régions française (SSP - RA 2010).



© UMR AGIR  
 Figure 6 : Superficies irriguées, en hectare, par région administrative et bassin hydrographique en 2010  
 Source des données : SSP – Recensement agricole 2010



© UMR AGIR  
 Figure 7 : Volumes prélevés pour l'irrigation, en million de m<sup>3</sup>, par région administrative et bassin hydrographique en 2010  
 Source des données : SSP – Recensement agricole 2010

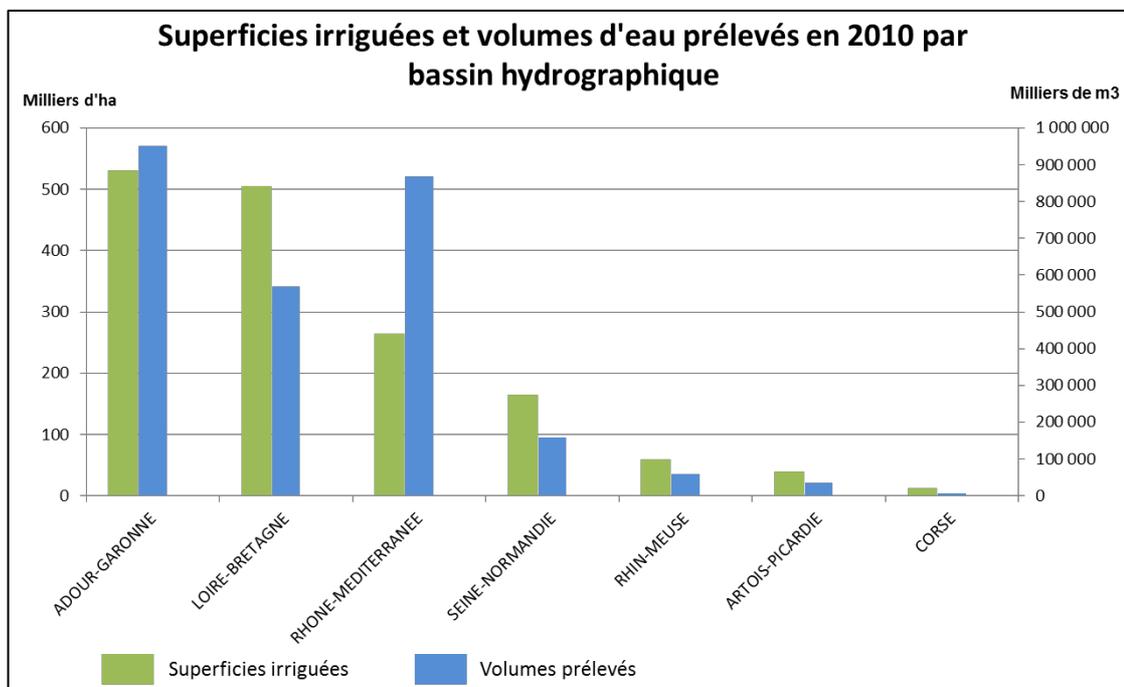


Figure 8 : Superficies irriguées et volumes d'eau prélevés pour l'irrigation en 2010 par bassin hydrographique  
Source des données : SSP – Recensement agricole 2010

Tableau 1 : Exploitations, superficies irriguées et volumes prélevés pour l'irrigation en 2010 par bassin hydrographique

Bassins hydrographiques	Nbre d'exploitations irriguées	Superficie irriguées (ha)	Part sup irr / sup cultivée (%)	Volume prélevé pour l'irrigation (m3)	Ratio vol prélevé / sup irriguée (m3/ha)
Adour-Garonne	24 091	530 289	33	950 814 157	1 793
Loire-Bretagne	16 181	505 001	32	568 076 378	1 125
Rhône-Méditerranée	23 627	264 998	33	867 907 368	3 275
Seine-Normandie	4 657	164 337	29	159 247 305	969
Rhin-Meuse	2 121	59 326	56	59 861 787	1 009
Artois-Picardie	2 042	38 990	19	35 258 512	904
Corse	898	11 848	27	7 734 249	653
<b>Total</b>	<b>73 617</b>	<b>1 574 789</b>	<b>32</b>	<b>2 648 899 756</b>	<b>1 682</b>

Source des données : SSP – Recensement agricole 2010

Du fait de la pression importante des usages non agricoles et du faible niveau de surfaces irriguées du bassin Seine-Normandie (Cf. Figures 6 & 7), comme annoncé dans l'introduction, nous avons concentré notre analyse sur les bassins à enjeu irrigation : Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée. En 2010, ces trois bassins hydrographiques comptabilisent 1,3 millions d'hectares de superficies irriguées, soit 82,6% de la superficie irriguée de métropole (Figure 6). En toute logique, ces trois bassins représentent également plus de 80% des prélèvements/consommation en eau pour l'irrigation, soit un total de 2,4 milliards de m3 en 2010 (Figure 7, 8 et Tableau 1).

## 3.2. Conduite d'entretiens auprès des acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative de l'eau

### 3.2.1. Identification et rôle des personnes contactées

Dans chaque bassin, nous avons contacté divers interlocuteurs de la gestion des étiages (Annexe 1) :

► **les Agences de l'Eau (AE)** qui mettent en œuvre, à l'échelle des grands bassins hydrographiques, les objectifs et les dispositions des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux<sup>4</sup> (SDAGE, plans de gestion français de la directive cadre sur l'eau et leur

<sup>4</sup> Les concepts soulignés au fil du texte sont définis dans le glossaire en fin de rapport.

déclinaison locale, les SAGE), en favorisant notamment *une gestion équilibrée et économe de la ressource en eau et des milieux aquatiques*<sup>5</sup>.

Pour le compte de l'Etat et du Comité de bassin, leur objet est de contribuer à l'atteinte du bon état des eaux, par la préservation des ressources, et à la satisfaction des besoins des usagers, par la *recherche de l'équilibre entre les ressources et les utilisations rationnelles de l'eau*. Elles contribuent à la définition et à la mise en œuvre de la stratégie nationale pour l'eau et les milieux aquatiques, en partenariat avec les services de l'Etat et l'ONEMA. Elles atteignent ces objectifs par des interventions financières (redevances et aides), par la construction et le développement d'outils de planification (SDAGE et Programme d'interventions, etc.) et par la production et la gestion de données sur l'eau pour la connaissance, la gestion et l'évaluation auxquelles s'ajoutent des missions d'information du public et de sensibilisation des usagers<sup>6</sup>.

► **les Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL)** services déconcentrés de l'Etat, placées sous l'autorité des préfets de région, qui mettent en œuvre les directives de l'Etat dans leurs domaines à l'échelle régionale. En matière de gestion de l'eau, souvent propriétaires de la majorité des stations de mesure de débits, elles collectent l'information et fournissent les données aux gestionnaires (Gehlé V., 2012). Elles coordonnent l'action des DDT en matière d'application de la réglementation concernant la gestion quantitative de l'eau et de contrôle de son respect (police de l'eau et de la pêche).

► **les Directions Départementales des Territoires (et de la Mer) (DDT(M))** services déconcentrés de l'Etat, placées sous l'autorité des préfets, qui mettent en œuvre la réglementation concernant la gestion quantitative de l'eau à l'échelle départementale et contrôlent leur respect (police de l'eau et de la pêche) avec le service départemental de l'ONEMA. Elles instruisent les demandes et délivrent les autorisations de prélèvement et sont en charge de la gestion des crises déclenchées quand les débits des cours d'eau ou la hauteur des nappes passent sous un seuil réglementaire. Dans ce dernier cas elles interviennent au travers de trois types d'action : l'information des usagers sur l'état des ressources en eau, l'édiction d'arrêtés de restrictions sur les usages de l'eau et, dans certains cas, la gestion des lâchers de soutien d'étiage (Gehlé V., 2012).

► **les Etablissements Publics Territoriaux de Bassin (EPTB)** qui sont formés par l'association de plusieurs collectivités (départementales, régionales, intercommunales et communales) permettant de pallier l'absence de maître d'ouvrage à l'échelle d'un bassin versant. En matière de gestion des ressources, ils agissent pour l'aménagement des nappes, cours d'eau et milieux aquatiques. Acteurs opérationnels, ils assurent la maîtrise d'ouvrage d'actions interdépartementales et interrégionales dans ce domaine<sup>7</sup>. Ils peuvent être responsables de la gestion des lâchers de soutien d'étiage.

On compte de nombreux autres acteurs de l'eau qui agissent à des échelles diverses comme l'ONEMA au niveau national et régional, les Comités de bassin au niveau des grands bassins hydrographiques, les gestionnaires de barrages (ex. Conseils Généraux (CG), Electricité De France (EDF)), les usagers (irrigants, industriels, etc.) ou encore les associations de consommateurs et de défense de l'environnement à un niveau local, etc. Ces acteurs n'ont cependant pas fait l'objet d'entretiens spécifiques du fait notamment de la nature de leur implication dans la gestion des étiages qui ne s'accompagne généralement pas de la mobilisation de méthodes et outils d'analyse ou qui interviennent sur demande des acteurs en charge de la gestion des étiages (ex. gestionnaires de barrage).

### 3.2.2. Organisation d'entretiens téléphoniques et de rencontres terrain

Plusieurs entretiens téléphoniques ont d'abord été conduits auprès d'acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative de l'eau. Des déplacements ont ensuite été organisés dans chaque bassin afin d'approfondir les questions abordées lors des échanges téléphoniques et de présenter les travaux conduits par l'équipe MAGE, en matière de systèmes d'informations et d'outils de modélisation pour simuler et analyser les relations entre agriculture et étiages à l'échelle des territoires de gestion.

Le traitement de ces informations a consisté en un important travail de retranscription et d'analyse de ces échanges. Pour compléter et interpréter les informations fournies par les acteurs un important travail de collecte et d'analyse de documents a été conduit en parallèle.

<sup>5</sup> Sources : Article L213-8-1 du code de l'environnement ; Article 82 de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 - site <http://www.lesagencesdeleau.fr/>

<sup>6</sup> Source : Les acteurs de l'eau en France site <http://www.eaurmc.fr/pedageau/la-gestion-de-leau-en-france/les-acteurs-de-leau-en-france.html>

<sup>7</sup> Source : site <http://www.eptb.asso.fr/menu-gestion>

### 3.2.3. Structuration des échanges

Afin de préparer ces entretiens et rencontres un questionnaire a été envoyé en amont à chaque acteur mobilisé (Annexe 2). Dans chaque bassin, les échanges ont été menés autour de trois grands volets :

#### ► les enjeux en matière de gestion quantitative de l'eau (étiages)

Il a d'abord été demandé aux acteurs mobilisés de présenter le contexte de leur bassin en termes d'enjeux liés à la gestion des étiages puis de cibler plus spécifiquement ceux en lien avec l'irrigation. Il s'agissait précisément d'identifier la nature des sources de pressions (agricoles, industrielles, démographiques, etc.) et les ressources concernées (cours d'eau, retenues, nappes, etc.). L'exercice portait également sur l'analyse des conflits d'usages (problèmes entre les différents usagers et politiques de gestion des étiages) liés à ces pressions, en particulier la nature et le statut des acteurs impliqués en fonction des actions. Les enjeux liés à l'irrigation (pratiques, distribution des systèmes de culture dans l'espace, etc.) ont fait l'objet d'une attention particulière.

Afin d'estimer les résolutions spatio-temporelles pertinentes pour formuler et traiter les problèmes de gestion, les dimensions spatiales (pression ponctuelle, assez étendue, étendue ; hétérogénéité des situations) et temporelles (historique) ont été prises en compte dès cette phase de formulation du contexte.

#### ► les connaissances, méthodes et outils utilisés

Dans un deuxième temps il était demandé aux acteurs de présenter les connaissances, méthodes et outils à leur disposition pour appuyer les décisions en matière de gestion des étiages.

Parmi les différents outils d'aide à la décision, il est nécessaire au préalable de distinguer les outils règlementaires (arrêtés cadre sécheresse, arrêtés de restriction, etc.) et dispositifs de planification (PGE, SDAGE, SAGE, etc.) des outils d'analyse (données, indicateurs, systèmes d'information, modèles, etc.). Les deux premières catégories vont généralement devoir mobiliser des outils issus de cette dernière catégorie qui fait plus précisément l'objet de ce rapport.

Il s'agissait en particulier de s'intéresser aux systèmes d'information et outils de modélisation destinés à :

- caractériser les pressions et l'état des ressources et les relations entre les deux ;
- qualifier et quantifier les situations et les crises ;
- évaluer l'impact de mesures de gestion ou de politiques, de la nature et de la distribution spatiale des systèmes de production agricole et/ou des changements environnementaux et sociétaux.

Sur la base de discussions concernant les forces et faiblesses de ces outils d'aide à la décision le principal objectif était d'identifier les manques et besoins des acteurs en charge de la gestion des étiages et plus particulièrement de définir de nouvelles orientations pour les travaux de recherche de l'équipe MAGE, portant sur ces thématiques.

#### ► les travaux de l'équipe MAGE de l'INRA Toulouse

En écho au deuxième volet, le troisième volet correspondait à une analyse, par les acteurs mobilisés, de la pertinence et du potentiel des méthodes, connaissances et outils développés par l'équipe MAGE pour répondre à leurs besoins et des adaptations nécessaires.

## **4. Enjeux et besoins des acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative des étiages**

La quantité et le degré de précision des informations récoltées auprès des acteurs est très variable d'un bassin à l'autre en raison notamment de la diversité des profils des interlocuteurs interrogés, du temps qu'ils ont été en mesure de consacrer à ces échanges, de leur volonté de livrer de l'information plus ou moins exhaustive et adaptée aux questions posées et de l'importance de l'enjeu gestion des étiages pour chacun d'eux. Ainsi, d'un bassin à un autre, des homologues au sein du même type d'institution (ex. Agence de l'eau) ont exprimé des positions très contrastées qu'en à l'implication et la légitimité d'action de leur institution dans la gestion des étiages.

## 4.1. Le bassin Adour-Garonne

### 4.1.1. *Entretiens et rencontres organisées*

Compte tenu des travaux réalisés par le passé par l'équipe MAGE sur le bassin Adour-Garonne (BAG), ce territoire a demandé moins de démarches d'identification et de sollicitation des acteurs en amont. La proximité du terrain d'étude a permis de planifier davantage de déplacements dans les institutions. Cette situation a été confortée par le fait que, parmi les trois bassins, c'est le bassin Adour-Garonne qui concentre la part la plus importante de superficies irriguées et de volume d'eau prélevés au niveau national, respectivement 34% et 36% par rapport à Loire-Bretagne (32% et 21%) et Rhône-Méditerranée (17% et 33%) (Figure 7).

Trois rencontres ont eu lieu sur le bassin Adour-Garonne :

- à l'**Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG)**
- à la **Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Midi-Pyrénées (DREAL MP)**
- à la **Direction Départementale des Territoires du Tarn-et-Garonne (DDT 82)**

Dans le cadre des travaux conduits par l'équipe MAGE d'autres rencontres ont eu lieu et ont permis d'enrichir les entretiens conduits dans cette étude, en particulier :

- à la **Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG)**<sup>8</sup>
- avec le **bureau d'étude Eaucea**<sup>9</sup>

Le détail des personnes rencontrées et interviewées et des éléments descriptifs des organisations représentées sont présentés en Annexe 1.1.

### 4.1.2. *Principaux enjeux en matière de gestion quantitative de l'eau*

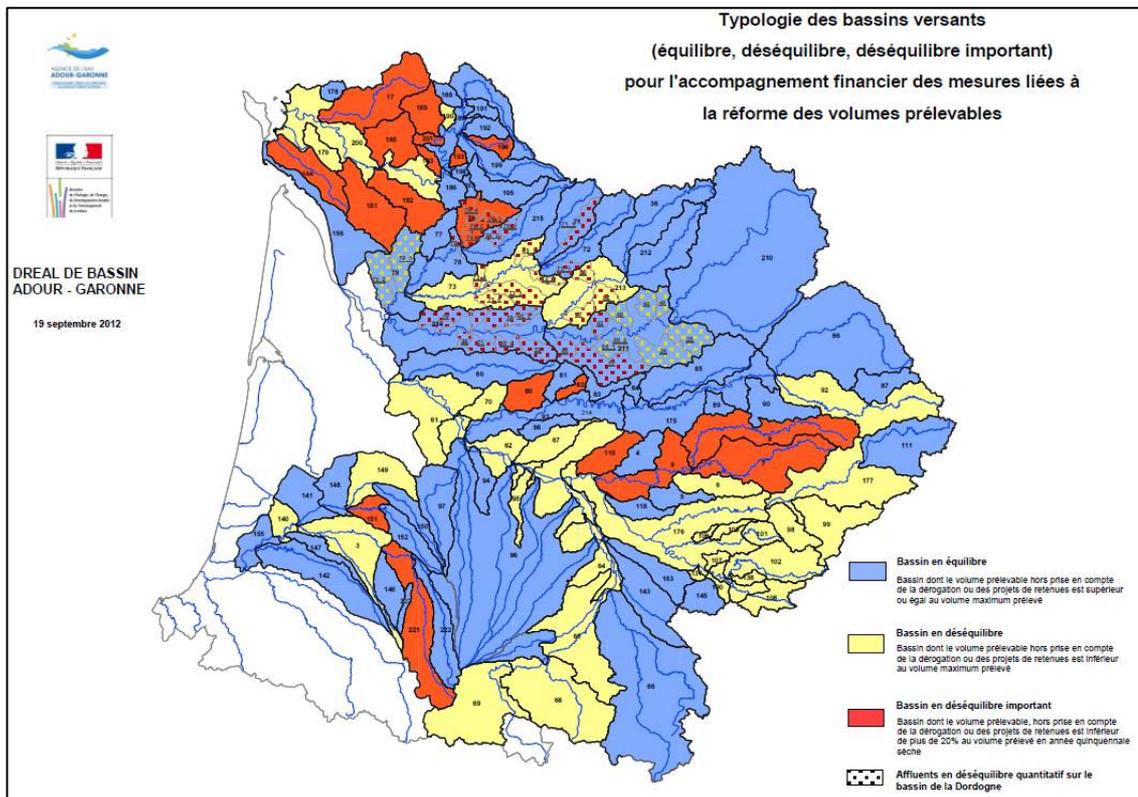
Bordé à l'ouest par une large façade littorale le BAG compte aussi de nombreuses zones de montagne (Pyrénées, Montagne noire, Massif central) sur plus de 30% de son territoire. Malgré les châteaux d'eau naturels que constituent les massifs montagneux, le territoire est soumis à de fortes variabilités pluviométriques interannuelles et connaît de sévères épisodes de sécheresses estivales. Le déficit structurel entre ressources et demandes en eau est estimé à 250 millions de m<sup>3</sup>, pour des écoulements annuels moyens de l'ordre de 35 000 millions de m<sup>3</sup> et des prélèvements annuels de l'ordre de 2 500 millions de m<sup>3</sup> prélevés (AEAG 2012a). En période estivale, les étiages marqués sont accentués par les prélèvements pour l'eau potable, l'agriculture, l'industrie.

Parmi les différents usages de l'eau (alimentation en eau potable, usage industriel, usage agricole) les prélèvements d'eau destinés à l'irrigation représentent la part la plus importante. Selon les chiffres moyens issus des déclarations pour les redevances, de 2003 à 2010, l'irrigation représente 41% des volumes prélevés annuels devant l'eau potable (33%) et l'industrie (26%). En période d'étiage (1er juillet - fin octobre) la part des prélèvements agricoles passe à 70% pour l'irrigation et 15 % pour chacun des deux autres usages (AEAG 2012b).

Le déficit structurel en eau en période estivale est un problème généralisé sur le bassin. L'essentiel du territoire est classé en ZRE (Figures 1 et 2), cependant au sein des ZRE il y a des zones qui sont très déficitaires, des zones proches de l'équilibre et des zones en équilibre. Dans le cadre du travail de définition des volumes prélevables, une cartographie des principales zones à enjeux a été élaborée qui illustre ces contrastes entre sous bassins (Figure 9) et qui illustre bien la vision actuelle qu'ont les institutions publiques des enjeux de gestion des étiages sur le BAG.

<sup>8</sup> Site de la CACG <http://www.cacg.fr/>

<sup>9</sup> Site d'Eaucea <http://eaucea.fr/>



© AEAG, MEEDDAT, DREAL MP

Figure 9 : Typologie des bassins versants pour l'accompagnement financier des mesures liées à la réforme des volumes prélevables en Adour-Garonne  
Source des données : DREAL MP

Dans la figure 8 les bassins à écart important (bassin en déséquilibre important) sont présentés en orange, comme par exemple les bassins de l'Aveyron, du Lemboulas et du Viaur (n° 7, 8 et 9) ou encore le bassin amont de l'Adour (n° 221) et les bassins au sein des départements Charentais (n° 181, 182, 185, etc.). Dans ces zones, pour assurer le respect des débits d'objectif d'étiage, il serait nécessaire d'affecter un volume prélevable par l'agriculture inférieur de plus de 20 % par rapport aux prélèvements actuels en année quinquennale sèche. Ce sont donc les zones où les enjeux sont les plus forts et dans lesquelles il faudrait mettre en place une baisse importante des prélèvements pour atteindre l'équilibre. En jaune, les bassins en déséquilibre sont ceux où le volume prélevable (hors dérogations et projets de retenues) est inférieur de moins de 20% aux volumes prélevés en année quinquennale sèche. Cela concerne notamment toute la vallée de la Garonne et du Tarn. Les bassins en bleu (système Neste, Adour aval, Ariège, Montagne Noire, etc.), bassins à « gestion maîtrisée », sont ceux dans lesquels, soit l'hydrologie est abondante, soit la gestion par réalimentation permet de répondre aux besoins des usagers et des milieux aquatiques 4 années sur 5. Enfin, une dernière zone problématique concerne la Dordogne (zones en pointillés) où ce sont surtout les bassins versant de très petite taille, très localisés et alimentés par de petits affluents, qui posent des problèmes de gestion.

#### 4.1.3. Connaissances, méthodes et outils utilisés

##### 4.1.3.1. Les dispositifs de gestion et outils d'analyse mobilisés

###### ► Démarche d'élaboration des Plans de Gestion des Etiages

Dès les années 1990-2000, des démarches de planification concertée réunissant les acteurs en charge de la gestion quantitative de l'eau sur le BAG, ont été mises en place par bassin en vue de définir des Débits d'Objectifs d'Etiages (DOE) et d'élaborer des Plans de Gestion des Etiages (PGE).

Au sens du SDAGE, le DOE est le débit de référence permettant l'atteinte du bon état des eaux et au-dessus duquel est satisfait l'ensemble des usages en moyenne 8 années sur 10. Les DOE sont établis au niveau de 64 points nodaux du BAG considérés comme points clés du système hydrologique pour la gestion quantitative et répondant aux contraintes de mise en œuvre de stations de mesure de débit.

Le PGE est un document contractuel entre usagers et institutions publiques, introduit par le SDAGE en 1996, qui consiste à faire l'état des lieux des problèmes à l'échelle d'un bassin

versant que pose la ressource en eau d'un point de vue quantitatif et à identifier les solutions de retour à l'équilibre entre prélèvements et ressources en eau. En d'autres termes, ils doivent permettre de préciser les modalités de respect des DOE. Les premiers PGE ont été signés fin des années 1990.

Les procédures de quantification mises en œuvre dans le cadre de l'élaboration des PGE s'appuient sur quatre grandes étapes :

• **reconstituer des débits naturels pour évaluer la ressource disponible**

Pour quantifier les DOE et estimer la ressource en eau disponible pour les différents usages, quatre grandes méthodes ont été utilisées :

- analyse de chroniques de débits avant la période de fort développement de l'irrigation, soit avant la fin des années 70. Cette approche est une des plus robustes puisque basée sur des mesures de débit mais ne peut être mise en œuvre que si des mesures ont été réalisées avant les années 75-80. Elle peut être remise en cause par les parties prenantes au PGE qui pensent qu'un changement climatique significatif s'est opéré durant les dernières décennies et que par conséquent l'hydrologie naturelle a évolué.

- reconstitution des débits naturels à partir de chroniques de débits mesurés, d'information ou d'hypothèses sur les prélèvements des différents usages et les lâchers de soutien d'étiage. Un bilan hydrologique journalier est produit à l'échelle du bassin sur la base de ces données. Les données sur les turbinages hydroélectriques pendant la période d'étiage étant souvent indisponibles, les lâchers d'eau correspondant sont soit représentés sur la base d'hypothèses simplifiées soit non pris en compte, on parle alors de débit pseudo-naturel. Deux hypothèses sous-tendent ce choix de modélisation : (i) les lâchers hydroélectriques sont peu importants en été et (ii) leur dynamique est indépendante de celle de la gestion des étiages et peut donc être considérée constante pour une situation hydro-climatique donnée. Cette méthode de reconstitution des débits naturels (ou pseudo-naturels) pose souvent le problème de la qualité des données sur les prélèvements ou de la précision des choix de modélisation de ceux-ci (ex. niveau de prélèvement par ha, dynamique de prélèvement et nature des ressources mobilisées pour les différentes zones irriguées).

- utilisation d'un modèle pluie/débit (ex. le modèle GR4J développé par l'Irstea ou un modèle développé par le bureau d'étude en charge de la reconstitution). Ici l'enjeu est de réussir à calibrer et valider un modèle à même de simuler les écoulements naturels. Ce modèle est calibré à partir de mesures sur une période non influencées soit disponibles sur le bassin analysé soit sur un bassin similaire en terme d'occupation du sol, géomorphologie, géologie et proche géographiquement.

- plus rarement, la reconstitution est réalisée par extrapolation du comportement hydrologique d'un bassin estimé similaire au bassin étudié, souvent, proportionnellement à la surface des bassins versant considérés.

Lors de cette étape les débits sont reconstitués au niveau des points DOE mais aussi au niveau de points complémentaires qui n'ont pas le statut de point DOE. Cette étape peut aussi conduire à déterminer un nouveau DOE ou à évaluer la cohérence d'un DOE existant. Dans le BAG les DOE ont été, jusqu'ici, principalement évalués sur la base d'indicateurs hydrologiques (principalement VCN10 ou VCN30) en année quinquennale sèche.

• **dresser un état, le plus précis possible, des usages**

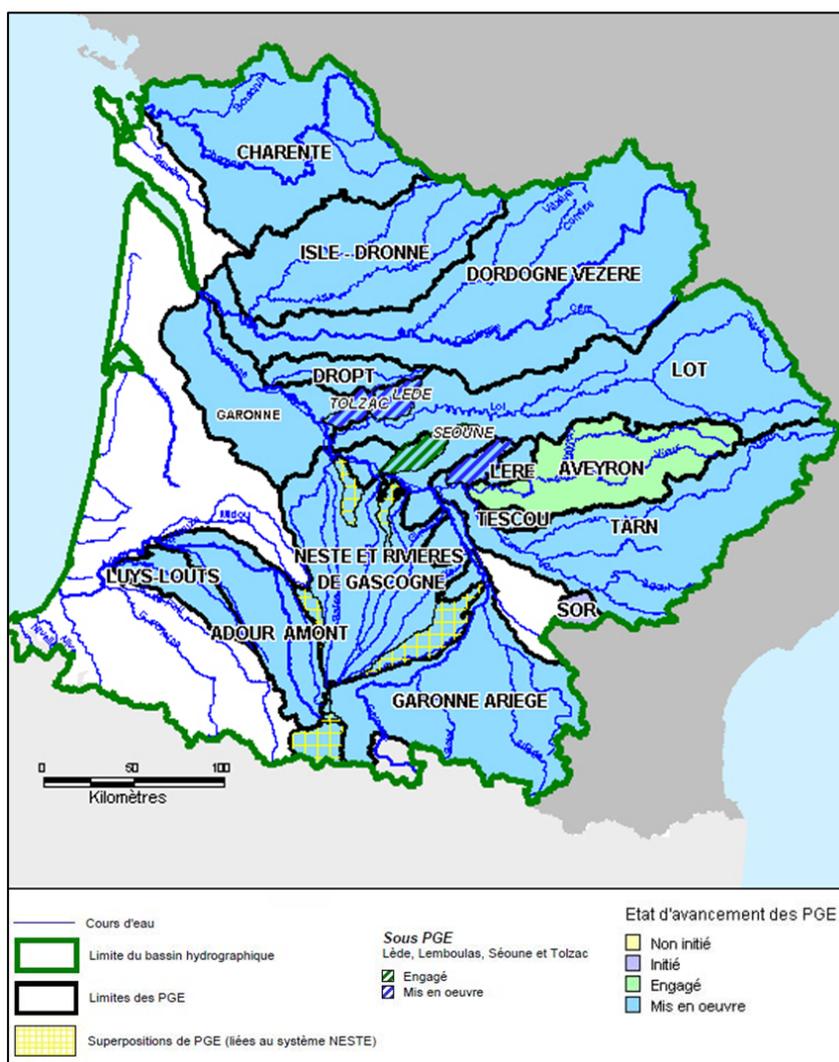
Pour évaluer les prélèvements agricoles deux grands types de méthodes sont mis en œuvre. Le premier type est basé sur l'utilisation des données issues des déclarations des exploitants pour payer la redevance auprès de l'AE et/ou des données des DDT sur les déclarations et autorisations de prélèvements. Trois problèmes majeurs se posent alors : (i) désagréger un prélèvement annuel en prélèvements journaliers, et suivant les données (ii) estimer la différence entre volume ou débit autorisé et prélevé et (iii) attribuer ces prélèvements aux différentes ressources du bassin. Le deuxième type de méthode est basé sur l'estimation de la demande en eau d'irrigation par culture et son extrapolation aux surfaces irriguées du bassin. Les données sur les surfaces irriguées sont issues des données DDT et/ou des données du Recensement Agricole. La demande en irrigation par culture irriguée est généralement estimée à partir de choix de modélisation simples et uniformes au sein du bassin. Ainsi des coefficients culturels constants moyens et de couverture des besoins en eau des plantes sont fixés à dire d'experts. En règle générale les hypothèses et méthodes de modélisation des prélèvements sont discutées et validées avec les représentants des DRAAF, DDT, DREAL, etc.

- **estimer les équilibres entre prélèvements et ressources**

La comparaison entre la pression exercée sur le milieu et la ressource disponible permet d'estimer les ressources ou déficit d'eau sur le territoire au regard du respect des DOE. Dans le cas de déficit, la simulation de modalités de baisse des prélèvements ou de création de ressources mobilisables pendant la période d'étiage permet de comparer l'efficacité et l'efficience des alternatives envisagées (ex. gestion collective de tours d'eau, optimisation des équipements pour éviter les gaspillages, nouveaux équipements pour le stockage, etc.)

- **préconiser les mesures à mettre en place pour résorber les déficits** en fonction des résultats de l'analyse conduite dans l'étape précédente

Aujourd'hui quasiment tout le BAG est couvert par des PGE, quelques révisions de PGE sont en cours (Figure 10). Les PGE considérés par les services de l'Etat et l'AE comme les plus aboutis et robustes en termes d'analyse sont les derniers PGE mis en place (ex. Charente, Tarn, Lemboulas, Séoune).



© AEAG  
 Figure 10 Etat d'avancement des PGE sur le bassin Adour-Garonne au 27 juin 2012  
 Source : site de l'AEAG

Dans les différents bassins couverts par un PGE, des **indicateurs de suivi et d'évaluation** ont été mis en oeuvre pour évaluer le décalage entre les mesures de progrès qui ont été programmées dans les PGE et l'état observé des ressources en eau au fil du temps. En 2005, un cahier des charges a été adressé aux porteurs de PGE pour les guider dans la structuration des données nécessaires à l'estimation de ces indicateurs. Une trentaine d'indicateurs de suivi ont ainsi été élaborés (situation hydro-climatique, prélèvements agricoles, etc.) avec la volonté de capitaliser l'information. Dans certains territoires (ex. Bassin du Tarn) leur gestion a donné lieu à la création de BD dédiées gérée par l'institution en charge du PGE (ex. syndicat mixte, EPTB, Conseil Général). Cependant, cela n'a pas conduit à la mise en place de réels observatoires permettant de « donner aux acteurs des outils pour discuter des enjeux au sein des bassins ».

Les procédures PGE sont assez lourdes à mettre en place, puisqu'il faut compter environ 3 ans pour la mise en place d'un tel plan d'action. La phase traitement de données représente souvent 50% du temps de mise en œuvre. Les 50% restant étant consacrés à la concertation. Ce travail sur les PGE permet de faire échanger les différents acteurs en charge de la gestion de l'eau. L'estimation des Volumes Prélevables par l'agriculture à l'échelle des unités élémentaires de gestion a le plus souvent été réalisée sur la base des données produites lors des PGE sur la ressource disponible (volume au dessus du DOE en année quinquennale sèche après retranchement des besoins pour l'eau potable et industrielle). Assez peu d'études dédiées ont été réalisées par des bureaux d'étude comme par exemple celle réalisée par la CACG sur le bassin de l'Adour Amont.

#### ► Démarche de mise à jour de l'état des lieux DCE

La démarche mise en œuvre pour la mise à jour de l'état des lieux DCE a donné lieu à l'élaboration d'une méthode destinée à l'évaluation de la « pression significative » c'est-à-dire le rapport entre les prélèvements (données agences de l'eau) et les ressources disponibles par rapport au débit de référence d'étiage en situation non influencée (pas de prélèvement). Ces débits de référence d'étiage, correspondant à des QMNA5, ont été estimés sur les tronçons des principaux cours d'eau français sur la base de l'analyse comparée des sorties de trois modèles développés par l'IRSTEA Lyon (Catalogne et Sauquet, 2011 ; Catalogne, 2012), Aix en Provence (Folton et Coulier, 2012) et Antony (Nicolle et al., 2012). Ces analyses ne sont pas réalisées sur les zones karstiques et ne prennent pas en compte les transferts interbassins (ex. bassin de la Neste). Elles n'ont pas pour objectif de fournir des connaissances actionnables par les gestionnaires, mais elles permettent d'estimer le niveau de pression sur les ressources en eau. Les données issues de ces analyses sont notamment utilisées pour produire des cartes de pression par tronçon de cours d'eau. Sur le BAG, certains acteurs institutionnels de la gestion de l'eau considèrent que ces estimations de QMNA5 ne sont pas toujours très cohérentes par rapport aux connaissances empiriques et expertes locales (ex. dans les bassins de la Charente).

La différence majeure entre cet état des lieux et la démarche des PGE est liée à l'étendue et à la résolution spatiale d'analyse. Avec les démarches d'élaboration des PGE, le raisonnement se faisait à l'échelle des secteurs hydrographiques de la BD Carthage (Figure 10) sur la base d'une approche d'hydrologie globale. Les travaux réalisés dans le cadre de la mise à jour de l'état des lieux de la DCE sont conduits à l'échelle des masses d'eau (plus de 2000 dans le BAG).

#### 4.1.3.2. Outils et démarches de modélisation

Peu de modèles sont utilisés par les acteurs institutionnels impliqués dans la gestion de l'eau sur le BAG. Pour piloter l'action ils se basent surtout sur l'observation à un instant t des valeurs de débits, de pluie, de température, etc. Il existe cependant quelques outils et démarches de modélisation. Les modèles existants sont jugés intéressants mais ne sont mis en œuvre que lorsqu'il y a un EPTB ou un gestionnaire local qui les met en œuvre dans le cadre de son activité propre.

► **Les modèles du SMEAG<sup>10</sup>** (Syndicat Mixte d'Etudes et d'Aménagement de la Garonne) qui en tant qu'EPTB a la responsabilité de la gestion des étiages sur le bassin de la Garonne. Il dispose d'un outil de modélisation développé par des bureaux d'étude pour le SMEAG dans un objectif de planification et de gestion opérationnelle en cours de campagne. Cet outil est basé sur un modèle pluie/débit alimenté au fur et à mesure de la saison par des informations hydrologiques et météorologiques spatialisées et une base de données décrivant les grandes régions agricoles du bassin et leur niveau de prélèvement agricole en fonction de la demande climatique. Il prend en compte les surfaces agricoles irriguées, estimées à partir des données du RA 2010 et des données des DDT, et une courbe de besoin pour huit grands type de culture irriguée : maïs, soja, sorgho, tournesol, arboriculture, protéagineux-légumes sec, maraîchage et cultures spéciales et autres cultures (essentiellement le blé). Les données hydrologique de calage proviennent de la banque hydro.

► **Les modèles hydrodynamiques de nappes alluviales du BRGM** développés sur demande des DDT pour estimer le volume prélevable annuellement dans ces réservoirs en fonction de leur niveau de recharge (pluie efficace) avant la saison de prélèvement. Ces modèles ont été développés pour les nappes alluviales de la Garonne, de l'Ariège, du Tarn

<sup>10</sup> Site de la SMEAG <http://www.smeag.fr/>

aval et de l'Aveyron aval dans la région Midi-Pyrénées. Ce sont des modèles maillés (casiers 250x250 m). Ce modèle est en cours d'actualisation sur le Tarn et Garonne : redécoupage des casiers pour une meilleure adéquation avec les périmètres des OUGC et intégration de certains échanges nappes rivières.

### ► Les outils d'analyse de la CACG

La Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG) développe différents types d'outils d'ores et déjà opérationnels. Ces outils sont utilisés à différentes échelles spatio-temporelles. Il peut s'agir d'outil pour le conseil à l'irrigation à l'échelle de la parcelle et hebdomadaire. Il peut s'agir également d'outils de simulation des interactions hydrologie-usages à l'échelle d'un sous bassin versant à un pas de temps annuel ou mensuel avec l'outil RIO MANAGER® (Cf. ci-dessous). La CACG met en œuvre ou à disposition ce type d'outils majoritairement sur le bassin Adour-Garonne mais également de plus en plus sur le bassin Loire-Bretagne (en Poitou-Charentes en particulier, Cf. 3.2.3.). Elle intervient également dans des démarches de concertation (en particulier la commission Neste à l'échelle de l'UG et pour de la prévision mensuelle), de planification à plus ou moins long terme comme les procédures PGE et SAGE (à 10 ans et à l'échelle des UG) ou de prospective comme le projet Garonne 2050 en collaboration avec l'AEAG (à 40 ans à l'échelle du bassin AG).

#### • LAGON

Le logiciel LAGON permet de simuler au pas de temps journalier des bilans besoins-ressources à l'échelle du bassin versant. Les simulations permettent d'estimer des déficits hydriques, c'est-à-dire le volume d'eau qu'il faudrait avoir en réserve, stockée dans des ouvrages dédiés en amont, pour compenser la faiblesse des apports naturels tout en satisfaisant les besoins humains (prélèvements) et environnementaux (débits objectifs). Il permet également d'évaluer les ordres de grandeurs des volumes complémentaires qui seraient nécessaires pour satisfaire tous les besoins au moins 4 années sur 5. LAGON a également été utilisé pour déterminer des volumes prélevables par l'irrigation sur plusieurs bassins du sud-ouest (Ex. Bassin de l'Adour amont). La méthode retenue consiste à simuler différents scénarios de demande (surface irriguée x assolement) et à rechercher les scénarios pour lesquels le déficit est nul au moins 4 années sur 5.

#### • RIO MANAGER

Logiciel d'optimisation de gestion des ressources en eau stockées qui permet de définir des quotas de prélèvements autorisés en fonction de la ressource disponible et de tester l'effet de scénarios climatiques. Il est notamment utilisé pour la gestion du système Neste. RIO MANAGER®, représente l'hydrologie sous forme de flux d'eau (sans perte) entre une ressource stockée et les zones d'utilisation à un pas de temps mensuel. La demande est estimée au travers de bases de données de forçage ou de représentation d'une dynamique prédéfinie (ex. courbe de demande en eau agricole indexée sur la demande climatique) et associée à des entités spatiales appelées « ensembles de dotation ». Il est interfacé avec un système d'Information géographique et dispose d'une interface Homme-Machine élaborée permettant de définir finement les paramètres d'entrées des expérimentations numériques (scénarios).

#### • Les courbes de défaillance

Outil de pilotage pour les gestionnaires de barrages, ces courbes de défaillance sont produites sur la base des chroniques hydrologiques naturelles d'alimentation des ouvrages de stockage (statistiques sur l'hydrologie). Ces courbes permettent d'estimer en un jour donné le risque de manque d'eau dans le barrage pour soutenir la demande et respecter le(s) DOE en aval de la retenue jusqu'en fin de saison d'étiage. Cet outil se généralise actuellement notamment en Loire-Bretagne.

#### • L'Irriportail portail d'échange d'information avec la profession agricole

L'Irriportail (<http://irriportail.cacg.fr/>) est une interface web d'échange d'information entre le gestionnaire de ressources stockées et les usagers agricoles. Il fournit un ensemble d'informations sur la météo, l'état des ressources, le conseil à l'irrigation, pour la profession agricole qui en retour peut fournir ses intentions d'irrigation. Cette échange d'information a pour objectif, au travers d'une situation gagnant-gagnant, de permettre une meilleure gestion des ressources en eau. Il est mis en œuvre dans le BAG (ex. Système Neste) mais aussi dans le Bassin Loire-Bretagne.

#### 4.1.3.3. Les données mobilisées

##### ► **Données pour décrire les pressions**

- les données redevance de l'AEAG

L'AEAG met à disposition du public les informations sur les prélèvements des différents usages, à l'échelle individuelle ou agrégée, via le portail du Système d'Information sur l'Eau<sup>11</sup> (SIE). Chaque année, l'ensemble des prélèvements sur la ressource en eau (industriels, de production d'eau potable ou d'irrigation) au-delà d'un seuil donné (ex. 7 000 m<sup>3</sup> en zone de répartition des eaux) sont soumis à déclaration et redevance auprès des AE.

- les données produites par les DDT

Les Missions Inter Services de l'Eau (MISE) disposent également de données sur les autorisations de prélèvements et sur les retenues, entre autre à usage irrigation. Ces données sont très hétérogènes en termes de nature et de format. Un travail, initié par l'AEAG en collaboration avec les DDT a été lancé pour appareiller les sources de données de ces deux types d'institution (AEAG et DDT). Même si l'appariement automatique sur la base d'identifiants communs aux deux types de base de données ne permet pas de traiter l'ensemble des individus des deux bases, ce travail a permis de rectifier des erreurs et de consolider la base du SIE.

##### ► **Données sur l'état quantitatif des ressources**

Les connaissances disponibles portent surtout sur les eaux superficielles et nappes en relation, il existe très peu de données sur les nappes profondes (essentiellement positionnées en Aquitaine et sollicitées pour l'adduction d'eau potable, peu pour l'agriculture).

- les données de débits diffusées par la banque hydro

Les données sont produites par région/département et regroupées par le Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI). A l'échelle du BAG, les stations hydrologiques de la banque hydro appartiennent à (et sont gérées) par la DREAL, la CACG et l'AEAG (gestion déléguée à la DREAL). Le logiciel HYDRO II permet d'accéder à ces données à distance. Les données restent centralisées sur les serveurs du SCHAPI. En fonction des stations d'intérêt, il est possible d'extraire différents types de données et en particulier les débits disponibles pour différents types de stations. Il existe un site ftp à disposition des gestionnaires (DDT, EPTB, etc.) qui propose une actualisation des données toutes les 3h. Celles-ci ne sont encore pas validées mais permettent aux gestionnaires d'avoir une vision en semi temps réel.

- la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (Banque ADES) La banque ADES permet de consulter les niveaux d'eau piézométriques et la qualité des eaux souterraines en temps différé (accès libre). Elle est surtout utilisée par la DREAL qui produit des bilans réguliers sur l'état des nappes et le suivi en temps réel des crises, utilisés, entre autre, par les DDT.

##### ► **Autres types de données mobilisées**

Beaucoup d'autres données sont mobilisées par les institutions impliquées dans la gestion des étiages au sein du BAG. Elles sont plus ou moins structurées :

- données sur le soutien d'étiage (lâchers de barrage) : système d'information (SI) internes aux opérateurs (CG, CACG, EPTB, EDF...) qui mettent plus ou moins facilement et complètement à disposition ces informations (utilisées pour les PGE). Il n'existe pas de travail sur la pérennisation et la capitalisation de ce type de données. Les BD développées restent propriété des porteurs de PGE.
- données issues des démarches de diagnostic pour l'élaboration des PGE, SAGE et états des lieux DCE qui ont donné lieu à la production d'une quantité d'indicateurs. Ces données sont très hétérogènes, il n'existe pas de SI permettant de mutualiser ces informations.
- données climatiques simulées (ex. issues du modèle Arpège et produites par le CERFACS) qui font référence pour travailler sur l'évolution du climat dans le futur.

---

<sup>11</sup> Page qui répertorie l'information sur les SIE en France [http://www.eaufrance.fr/comprendre/les-donnees-sur-l-eau/?id\\_article=833](http://www.eaufrance.fr/comprendre/les-donnees-sur-l-eau/?id_article=833)

Site du SIE en Adour-Garonne <http://adour-garonne.eaufrance.fr/>

#### 4.1.4. Les besoins des acteurs en charge de la gestion quantitative de l'eau

A l'échelle du BAG, les agents de l'AE et de la DREAL n'ont pas exprimé d'attentes liées spécifiquement à l'amélioration des outils existants même s'ils ont pu souligner qu'il est toujours bienvenu d'affiner les estimations (ex. sorties des modèles hydrologiques).

##### ► **Problématiques liées à la disponibilité et à la fiabilité des données**

Un enjeu récurrent qui ressort du discours des acteurs concerne la disponibilité, la précision et la fiabilité des données sur les ressources et prélèvements qui constituent souvent un frein à la mise en œuvre des outils et modèles en général.

Plus précisément, sur le BAG il y a un manque de connaissances :

- sur les eaux souterraines, en particulier sur les nappes profondes comme par exemple sur les nappes des sables infra-molassique et celle du Paléocène (associée ou non) du sud aquitain. D'un point de vue général, les manques de connaissances portent principalement sur la géométrie des couches géologiques profondes et leurs propriétés. Une étude technique de grande ampleur sous maîtrise d'ouvrage BRGM et cofinancé par l'AEAG a été lancée début 2014. Elle vise à analyser le comportement des nappes du sud aquitain et produire un nouveau modèle mathématique destiné à tester des scénarios d'exploitation soutenable de ces nappes.

- sur les eaux superficielles et en particulier les retenues collinaires. La refonte actuelle des référentiels pour décrire la ressource hydrologique est un enjeu d'actualité pour les acteurs de l'AE : migration de la BD Carthage® à la BD « Topage® » pour une plus grande précision et une prise en compte de toutes les surfaces en eau. Cependant, malgré cette amélioration attendue de la base de données sur les ressources, la question de l'identification et de la caractérisation des milliers de retenues à usage irrigation sur le bassin reste un enjeu. Des travaux initiés par l'équipe MAGE en 2012 montrent qu'un lourd travail d'appariement et traitement des bases de données de l'IGN, des DDT et de l'AEAG reste à faire. D'après les acteurs de l'AEAG, la caractérisation des retenues, au moins celles à usage irrigation, est indispensable pour estimer l'impact cumulé des retenues existantes sur l'hydrologie des cours d'eau et ainsi définir, à l'échelle des bassins versants, leur niveau de pression sur les étiages et un potentiel d'équipements futurs permettant une gestion durable des étiages.

- sur les prélèvements. Les points de prélèvement, agricoles en particulier, sont en grande majorité géoréférencés au centroïde des communes et la donnée est collectée post campagne. Le rattachement des points de prélèvements aux ressources, entre autres aux masses d'eau et retenues à usage irrigation, est un gros enjeu pour établir des bilans par masse d'eau.

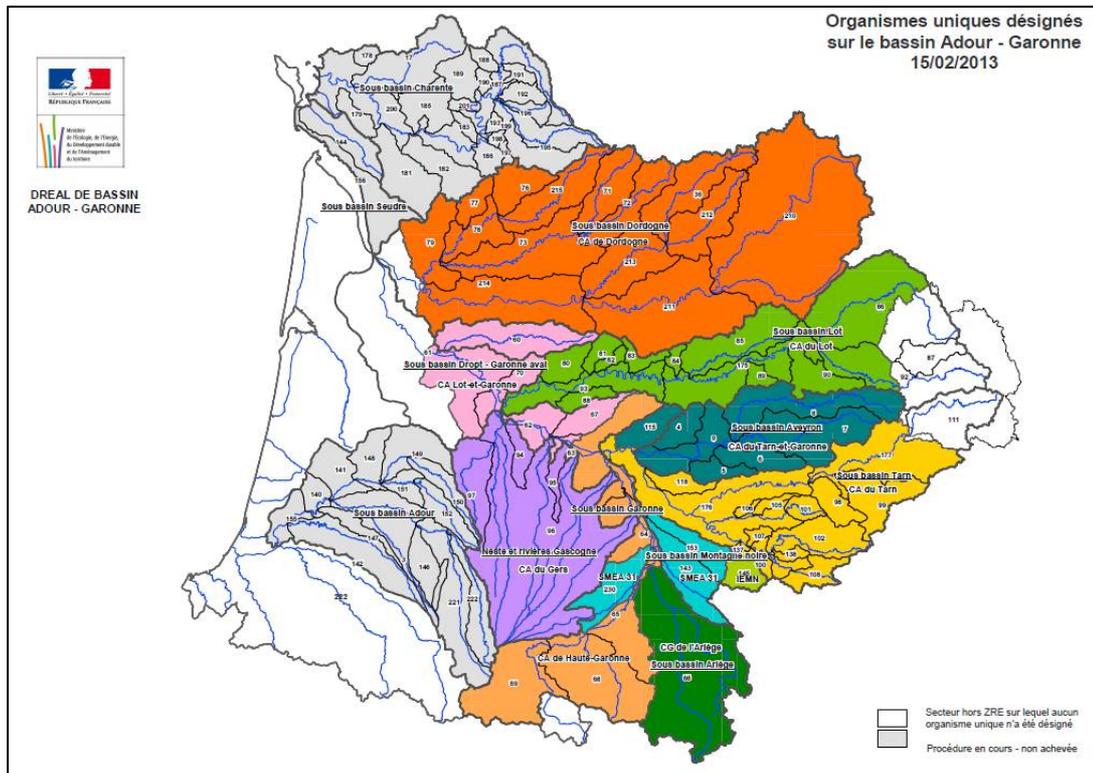
- sur la distribution spatiale des systèmes de culture (rotations et pratiques culturales dont irrigation) et leurs relations hydrauliques avec les ressources en eau. Cette information, croisée avec celle sur les sols (voir point suivant), est clef à la fois pour estimer les besoins en eau des systèmes de culture et donc la dynamique des prélèvements potentiels par ressource mais aussi pour estimer les gains potentiels liés à l'optimisation des pratiques agricoles ayant un impact sur la dynamique de l'eau dans le sol et enfin sur les effets potentiels de changement de distribution spatiale de ces systèmes. Dans le cadre de l'élaboration du SDAGE ces informations permettraient d'établir un état des lieux précis des enjeux agricoles et de la nature des actions à mener (optimisation des pratiques vs. changement des assolements) en fonction de l'état des masses d'eau.

- sur les sols. Le manque de précision des données pédologiques disponibles, plus particulièrement sur la réserve utile (eau disponible pour les plantes/cultures) est un facteur très limitant pour produire des bilans hydriques spatialisés. Ces données sont nécessaires pour établir le besoin des cultures mais aussi la quantité d'eau drainée vers les nappes et donc leur recharge potentiel annuel.

Il y a également d'importants besoins en termes d'**actualisation** et de **fréquence de mise à disposition** des données. En effet, pour une gestion opérationnelle au fil de la campagne (par les DDT, les EPTB, les OUGC), les données sur l'état des ressources (y compris des retenues à usage irrigation) mais surtout sur la dynamique des prélèvements, sont nécessaires.

##### ► **Besoin d'outils pour appuyer le travail des OUGC**

Sur le BAG, la majorité des OUGC sont désignés et ont été validés par le préfet depuis le 24 janvier 2013 (Figure 11).



© DREAL Midi-Pyrénées, AEAG  
Figure 11 : Organismes Uniques désignés sur le bassin Adour-Garonne (15/02/2013)  
Source : DREAL MP

Les OUGC ont moins de deux ans pour établir les plans de répartition du VP entre les irrigants des unités élémentaires de gestion et, sur les unités déficitaires du BAG (Figure 9) les protocoles de gestion en cours de campagne permettant de réduire le risque de franchissement des DOE. Pour réaliser ces missions les OUGC ont besoin d'établir a minima une base de données sur les préleveurs et les prélèvements associés par ressource. En règle générale, ils prévoient d'établir une base de données (géoréférencées) sur les autorisations, les prélèvements, et, dans certains cas de développer des outils de pilotage pour suivre et anticiper les interactions entre prélèvements agricoles et état des ressources en eau (Cf. 3.1.5.).

Dans la plupart des cas, les OUGC interviendront à l'échelle d'un ensemble d'unités de gestion sur lesquelles il y a eu un volume prélevable défini (Figure 8). Pour ceux intervenant sur les bassins déficitaires, ils devront travailler à deux pas de temps différents (i) sur la durée de l'étiage (en général juin-octobre sur le BAG, à part sur la Charente, avril-septembre) sur une base annuelle ou interannuelle pour l'établissement du plan de répartition des volumes prélevables et (ii) au fil des saisons d'irrigation à un pas de temps plus fin (hebdomadaire, quotidien) lorsque le débit se rapproche des DOE pour la mise en œuvre du protocole de gestion.

L'Etat (DDT) est chargé de valider les plans de répartition et le protocole de gestion, puis de délivrer les autorisations à chaque préleveur sur la base de ce plan de répartition. Il reste responsable de la gestion des crises, qui sur les bassins déficitaires, du fait des protocoles de gestion des OUGC, devraient être moins récurrentes.

Que ce soit l'AEAG ou la DREAL Midi-Pyrénées (DREAL de bassin) ou les acteurs rencontrés impliqués dans la gestion opérationnelle (DDT, CACG), ils considèrent que le gros enjeu en terme d'outil d'aide à la décision pour la gestion quantitative de l'eau est de développer des outils interopérables pour les OUGC et les DDT. Les objectifs seraient de développer (i) un système d'information sur les préleveurs et les prélèvements unifiés, précis et fiables et (ii) des outils d'aide à la construction des plans de répartition des volumes prélevables et à la gestion en cours de campagne. L'un des enjeux majeur de ce dernier type d'outil est de permettre d'anticiper les interactions entre prélèvements et hydrologie des différentes ressources en eau de manière à gérer au mieux les lâchers, l'organisation des tours d'eau et l'édiction des restrictions en fonction des spécificités agricoles, hydrologiques et de gestion de chaque bassin et chaque entité de gestion au sein de ces bassins (ex. secteur de restriction, bassin influençant un point DOE ou un point complémentaire de mesure/surveillance des débits). Ce type d'outil devrait donc représenter la variabilité et la distribution spatiale au sein des bassins des combinaisons sol-système de culture-système de production-ressource en eau et leurs

interactions à une résolution spatio-temporelle compatible avec les échelles de décision et d'action des gestionnaires des étiages (ex. zone d'édition des restrictions d'usage et jour) tout en permettant d'évaluer les effets potentiels des décisions sur les systèmes de production agricoles (ex. la perte financière pour les exploitations impactées).

#### 4.1.5. Intérêts manifestés pour les outils de l'INRA

D'une manière générale le BAG est en avance par rapport aux autres bassins en matière de mise en place du volet quantitatif de la LEMA. Cependant bien que les OUGC soient désignés la question des moyens et méthodes de mise en œuvre de leur action à venir reste posée. Les acteurs interrogés soulignent tous l'intérêt des travaux et productions de l'équipe MAGE pour développer des outils d'aide à la décision des OUGC (Cf. section 5).

En effet, une des premières demandes aux OUGC est de produire des données sur les pressions agricoles (assolements et prélèvements). Il est donc prévu que les OUGC affinent et complètent les données sur la localisation des points de prélèvements qui devraient, à terme, être intégrées à la Banque Nationale sur les Prélèvements en Eau (BNPE) (Cf. 4.2.1.). Il est également envisagé d'approfondir la connaissance sur les assolements, dates de semis et variétés, voire stratégie d'irrigation, information indispensable pour anticiper la distribution spatiale et la dynamique des prélèvements pour l'irrigation. La mise en place d'un système de pilotage de l'action des OUGC passe donc par un travail préalable de collecte et développement d'un système d'information géographique sur les système de culture de production irrigué et les ressources mobilisés par chacun. Les services de l'Etat, l'AEAG et la CACG considèrent que la simulation de la dynamique des prélèvements agricoles en interaction avec celle de l'hydrologie au sein d'un outil de modélisation adapté devrait permettre aux OUGC et DDT d'anticiper et ainsi mieux définir des stratégies de gestion permettant de limiter l'occurrence des crises de gestion.

## **4.2. Le bassin Loire-Bretagne**

### 4.2.1. Entretiens et rencontres organisées

En Loire-Bretagne plusieurs entretiens téléphoniques ont eu lieu avec des interlocuteurs rattachés à différentes institutions :

- **l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB)**
- **la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre (DREAL Centre)**
- **la DREAL Pays de la Loire**

Les entretiens téléphoniques initiaux ont permis d'organiser une rencontre à l'Etablissement Public du Marais-Poitevin (EPMP) mobilisant des acteurs de diverses institutions :

- **l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB)**
- **la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Pays de la Loire (DREAL PdIL)**
- **la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Poitou-Charentes (DREAL PC)**
- **l'Etablissement Public du Marais-Poitevin (EPMP)**
- **la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Vendée (DDTM 85)**

Le détail des personnes rencontrées et interviewées et des éléments descriptifs des organisations représentées sont présentés en Annexe 1.2.

### 4.2.2. Principaux enjeux en matière de gestion quantitative de l'eau

Sur le bassin Loire-Bretagne, la disposition 7A du SDAGE (DREAL Centre et AELB, 2009) distingue trois types de zones à enjeux en matière de maîtrise des prélèvements d'eau :

□ **Les bassins nécessitant une protection renforcée à l'étiage** dans lesquels, pour tous les usages, sont recherchées et mises en œuvre les mesures permettant ou incitant à la réduction des prélèvements hors de la période hivernale. Parmi les bassins concernés on retrouve le bassin versant de la Vilaine, de l'Oudon, Boulogne, Logne, Ognon, Grand Lieu, Vie et Jaunay, Auzance et Vertonne, Vienne etc. (Cf. Figure page 58 du SDAGE LB 2010-2015<sup>12</sup>, reproduction interdite).

<sup>12</sup> [http://www.eau-loire-bretagne.fr/sdage/sdage\\_2010\\_2015](http://www.eau-loire-bretagne.fr/sdage/sdage_2010_2015)

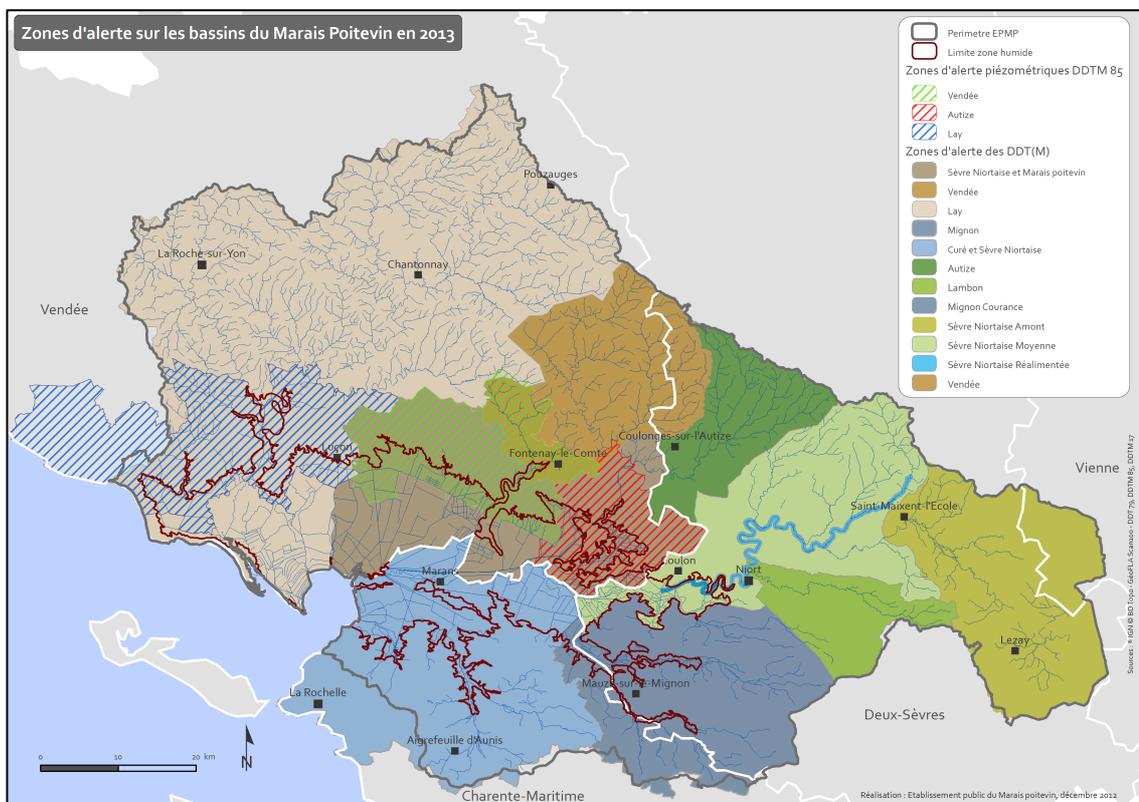
□ **Les bassins nécessitant de prévenir l'apparition d'un déficit quantitatif**, secteurs de prélèvements importants où l'étiage des cours d'eau est néanmoins suffisamment soutenu pour qu'un classement en ZRE ne soit pas justifié. Le bassin versant concerné est celui de l'Authion (Figure page 58 du SDAGE LB, reproduction interdite).

► **Les Zones de Répartition des Eaux** qui connaissent un déficit structurel en eau. Pour chacune de ces zones des dispositions particulières sont spécifiées par le SDAGE. Il s'agit de la nappe de Beauce, de la nappe captive du Cénomaniens, du Marais poitevin et de la nappe de l'Albien (Figures 1, 2 et 3).

Les discussions avec les acteurs ont conduit à identifier quatre zones à enjeux dont les échanges ont permis d'approfondir l'analyse. On retrouve la description de ces zones dans le SDAGE.

### ► Le Marais poitevin

Une grande partie des échanges avec les acteurs ont été consacrés aux enjeux de gestion quantitative sur la zone du Marais Poitevin (Figure 12). Secteur emblématique dont certaines composantes sont considérées comme menacées par certaines activités agricoles modernes. Il illustre bien les problématiques qui se posent sur le bassin en termes de gestion des étiages.



© EPMP

Figure 12 : Zones d'alerte définies dans l'arrêté cadre interdépartemental marais poitevin pour "gérer" les déficits d'eau par bassin versant liés à l'irrigation  
Source des données : EPMP

On distingue plusieurs zones à enjeux dans ou autour du marais lui-même :

- *le cœur de la zone avec les marais dits desséchés* (au cœur de la zone humide<sup>13</sup>, Figure 12) : ce sont des zones d'agriculture intensive (céréales et prairies), dont l'humidité des sols est assurée par le réseau de canaux alimentés par le marais dit humide. Dans cette zone les niveaux d'eau dans les canaux sont maintenus bas en hiver pour éviter les crues. Au printemps les niveaux sont remontés pour être au maximum durant l'été. Les canaux sont alimentés par les eaux superficielles venant de tout le bassin versant du marais. Les usages de l'eau en amont déterminent donc le remplissage des canaux et donc le fonctionnement du marais. En tête de bassin, les exploitants aspirent aujourd'hui de plus en plus à irriguer et on retrouve les barrages permettant d'assurer l'AEP. Les naturalistes dénoncent un fonctionnement hydraulique à l'inverse du fonctionnement naturel (niveau d'eau bas en hiver et haut en été). De son côté, la conchyliculture, à l'aval (en baie de l'Aiguillon), considère qu'elle ne dispose

<sup>13</sup> Autres cartes disponibles ici : <http://www.epmp-marais-poitevin.fr/portfolio/#>

pas assez d'eau douce au printemps, nécessaire à la survie des naissains.

- *entre l'amont et le marais desséché, les marais de bordure ou marais humide* (bordure de zone humide, Figure12) : ce sont des zones plutôt d'élevage, avec un intérêt environnemental à conserver voire reconquérir. Les niveaux dans ces marais sont déterminés par le débit des cours d'eau amont, et le niveau des nappes de bordure. Il y a conflit d'intérêt avec l'amont pour les mêmes raisons que le marais desséché, il y a également conflit d'intérêt avec les exploitants de la plaine calcaire du sud Vendée qui font sévèrement baisser le niveau des nappes de bordure. Enfin, il y a conflit avec les naturalistes car la perte du label Parc Naturel Régional et le contentieux européen se jouent surtout ici.

- *la plaine calcaire* : au nord de la zone humide, il y a une grande plaine sur dogger (nom de la nappe liée à la période géologique du Jurassique) avec des sols qui s'assèchent très vite. Avec le développement de l'irrigation dans les années 80/90, cette plaine est devenue une zone d'agriculture intensive (céréales, maïs irrigué et polyculture élevage) dont le maintien est directement conditionné par l'accès à l'eau. Depuis 2009, les prélèvements dans les nappes et les programmes de création de retenues collectives de substitution font l'objet d'un programme de maîtrise voire de réduction des prélèvements. Il y a surtout conflit avec les naturalistes qui constatent des inversions de flux des nappes du marais vers la plaine qui contribuent à l'assèchement du marais. Il y a également conflit avec l'amont car la baisse du niveau piézométrique des nappes a conduit à des assèchements de rivières, auxquels la profession a répondu en construisant un barrage pour la réalimentation de ces cours d'eau en été.

- *la partie amont dite bocage* : avec une topographie plus vallonnée cette zone est plutôt consacrée à l'élevage. Les sécheresses de ces dernières années ont conduit à des pertes de fourrage incitant les exploitants à irriguer, via des retenues collinaires. La construction de retenues est aujourd'hui interdite du fait du classement en ZRE. Cependant la pression de la profession agricole, pour la construction de nouvelles retenues, est très forte. Cette zone de bocage possède aussi plusieurs barrages destinés surtout à l'AEP de tout le littoral vendéen qui est, malgré ceux-ci, en déficit quantitatif durant la période touristique.

► **Les secteurs dits de socle** représentent toute la partie ouest de la région, en gros à partir des axes Mayenne - Aubance<sup>14</sup> :

- au nord, la Mayenne essentiellement en élevage, avec une pluviométrie suffisante pour permettre l'irrigation. Il n'y a pas de souci particulier, excepté les années très sèches où il peut y avoir des conflits avec l'AEP.

- au sud-est, les secteurs Layon-Aubance et Evre-Thau où la pluviométrie est la plus faible de la région. Combinée avec une présence forte d'élevage, ces zones ont vu un grand développement des retenues collinaires dans les années 80/90, au point que le remplissage hivernal de ces retenues pose aujourd'hui des problèmes que dénoncent les naturalistes : impact négatif des retenues sur le fonctionnement hydrologique, dépense de l'argent public, rejets de phytosanitaires et de nitrates dans les zones d'agriculture spécialisée et de maraichage, etc.

- le nord Loire en Loire-Atlantique, secteur vallonné d'élevage, avec une pluviométrie suffisante. Les enjeux de ce secteur sont plutôt liés à la qualité de l'eau.

- le sud Loire en Loire-Atlantique et le nord Vendée, secteurs où l'on retrouve la même configuration que le bocage amont du Marais poitevin. La pluviométrie moyenne est insuffisante pour les assolements pratiqués, le socle granitique conduit à des tarissements rapide des cours d'eau ce qui conduit à des conflits avec l'AEP liée à une forte demande touristique.

La Loire est le principal fournisseur d'AEP de la région, et ce, bien au-delà de sa seule vallée. De l'eau de la Loire est prélevée pour réalimenter le marais breton et le bassin versant de l'Authion. Il n'y a pas de difficultés à fournir les volumes AEP, à l'exception des quelques périodes d'étiages intenses de la Loire.

► **Le secteur de l'Authion** composé du Val d'Authion et de la zone amont.

Le Val d'Authion est un ancien bras de la Loire, déconnecté il y a fort longtemps, mais qui est resté jusque dans les années 70 une zone marécageuse soumise à de forts épisodes de crue. Dans les années 70, de grands travaux ont été engagés : digues, recalibrage des cours d'eau, pose de clapets, station d'exhaure. Outre la maîtrise des inondations, ce programme visait aussi à pouvoir, sur ces terres de limons, développer une agriculture spécialisée et de pointe : maraichage, horticulture, semences (présence de grands groupes internationaux). Cependant,

<sup>14</sup> <http://www.epmp-marais-poitevin.fr/portfolio/#>

les aménagements réalisés ont provoqué un dessèchement du marais et des cours d'eau connectés. Pour les besoins de l'agriculture, un barrage a été créé dans les années 70/80 afin de réalimenter une partie de ces cours d'eau. Cette réalimentation n'a rapidement pas suffi à répondre aux besoins. Les aquifères du Cénomaniens libre et le Séno-Turonien ont été rapidement et très fortement sollicités. Ce déficit a en partie été réduit depuis par l'alimentation des réseaux d'irrigation sous pression et la réalimentation de cours d'eau par trois stations de pompage depuis la Loire.

Les conflits dans cette zone ont surtout lieu avec les exploitants amont et en particulier les sylviculteurs : la forte et récurrente baisse des ressources en eau, surtout dans le Séno-Turonien, a rendu difficile l'exploitation de nombreuses peupleraies. Il y a aussi des prairies qui depuis se dessèchent en été. On peut souligner également des conflits aussi avec le maraîchage et l'horticulture, mais plus sur des questions de qualité de l'eau. Enfin, des conflits opposent naturalistes et exploitants agricoles, surtout les producteurs de semences qui, pour être compétitifs, drainent et irriguent en masse. Cette activité, très rémunératrice, a maintenant tendance à s'étendre vers l'amont du Val d'Authion.

#### ► **Le bassin du Loir et la nappe captive du Cénomaniens**

Plus au nord de l'Authion se trouve le bassin du Loir. Les activités agricoles sur ce bassin versant sollicitent énormément le Loir, au point qu'en été le débit entrant dans la région Pays de la Loire est supérieur au débit à l'exutoire. Les stations de mesures hydrométriques sont largement influencées durant tout l'été par de multiples manœuvres de vanne à l'amont et à l'aval, malgré l'interdiction, rendant impossible un suivi des débits et des conditions d'étiage. La nappe est également très sollicitée, en l'occurrence le Cénomaniens captif (réservoir captif de 25 000 km<sup>2</sup>, Figure page 64 du SDAGE LB, reproduction interdite).

### 4.2.3. Connaissances, méthodes et outils utilisés

#### 4.2.3.1. Les dispositifs de gestion et outils d'analyse mobilisés

##### ► **Des dispositifs de gestion de crise à la mise en place d'une gestion structurelle**

Avec la mise en place des OUGC<sup>15</sup>, les actions menées pour la gestion quantitative de la ressource en eau sont actuellement en cours de redéfinition. Jusqu'à présent les dispositifs de gestion de crise (seuils d'alerte, arrêtés cadre, etc.), outils de gestion réactive et conjoncturelle, étaient les seuls outils utilisés pour gérer le déficit structurel. Les seuils de débit de déclenchement des restrictions, à la base des arrêtés cadre départementaux sécheresse, ont été établis sur la base d'une estimation des QMNA5 (non influencés), modulés de coefficients en fonction de la géologie. Ces valeurs n'ont d'autres légitimités que d'être acceptées à peu près partout par les SAGE et les usagers. Certains débits sont toutefois revus sur la base des études sur les Débits Minimum Biologiques (DMB) qui sont réalisées dans la région.

Actuellement un nouveau système de gestion est en cours de mise en oeuvre, avec pour objectif de définir les prélèvements agricoles en adéquation avec la ressource disponible pluri-annuellement (volumes prélevables) voire annuellement (gestion de crise). Sur la plaine calcaire du Marais Poitevin, il existe, par exemple un protocole pour gérer les nappes de la plaine calcaire, comprenant des réductions de volumes prélevés de 2009 à 2015, avec des niveaux estivaux d'alerte et de crise.

Les volumes prélevables (VP) ont été estimés ou seront estimés pour quasiment tout le territoire de LB. Le Marais poitevin et la Sèvre Nantaise ont par exemple déjà fait l'objet d'une étude. Des études de VP sont en cours sur les secteurs du Layon-Aubance, d'Evre-Thau, de l'Authion et des études sont à venir sur Vie Jaunay et l'Oudon. Dans d'autres secteurs à déficit quantitatif ou présentant une situation hydrologique sensible, les DREAL locales tentent de faire pression pour le lancement d'études VP. Les approches sont très différentes d'un bassin à l'autre en fonction des données disponibles et des parties prenantes (sorties de modèles, dires d'experts, travaux de bureau d'étude, etc.).

##### ► **Contrats Territoriaux de Gestion Quantitative : développement des retenues collectives de substitution**

Pour tendre à l'équilibre, la disposition 7D du SDAGE 2010-2015 propose la possibilité de créer

---

<sup>15</sup> Les OUGC déjà désignés en Loire-Bretagne sont l'EPMP, la chambre agriculture (CA) du Cher et la CA de l'Allier.

des retenues de substitution<sup>16</sup> (versus retenues dites collinaires). « Pour aider les exploitants, l'Agence de l'Eau subventionne ces retenues, à hauteur de 30% dans le cas général, et de 40% dans le cas de retenues en ZRE » (DREAL PdL, 2012). Dans les ZRE à fort déficit quantitatif l'AE a développé ce type de contrats et peut financer à hauteur de 70% (uniquement pour les bassins versants du Clain hors région Pays de la Loire, du Lay, de la Vendée et de la Sèvre Niortaise) les projets de création de retenue à condition que ces travaux s'accompagnent d'efforts sur l'économie d'eau et en priorité les projets collectifs. Sur le Marais Poitevin notamment les nappes sont très sollicitées et réalimentées par le marais ce qui provoque un dessèchement du marais (Cf. 3.2.2.). Une solution pour maintenir l'activité agricole consiste à créer des retenues de substitution. Il existe actuellement dans le sud Vendée, sur la plaine, une dizaine de retenues collectives de substitution. Sauf blocage suite au moratoire de Delphine Batho, ancienne ministre de l'Ecologie, qui demandé aux agences de l'eau de différer les engagements financiers nécessaires à la création de nouvelles retenues collinaires de substitution, quatorze retenues supplémentaires sont prévues.

Ces retenues sont gérées via une délégation de service publique, par exemple accordée à la CACG (ex. sur les Authizes), qui transfère la responsabilité du bon fonctionnement et bon entretien des ouvrages, mais aussi de l'optimisation de l'utilisation des volumes stockés. La CACG dispose d'un logiciel qui lui permet de faire de la gestion prévisionnelle des réserves de substitution. Avant la saison d'irrigation chaque exploitant agricole s'engage sur une courbe de prélèvement représentant la dynamique prévue de mobilisation du volume prélevé annuellement. L'agrégation de toutes ces prévisions permet à la CACG d'organiser ensuite sa gestion des volumes alloués voire d'éventuels tours d'eau (Cf. 3.1.3.2.). Elle utilise un modèle développé par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) pour évaluer la pression théorique sur la nappe (Cf. 3.2.3.2.).

#### 4.2.3.2. Outils et démarches de modélisation

► **Modèle du Jurassique en Poitou-Charentes et Marais-Poitevin** : modèle couplé nappes/rivières développé par le BRGM (financé par la région Poitou Charente puis par l'AELB et la DREAL) pour évaluer l'impact de différents scénarios de gestion (réduction des prélèvements, création de réserves de substitution) sur le débit des rivières et les niveaux piézométriques (maille km<sup>2</sup>, pas de temps décade). L'AELB considère que ce modèle fonctionne bien pour simuler les effets des changements climatiques. Il est utilisé par la DREAL PdL pour l'optimisation des projets de réserves et pour évaluer l'impact des dispositions du SDAGE et des changements climatiques. Cet outil a notamment été mobilisé pour le projet national Explore 2070.

► **Modèle hydrogéologique du Cénomaniens** : développé par un bureau d'étude (SOGREAH) pour évaluer l'impact des prélèvements sur le fonctionnement de la nappe captive exploitée pour l'AEP (région de Tours, vallées du Cher et de la Vienne, Sologne) et en déduire des dispositions spécifiques dans le SDAGE (maille km<sup>2</sup>, pas de temps mensuel). Une actualisation du modèle est prévue fin 2013 début 2014 pour l'aide à la révision du SDAGE. Au préalable, l'AE souhaite cependant disposer de données plus fiables sur les prélèvements.

► **Modèle hydrogéologique de la nappe de Beauce** : modèle couplant le fonctionnement nappes/rivières développé par l'Ecole des Mines sur la partie Seine-Normandie et repris dans les SDAGE SN et LB. Il permet de déterminer un volume global prélevable dans ce réservoir. D'après l'AELB ce modèle n'est « pas utilisable à une échelle spatiale assez fine » mais « a tout de même permis d'étayer les diagnostics pour la définition de volumes prélevable ».

► **Modèle hydrologique Mordor** : modèle développé par EDF/DTG pour prévoir les débits des cours d'eau en fonction de la pluie, de l'évapotranspiration sur le bassin et prenant en compte les débits de remplissage de réserve EDF. Ce modèle est utilisé par la DREAL centre pour prévoir les étiages sur la Loire et anticiper les situations de crise.

► **Plateforme SIM** : chaîne de modèles SIM (SAFRAN - grille météo 8x8 km -, ISBA - modèle échange sol-végétation-atmosphère (bilan d'eau, d'énergie couplés, calcul direct de l'évapotranspiration réelle), MODCOU - modèle hydrogéologique distribuée (maille de 1x1 à 8x8 km). La DREAL PC l'utilise pour évaluer les débits naturels des cours d'eau. SIM représente un état pseudo-naturel, sans aucune anthropisation. Les résultats vont être utilisés par exemple dans les démarches de mise en place de SAGE mais ne seront communiqués

---

<sup>16</sup> Les retenues de substitution sont des ouvrages terrassés et étanchéifiés, généralement de plus de 100.000 m<sup>3</sup>, situés en dehors du lit majeur des cours d'eau qui ont pour objectif de déplacer temporellement les prélèvements de la période estivale vers la période hivernale (ex. par pompage en hiver).

qu'à travers des tendances. La DREAL PC considère que le modèle n'est pas suffisamment calé pour discuter avec les usagers de l'eau en général et la profession agricole en particulier. En revanche, l'information fournie est essentielle pour les échanges entre gestionnaires et équipes scientifiques sur la baisse des niveaux d'eau. Cet outil est également utilisé en interne pour prévoir les étiages d'un secteur à l'autre (ex. scénarios sur le changement climatique, projections proches de celles de l'étude Explore 2070). La représentation de l'effet des retenues à usage irrigation (« lacs collinaires ») a été réalisée récemment. Il est prévu d'intégrer le fonctionnement des nappes par couplage avec les modèles du BRGM et ainsi de représenter les échanges nappe-rivière. Ce type de couplage a déjà été réalisé dans d'autres régions (ex. étude très poussée sur les aquifères alluviaux (ex. dans le bassin de la Seine, travaux de thèse d'Elodie Philippe<sup>17</sup>).

#### ► Un observatoire sur l'eau, portail d'échange avec la profession agricole

Depuis environ trois ans environ, l'entente interdépartementale du bassin de l'Authion, constituée des départements Maine-et-Loire et Indre-et-Loire, collabore avec la CA du Maine-et-Loire pour mettre en place un système de gestion prévisionnelle via un observatoire de l'eau. Les irrigants font remonter via un portail en ligne leurs pratiques d'irrigation et besoins en eau à la CA 49 qui à partir de ça fait des prévisions de consommation. Si actuellement les utilisateurs s'accordent à dire que le système fonctionne bien, ils considèrent aussi qu'il reste beaucoup de progrès à faire. Il n'y a aucune information sur certains aspects (travail en serres, horticulture, etc.) et le taux de réponse des exploitants agricoles est pour l'instant de l'ordre de 50-60%.

#### 4.2.3.3. Les données mobilisées

##### ► Données sur les prélèvements

Aujourd'hui il n'y a plus de déclaration de prélèvement au forfait en LB. Tous les ouvrages de prélèvement sont équipés de compteurs ce qui donne une bonne fiabilité aux informations « redevance » fournies par les préleveurs et intégrées au SIE-LB. Cette base est toutefois considérée imparfaite notamment pour le rattachement de chaque point à un code masse d'eau souterraine (ex. problème de superposition d'aquifères en LB) par manque de connaissance sur les caractéristiques des ouvrages (profondeur notamment). Les temps de traitements sont considérés encore trop longs. Actuellement, les formulaires de déclaration partent au mois de janvier pour les prélèvements réalisés l'année précédente (n-1). Il est prévu de développer la télé-déclaration afin réduire fortement les délais de traitements.

##### ► Données sur l'état quantitatif des ressources

Ces données sont de deux types :

- Les données issues des réseaux piézométriques (environ 500 points) qui permettent de suivre le niveau des nappes.
- Les données de la banque hydro issues d'une sélection de stations de mesure de débits (points nodaux) suivies par les DREAL.

#### 4.2.4. Les besoins des acteurs en charge de la gestion quantitative de l'eau

Sur la zone du Marais Poitevin, concernant les **connaissances sur l'état de la ressource**, le réseau piézométrique est relativement bien développé par rapport à d'autres zones géographiques. Les stations hydrométriques permettent un bon suivi des débits en période estivale. Les niveaux des marées sont également bien connus. En revanche, les acteurs considèrent manquer de méthodes pour évaluer les débits minimums nécessaires au rechargement des aquifères et **les volumes prélevables en hiver**.

Les acteurs rencontrés expriment un fort besoin de données sur **les prélèvements au fil de la saison d'irrigation** pour mettre en œuvre des mesures de gestion par anticipation. Toute la faiblesse dans la gestion actuelle tient au fait que le principal mode d'action est l'utilisation de l'arrêté cadre sécheresse pour gérer les crises (gestion réactive) alors qu'ils considèrent nécessaire de mettre en œuvre une gestion proactive. Les OUGC ont et auront la responsabilité de l'élaboration du plan de répartition des VP entre irrigants suivant des critères propres (ex. au prorata des autorisations historiques, en fonction des conditions pédoclimatiques, etc.). Les acteurs rencontrés considèrent qu'il ne faudrait pas que les OUGC se satisfassent de cela mais plutôt mettent en œuvre un véritable **système de prévision des prélèvements**. Plus précisément, l'enjeu ici est d'acquiescer des informations sur les

<sup>17</sup> <http://hydrologie.org/SOU/110614PHILIPPE.pdf>

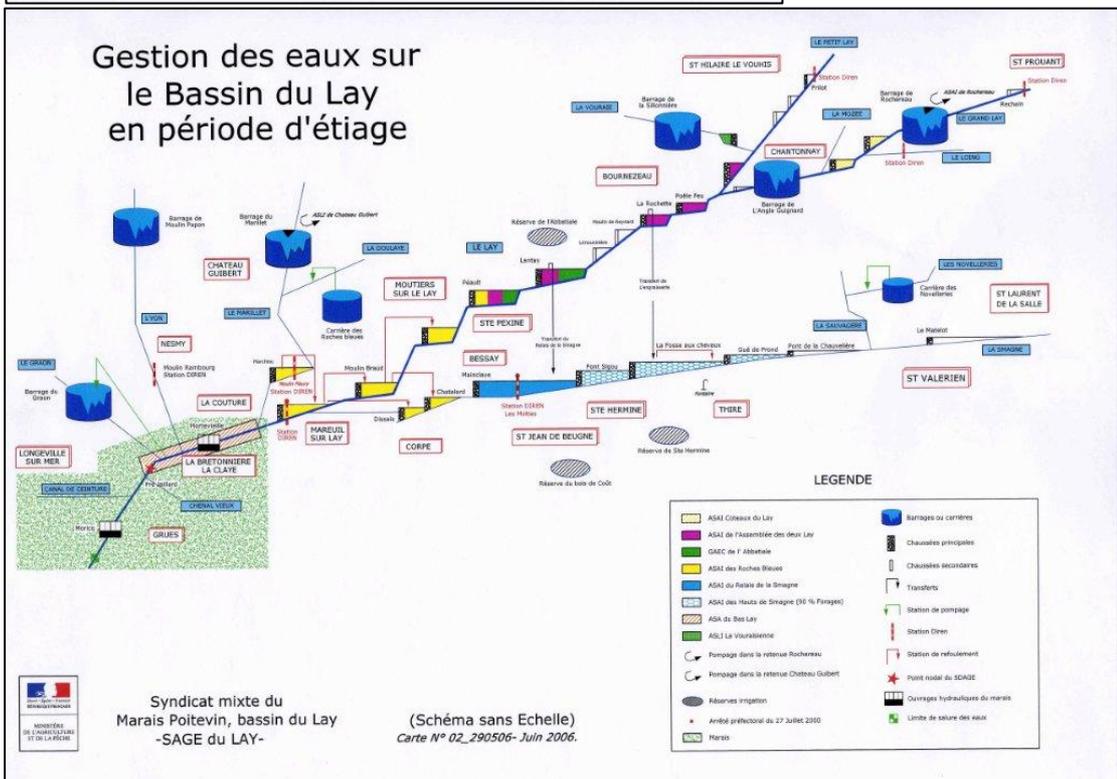
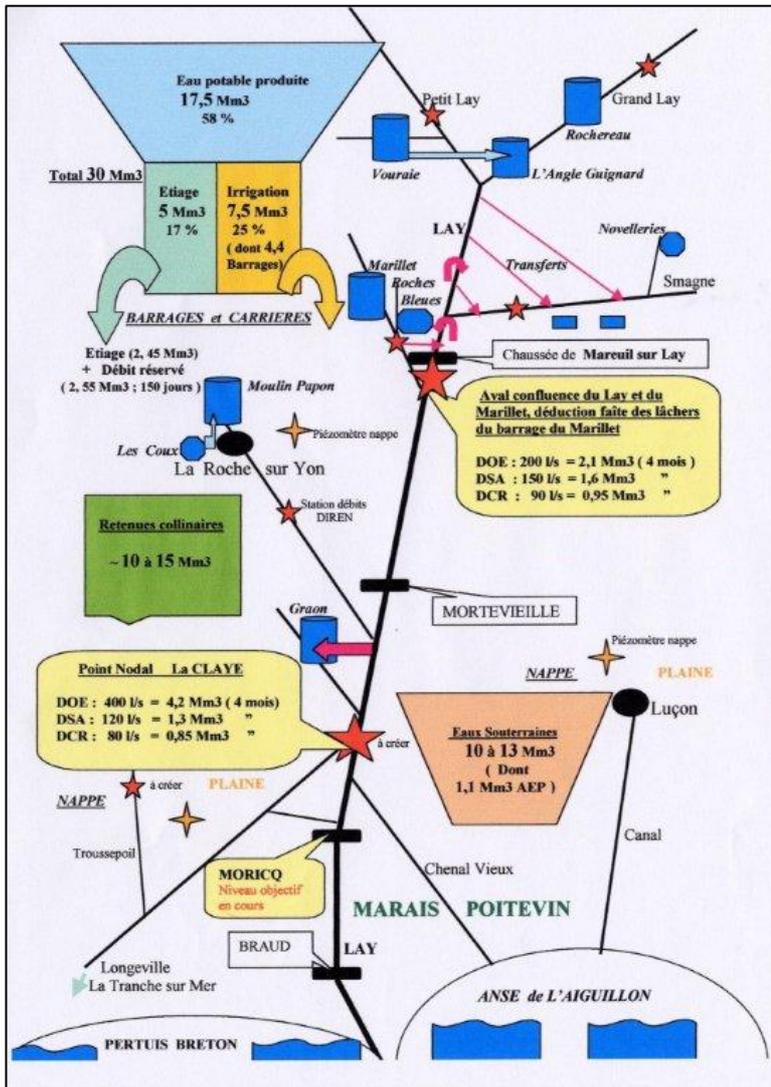
assolements irrigués, les dates de semis, variétés (ex. précocité des variétés de maïs) et stratégie d'irrigation. Ces informations permettraient d'établir un système de prévision des prélèvements en début et au fil de la période estivale. En complément l'EPMP compte sur la mise en place d'une base de données qui permettrait de récupérer en temps réel les consommations (basé sur des capteurs de télétransmission des relevés des compteurs de prélèvement ou la récupération de l'information sur place). A partir de ces consommations il serait possible de faire tourner un modèle comme celui du BRGM pour prévoir la baisse du niveau de la nappe et ainsi les actions à mettre en place pour limiter l'occurrence des crises.

Les acteurs manifestent également un **besoin d'outils pour dialoguer avec la profession agricole** qui n'est jamais trop favorable à donner des détails sur ses pratiques et stratégies de semis, d'irrigation (etc.) et des outils **de communication** pour convaincre de l'efficacité des mesures proposées. La mauvaise connaissance des surfaces irriguées par culture s'est encore accrue depuis 2010 puisque ces informations ne sont plus soumises à déclarations auprès de la PAC. Par ailleurs, ils pensent que les indexes des compteurs font l'objet d'un « marché parallèle », avec démontage et repose pour s'échanger des m3 d'eau d'une exploitation à l'autre, ou d'un forage à l'autre, pour faire en sorte que tout le monde à la fin soit dans les règles.

En matière de modélisation, les besoins portent essentiellement sur des **modèles hydrologiques couplant le fonctionnement des nappes et des rivières** à un pas de temps hebdomadaire. En deçà il est considéré que l'on multiplie les risque d'imprécision et qu'il faut tenir compte des réalités physiques des fonctions de transfert. Les besoins portent également sur des **modèles de gestion prévisionnels très spécifiques** à des systèmes hydrologiques rendus très complexes par les aménagements successifs de transferts d'eau entre bassins (ex. : système « shadok<sup>18</sup> » du bassin du Lay réalimenté avec une dizaine de barrages utilisés pour l'AEP, l'irrigation et le soutien d'étiage Figure 13).

---

<sup>18</sup> L'épisode de sécheresse de 1976 a conduit à une forte augmentation des prélèvements en eaux souterraines le long de la rivière Smagne. L'augmentation de ces prélèvements a assez rapidement conduit à ce que cette rivière connaisse des étiages très tôt dans le printemps. Des aménagements ont été entrepris pour permettre le transfert d'eau depuis les autres rivières plus au nord et notamment afin de soutenir les prélèvements en eaux souterraines ce qui a progressivement conduit à la mise en place d'un système de transfert d'eau très complexe appelé « système Shadok ».



© Syndicat Mixte du Marais Poitevin  
Figure 13 : Gestion des eaux sur le bassin du Lay en période d'été  
Source des données : Syndicat Mixte du Marais Poitevin

#### 4.2.5. Intérêts manifestés pour les outils de l'INRA

Les acteurs rencontrés pensent que l'utilisation de la plateforme MAELIA développée entre autre par l'équipe MAGE (Cf. 5.2.) nécessite de maîtriser des notions scientifiques et de gestion parfois complexes à appréhender et que de ce fait elle ne semble pas adaptée pour discuter avec les usagers de l'eau en général et la profession agricole en particulier. En revanche, les acteurs interrogés ont manifesté un grand intérêt pour cette plateforme pour aider à élaborer une stratégie de gestion adaptée aux spécificités socio-économiques et hydrologiques de chaque unité de gestion des volumes prélevables. En effet, dans le cadre des contrats de territoires de gestion quantitative, développés lors de la définition des Volumes Prélevables les institutions publiques ont dressé un inventaire des actions possibles (semis et variétés plus précoces, changement de culture, gestion optimale des ressources, tour d'eau, échange d'information entre préleveurs et gestionnaire...). Par contre, elles n'ont pas eu les moyens d'élaborer une stratégie d'action adaptée aux spécificités de chaque unité de gestion c'est-à-dire de définir quelle(s) action(s) et avec quelle intensité il faut entreprendre pour atteindre les objectifs fixés. L'instanciation et l'adaptation de la plateforme MAELIA, pour produire un outil opérationnel de gestion proactive pourraient aider les acteurs en charge de la gestion à développer ces stratégies. En effet, la possibilité de représenter, au sein des bassins versant, les interactions sol-système de culture-hydrologie des ressources en eau-modalités de gestion des ressources stockées, à une résolution spatio-temporelle fine (ex. zone hydrologique de référence et jour), pour évaluer les effets potentiels de stratégies d'action sur l'état des ressources en eau et des systèmes agricoles semble représenter pour eux, l'atout majeur de la plateforme. D'un point de vue général, les acteurs rencontrés considèrent que les outils présentés devraient notamment intéresser les futurs OUGC.

### **4.3. Le bassin Rhône-Méditerranée**

#### 4.3.1. Entretiens et rencontres organisées

En Rhône-Méditerranée deux entretiens téléphoniques ont eu lieu en amont avec :

- **l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB)**
- **la Direction Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Rhône-Alpes (DREAL Rhône-Alpes)**

Ces entretiens ont donné lieu à l'organisation d'une rencontre à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse mobilisant des acteurs de différentes organisations :

- **de l'AE RM&C - Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse**
- **de la DREAL RA - Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Rhône-Alpes**
- **du BE R&D - Bureau d'Etude Risques et Développement**

Le détail des personnes rencontrées et interviewées est présenté en Annexe 1.3.

#### 4.3.2. Principaux enjeux en matière de gestion quantitative de l'eau

Plusieurs spécificités caractérisent la situation hydrologique du bassin Rhône Méditerranée (RM). La grande diversité de régimes hydro-climatiques (alpin, méditerranéen, cévenole, etc.) et de contextes morpho-pédologiques se répercute sur les pratiques agricoles. Il existe peu de monoculture sur de grandes superficies, les cultures sont très diversifiées et souvent associées à un label de qualité (plantes aromatiques, melon de cavaillon, lavande, viticulture, foin de Crau etc.). Concernant l'irrigation, les contraintes climatiques ont conduit à d'importants aménagements (ex. barrages et canaux) et en particulier au développement historique de systèmes d'irrigation gravitaire. Le bassin est également confronté à de très forts enjeux liés à l'aménagement du territoire et à l'urbanisation de la plaine méditerranéenne. La zone alpine est également très concernée par des problématiques liées à l'AEP, en particulier les villes en altitude, à la frontière suisse, où se concentrent des activités économiques très consommatrices d'eau durant les étiages hivernaux (ex. production de neige artificielle).

Du fait du régime climatique méditerranéen, c'est en RM que l'on retrouve les plus forts volumes prélevés rapportés à l'hectare irrigué (Figure 7 et Tableau 1). D'après les chiffres de l'AERMC<sup>19</sup>, en 2010, le bassin comptabilisait 868 millions de m<sup>3</sup> d'eau prélevé pour l'usage agricole pour 264 998 ha de superficie irriguée soit un volume moyen prélevé par hectare de 3275 m<sup>3</sup>. L'irrigation constitue l'usage le plus consommateur en eaux superficielles alors que

<sup>19</sup> Site de l'AE RMC <http://www.eaurmc.fr/>

les prélèvements en eaux souterraines servent essentiellement à l'alimentation en eau potable et à l'industrie. Sur les 6,7 milliards de m<sup>3</sup> prélevés tout usage confondu sur le bassin, l'irrigation représente 70% de l'eau prélevée en eaux superficielles et 10% de l'eau prélevée en eaux souterraines.

Ces prélèvements en eau se répartissent de façon hétérogène sur le bassin. Si globalement celui-ci bénéficie d'une ressource abondante (le Rhône, la Durance, le Verdon, etc.) certains secteurs comme l'Ardèche, la Côte-d'Or, la Drôme (etc.) connaissent des situations de pénurie d'eau récurrentes (<http://www.eaurmc.fr/>).

A l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée 72 sous bassins et/ou aquifères prioritaires (60 en eaux superficielles, 12 en eaux souterraines - Figures 14 et 15), soit environ 40% de la superficie totale du territoire, ont été identifiés comme présentant un déséquilibre entre ressource disponible et prélèvements. Sur ces territoires, le SDAGE préconise la mise en place de plans de gestion durable de la ressource qui concilient besoins du milieu et satisfaction des différents usages.

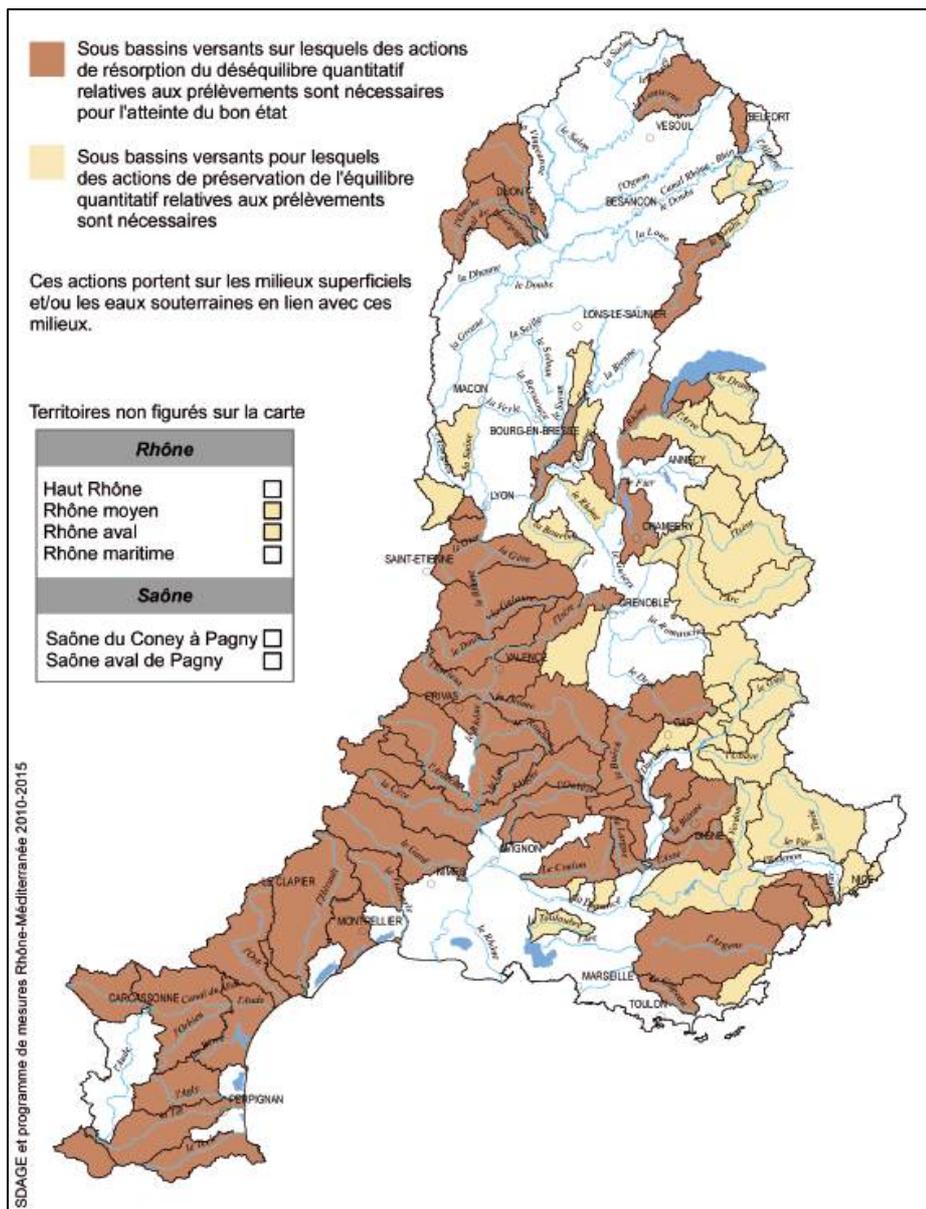


Figure 14 : Equilibre quantitatif relatif aux prélèvements – Eaux superficielles  
Source : <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/usages-et-pressions/gestion-quantitative/problematique.php>

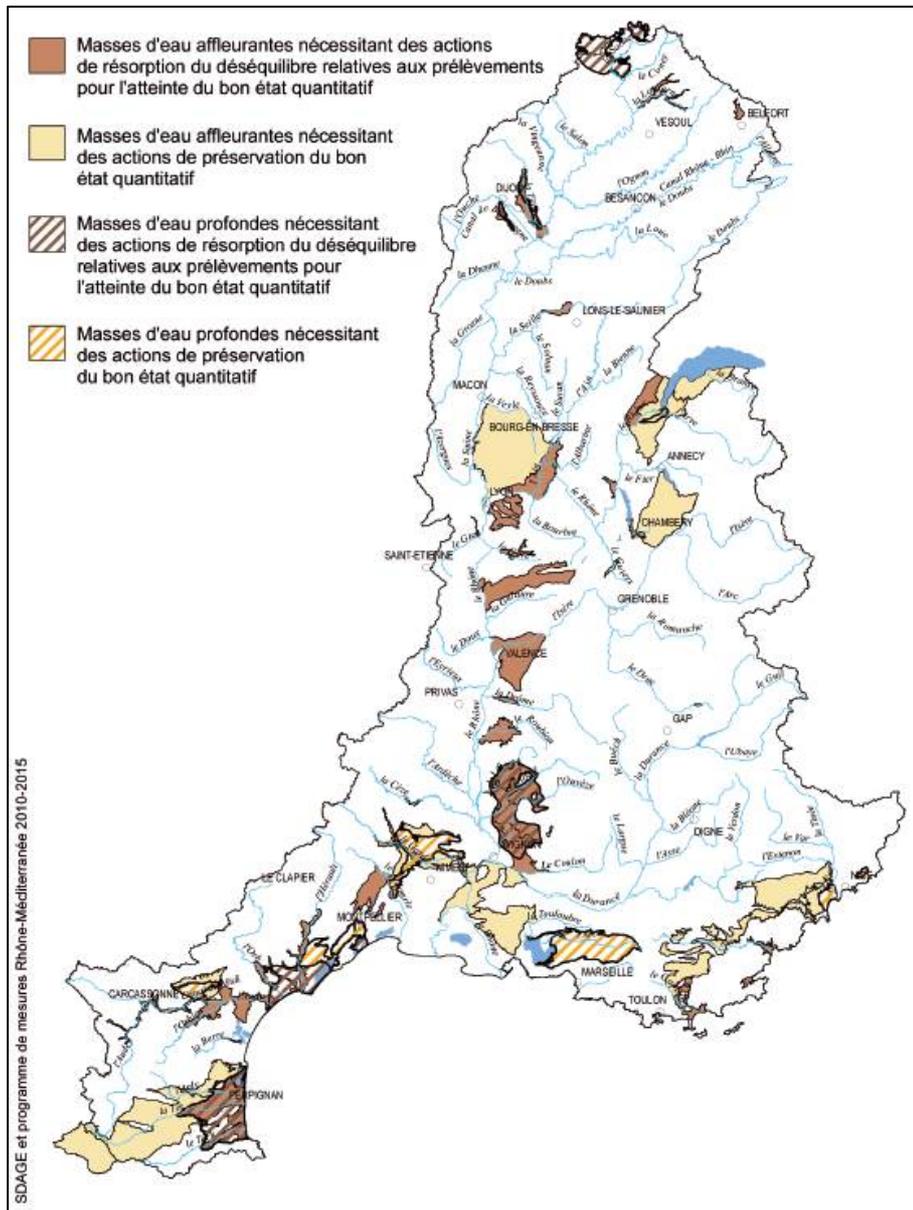


Figure 15 : Actions relatives au bon état quantitatif – Eaux souterraines  
 Source : <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/usages-et-pressions/gestion-quantitative/problematique.php>

Comparativement aux bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne, qui ont déjà une connaissance des enjeux locaux et dont la plupart des VP sont définis et où les OUGC sont en grande partie désignés, les problématiques de gestion des étiages ont été prises en compte plus récemment sur le bassin Rhône-Méditerranée (« Un SDAGE de retard par rapport aux autres bassins »). En revanche, RM a bénéficié des retours d'expérience des chantiers conduits dans les autres bassins et a décidé d'intégrer dans leur méthode de détermination des VP l'estimation de Débits Minimums Biologiques.

#### 4.3.3. Connaissances, méthodes et outils utilisés

##### 4.3.3.1. Les dispositifs de gestion et outils d'analyse mobilisés

Le chantier de définition des VP engagé depuis 2009 sur les 72 bassins ciblés dans le SDAGE (Figure 14 et 15) se poursuit et devrait se terminer d'ici fin 2014. Ces études VP sont un préalable indispensable à la mise en place de protocoles de gestion quantitative. D'après une note du secrétariat technique du SDAGE de 2013 (Floury et al., 2013) la méthode de détermination des VP se décompose en 4 grandes étapes qui font chacune appel à des connaissances, méthodes et outils spécifiques.

**1- bilan des prélèvements existants** qui s'appuie sur une description la plus exhaustive possible des prélèvements actuellement recensés sur le bassin tout usages confondus (AEP, agriculture, industrie). La connaissance de ces prélèvements est plus ou moins fine d'un bassin à l'autre avec des prélèvements diffus (agricoles ou individuels) qui génèrent

de l'incertitude. Dans une visée d'amélioration de la gestion de la ressource en eau, les études VP incluent systématiquement un travail dédié à la détermination des prélèvements de façon à produire des informations plus précises et plus exhaustives que les données redevances de l'Agence de l'Eau (Cf. 3.3.3.3.).

**2- quantification de la ressource disponible** et de l'impact des prélèvements sur le régime hydrologique. La quantification de l'état de la ressource se base sur une reconstitution des débits « naturels » ou « non influencés » réalisée aux points de référence<sup>20</sup> qui peuvent correspondre à des stations hydrométriques, à des stations « habitat » ou bien aux exutoires des sous bassins (Miguel, 2012).

**3- détermination des besoins des milieux** (débits minimums biologiques - DMB). D'après l'article L. 214-18 de la LEMA, le DMB correspond au débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux. A la différence des autres bassins, la démarche de définition des VP en RM s'est accompagnée d'une démarche de quantification des besoins du milieu. Il ne s'agit pas d'une valeur fixe mais plutôt d'une gamme de débits minimums nécessaires pour assurer le maintien et la survie des espèces clefs de chacun des écosystèmes aquatiques.

**4- détermination des volumes prélevables** et des actions à mener sur les prélèvements. Le volume prélevable correspond au volume que le milieu est capable de fournir dans des conditions écologiques satisfaisantes tout en permettant de ne pas recourir au dispositif de gestion de crise plus de 2 années sur 10.

La mise en œuvre des études dans chaque bassin s'accompagne d'un important travail méthodologique avec les acteurs en charge de la gestion de l'eau (AE, futures OUGC, DDT, etc.) et de sensibilisation/participation des usagers. Par exemple, l'approche proposée par le bureau d'étude Risque & Développement mise en oeuvre en PACA conduit les différents usagers (agricoles, industriels et AEP) à appréhender et définir collectivement les efforts demandés à chaque type d'usagers pour rétablir l'équilibre entre ressources et demandes. Afin notamment de ne pas stigmatiser et de faciliter la négociation avec la profession agricole, il s'agit de mettre en regard les efforts demandés par chaque grand type d'usage en terme de diminution des prélèvements. Dans cette approche, les besoins des milieux aquatiques, représentés par l'Etat, sont considérés au même niveau que ceux des autres acteurs.

#### 4.3.3.2. Outils et démarches de modélisation

Pour la détermination des DMB c'est le cadre méthodologique dit « micro-habitat » qui a été utilisé. Il a pour objectif d'évaluer l'évolution de l'habitat physique de quelques espèces de poissons (appelé « station habitat ») en fonction du débit pour une portion de rivière donnée (Guide EVHA, 1998). Il permet d'estimer, pour un débit donné, l'habitat potentiel d'un cours d'eau pour le stade de développement d'une espèce (Souchon et al, 2003). C'est la méthodologie préconisée par le cahier des charges exposant la démarche générale de détermination des volumes maximum prélevables dans le bassin RM (AERMC et al., 2010). C'est le modèle Estimhab qui est généralement mis en oeuvre, modèle statistique développé par l'Irstea qui permet d'estimer les impacts écologiques de la gestion des cours d'eau (modification de débits) en proposant un protocole de mise en place simple (Lamouroux, 2008). Le modèle EVHA (Guide EVHA, 1998) est également souvent utilisé. Il couple un modèle hydraulique et un modèle biologique, le premier décrit physiquement la rivière, le deuxième traduit sa capacité d'accueil pour les poissons. La mise en œuvre de ces modèles nécessite au préalable un inventaire des espèces présentes sur le bassin d'étude. Les données issues de ces modèles sont comparées aux indicateurs statistiques des débits renaturalisés (ex. VCN 10 ou 30) pour définir un Débit d'Objectif d'Etiage qui représente un compromis entre ressources disponibles et objectif en terme d'habitat aquatique.

#### 4.3.3.3. Les données mobilisées

##### ► Données pour décrire les pressions

L'estimation des prélèvements par les bureaux d'étude doit, d'après le cahier des charges,

---

<sup>20</sup> Serveur hydrométrique temps réel du bassin RM (<http://www.rdbmrc.com/hydreel2/index.html>) géré par la DREAL Rhône-Alpes et alimenté par les différents producteurs de données : réseaux d'hydrométrie des services de l'Etat du bassin RM (DREAL, DDT), ainsi que de leurs partenaires (collectivités territoriales, gestionnaires d'ouvrages hydrauliques, concessionnaires...)

intégrer (AERMC et al., 2010) :

- des enquêtes de terrain et méthodologie spécifique pour quantifier les prélèvements non déclarés ;
- un recoupement entre différentes bases de données (agence de l'eau, chambre d'agriculture, données des associations syndicales autorisées (ASA) des irrigants, recensement agricole et occupation des sols, etc.) ;
- une estimation des prélèvements bruts, des rejets, des prélèvements nets. Ces estimations peuvent être réalisées à l'échelle du bassin, de sous bassin, sur une année ou mensuellement.

Sur certains sous bassins, des bureaux d'étude comme R&D ont réalisé un important travail de collecte, de synthèse et de préparation de ces données avec notamment le géoréférencement de l'ensemble des prélèvements et restitutions d'eau au milieu pour chacun des usagers. L'ensemble de ces données seront intégrées dans le système d'information de l'AERM.

#### ► Données sur l'état quantitatif des ressources

Un bilan est dressé en amont sur les dispositifs de mesure de l'hydrologie au sein de chaque bassin (caractéristiques des stations hydrométriques présentes, postes pluviométriques, jaugeages réalisés, etc.) afin d'évaluer la disparité des informations disponibles selon les bassins et les choix de méthodologie de reconstitution des débits (naturels et influencés) que les bureaux d'étude doivent réaliser.

Il y a une forte hétérogénéité d'équipements hydrométriques entre les bassins de la région PACA. D'après Miguel (2012), les méthodes de reconstitution des débits naturels et/ou influencés utilisées par les bureaux d'étude, peuvent être classées en 4 grandes catégories :

- analyse des mesures et observations lorsque des mesures de stations hydrométriques et données sur les prélèvements sont disponibles ;
- modélisation hydrologique pour des bassins non équipés ou sous-équipés ;
- extrapolation/interpolation de données mesurées sur des bassins non équipés ou sous-équipés: ces données sont le résultat d'un raisonnement mathématique selon lequel les débits amont/aval suivent une loi statistique (une régression polynomiale par exemple) ;
- autres méthodes : cette catégorie regroupe ici les modèles de bilan ou le modèle surfacique dans lequel « les caractéristiques hydrologiques sont déterminées à partir de sommes ou de soustractions simples, de travail de proche en proche, ou bien d'équations simples intégrant des relations avec la surface drainée » (Miguel, 2012).

#### 4.3.4. Les besoins des acteurs en charge de la gestion quantitative de l'eau

Toutes les **estimations réalisées** dans le cadre des études décrites ci-dessus (estimations hydrologiques, recensements des prélèvements, modélisation habitat, etc.) sont considérées par les acteurs rencontrés comme soumises à une **forte incertitude**. Cela se traduit par d'importants besoins en outils robustes permettant de fournir des données fiables et précises (sur les débits, les prélèvements et les restitutions au milieu). Les acteurs manifestent par exemple des besoins d'équipements supplémentaires en stations pour mesurer les débits des cours d'eau mais également, pour les situations où il n'est pas possible de construire de nouvelles stations, en méthodes d'extrapolation solides. Comme dans les autres bassins, il ressort également un manque d'information sur l'état et la dynamique des ressources souterraines.

Pour **appuyer le travail des OUGC** et guider l'élaboration des plans de répartition des volumes prélevables les acteurs consultés considèrent qu'il est nécessaire de développer des outils de gestion de la pénurie. Cela passe notamment par la production de modèles permettant de représenter le système du territoire de gestion pour estimer et choisir des scénarios d'action c'est-à-dire une combinaison de leviers d'action et de degrés d'action de chacun permettant d'atteindre les objectifs sur l'état des ressources en eau. Là encore l'enjeu réside dans la possibilité de représenter l'hétérogénéité des situations de production agricole, les dynamiques de prélèvement associées et l'impact sur l'hydrologie des différentes ressources en eau au sein d'un bassin versant.

Il ressort également de la rencontre organisée à l'AERMC un besoin d'outils à **deux grands niveaux d'échelle** :

- pour évaluer la cohérence d'un jeu d'action à l'échelle d'un projet de **territoire** par exemple dans le cadre de l'élaboration d'un SAGE à l'échelle du bassin versant concerné par celui-ci (possiblement composé de plusieurs unités de gestion des VP) ;
- pour l'aide à la gestion en temps réel à l'échelle des unités et sous-unités de **gestion** (pour gérer les efforts de réduction des prélèvements sur certains sous-secteurs), par exemple pour les DDT, EPTB voire OUGC.

#### 4.3.5. Intérêts manifestés pour les outils de l'INRA

Par rapport aux outils de l'INRA présentés les acteurs ont souligné des besoins en outils pour **faire le lien entre prélèvements et état de la ressource aux différentes échelles**. Ils ont également soulevé des besoins en outils pour **évaluer l'impact des réglementations** en matière de VP **sur l'état du milieu** et suivre ainsi les effets des efforts réalisés en termes de réduction des prélèvements par les différents usagers. En effet, une fois que la définition des VP sera effective et les efforts de réduction des prélèvements entrepris il sera nécessaire de définir des méthodes permettant d'évaluer l'impact sur le milieu. Cela passe également par le besoin de méthodes qui prennent en compte les effets amont/aval, c'est-à-dire permettant d'évaluer les répercussions des prélèvements effectués sur les bassins amont sur la disponibilité de l'eau et le fonctionnement du réseau hydrologique dans les bassins situés en aval. Cet ensemble de phénomènes et d'interactions est représentable dans la plateforme MAELIA.

Cependant les acteurs ont souhaité souligner également que tout ne peut pas passer par la modélisation. L'introduction de la logique du besoin du milieu naturel pose des problèmes de méthodes et d'acceptation par les usagers. Ils ont donc également souligné le besoin de **méthodes de pédagogie, d'outils pour dialoguer avec les acteurs**, pour sensibiliser et convaincre les acteurs de l'impact de la réduction des prélèvements sur le milieu. Par ailleurs, ils ont relevé le besoin de **connaissances sur les pratiques des usagers** et la nécessité de réfléchir à des méthodes pour intégrer **les logiques d'acteurs** dans les outils. Dans tous les cas, ils ont relevé les enjeux de vulgarisation des concepts et méthodes pour les rendre accessibles par tous.

## 5. Synthèse au niveau national

### 5.1. Des besoins communs en connaissances, méthodes et outils

#### 5.1.1. Synthèses des données et modèles-outils utilisés

Les tableaux n°2 & 3 proposent une présentation synthétique d'une part des données et méthodes de collecte de données, et d'autre part des outils et modèles décrits par les acteurs rencontrés dans chacun des bassins. Au même titre que celles présentées dans ce rapport, les informations présentées dans ces tableaux n'ont donc pas vocation à être exhaustives. Les différences entre bassins, de nature, d'ampleur et de diversité des dispositifs de collecte de données et de modélisation, reflètent l'historique et l'importance passée et actuelle de l'enjeu gestion des étiages dans ces bassins mais aussi les dispositifs sur lesquels les acteurs rencontrés dans chaque bassin ont mis l'accent lors des entretiens. Seules les spécificités des bassins sont présentées dans ces tableaux. Ainsi, les dispositifs de collecte de données généralisés (ex. données sur les déclarations et autorisations de prélèvements des DDT et sur les prélèvements des Agences de l'Eau) s'ils ne sont pas spécifiques ou les démarches nationales présentées dans la section n°4 de ce rapport (ex. Banque Nationale sur les Prélèvements en Eau, Banque Hydro, Modélisation Explore 2070) ne sont pas présentés ici. Certains modèles ou outils d'aide à la décision sont présentés dans un bassin alors qu'ils sont potentiellement appliqués dans plusieurs (ex. les modèles et outils de la CACG ou le modèle SIM). Le choix a été fait de les rattacher au bassin dans lequel ils sont le plus utilisés (BAG pour la CACG) ou de l'institution qui les utilise (DREAL Poitou-Charentes pour SIM).

Tableau 2 : Synthèse des spécificités par bassin en termes de données relatives aux prélèvements et état quantitatif des ressources en eau.

Cadre/objectif	Données	Méthodes	Destinataires	Observations/Enjeux
<b>Bassin Adour-Garonne</b>				
Elaboration d'un Plan de Gestion des Etiages (PGE) à l'échelle d'un bassin versant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressources disponibles (débits renaturalisés)</li> <li>- Bilan des usages</li> <li>- Estimation du déficit</li> <li>- Plan d'action pour réduire le déficit</li> <li>- Base de données avec indicateurs de suivi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- « Renaturalisation » des débits par analyse de données, modélisation pluie/débit ou extrapolation d'un bassin à un autre</li> <li>- Estimation des prélèvements à partir des données AEAG, DDT, Recensement Agricole</li> <li>- Estimation du déficit par bilan ressource/prélèvements</li> </ul>	Porteur du PGE, acteurs de l'eau du bassin concerné, services de l'Etat et AEAG	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Données globales à l'échelle du bassin versant</li> <li>-Incertitudes sur les usages agricoles</li> <li>-Diversité de méthodes mise en œuvre entre bassins</li> <li>- Indicateurs de suivi peu mis en œuvre et peu centralisés</li> <li>- Données sur les ressources utilisées pour la définition des volumes prélevables (peu d'études dédiées)</li> <li>- Données sur les prélèvements agricoles spatialisées à la commune (vs. position géographique et sur ressource)</li> </ul>
Mise à jour de l'état des lieux DCE - « Pression significative » par tronçon de cours d'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- « Pression significative » = rapport entre prélèvements et ressources disponibles en situation non influencée par tronçon de cours d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prélèvements = données (redevance) de l'AEAG</li> <li>- Ressources au dessus du DOE = QMNA5 estimés sur les tronçons des principaux cours d'eau français sur la base de l'analyse comparée des sorties de trois modèles développés par l'IRSTEA</li> </ul>	AEAG, Europe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimations des QMNA5 estimées par certains acteurs institutionnels comme pas toujours cohérentes par rapport aux connaissances expertes locales</li> </ul>
<b>Bassin Loire-Bretagne</b>				
Collecte de données sur les prélèvements	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données issues de la procédure redevance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actuellement procédure papier classique</li> </ul>	Tout public, services de l'Etat et AELB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données imprécises entre autre pour le rattachement à un code masse d'eau souterraine (ex. problème de superposition d'aquifères en LB) et en terme de spatialisation.</li> <li>- Objectif de développer la télé-déclaration pour réduire les temps de traitements et de mise à disposition des données</li> </ul>
<b>Bassin Rhône-Méditerranée</b>				
Estimation des Débits Minimums Biologiques (DMB) et Volumes Prélevables (VP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressources disponibles (débits renaturalisés)</li> <li>-Données homogénéisée (format et variables, spatialisation) sur les prélèvements dans chacun des bassins versant sur lequel un VP a été défini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- « Renaturalisation » des débits par analyse de données, modélisation pluie/débit, extrapolation d'un bassin à un autre,</li> <li>- Estimation des prélèvements par combinaison de (i) enquêtes de terrain, (ii) recoupement entre différentes bases de données et (iii) estimation des prélèvements bruts, des rejets, des prélèvements nets</li> </ul>	Acteurs de l'eau du bassin concerné, services de l'Etat et AERM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédure mise en œuvre par des bureaux d'étude différents suivant un cahier des charges uniques</li> <li>- Intégration des données homogénéisées dans le système d'information de l'agence RM</li> <li>- Spatialisation fine des points de prélèvements et affectation d'information précise sur ressource impactée et préleveurs</li> </ul>

Tableau 3 : Synthèse des spécificités par bassin en termes de modèles et outils d'aide à la décision pour la gestion des étiages

Modèle/outil	Nature	Utilisations	Observations
<b>Bassin Adour-Garonne (BAG)</b>			
Modèle du SMEAG (Syndicat Mixte d'Etudes et d'Aménagement de la Garonne)	- Modèle agro-hydrologique semi distribué. Modèle pluie/débit. Besoins agricoles estimés en fonction de la demande climatique (Kc x ETP) pour huit types de culture représentés par sous bassin	- Planification (évaluation de scénarios) - Gestion opérationnelle : décision de lâcher pour le soutien d'étiage	- Les surfaces irriguées par type de culture sont estimées à partir du RA 2010 - Pour la gestion opérationnelle le modèle est alimenté au fur et à mesure de la saison par des informations hydrologiques et météorologiques spatialisées
Modèle de nappes alluviales (développés par le BRGM et utilisé par les DDT)	- Modèle Hydrodynamique maillé (250x250 m) des nappes alluviales de la Garonne, Ariège, Tarn aval et Aveyron aval	- Estimer le volume prélevable annuellement dans ces réservoirs en fonction de leur niveau de recharge (pluie efficace) avant la saison de prélèvement et de leur niveau en sortie de saison précédente	- Modèles utilisés en opérationnel par les DDT depuis quelques années. - Modèle en cours d'actualisation : redécoupage des casiers pour une meilleure adéquation avec les périmètres des OUGC et intégration de certains échanges nappes rivières.
LAGON® (CACG)	- Modèle de simulation au pas de temps journalier de bilans besoins-ressources à l'échelle du bassin versant	- Estimation de déficit par bassin versant - Evaluation de scénarios de demande (assolement x surface irriguée) pour identifier celui permettant un déficit nul 4 années sur 5	- Outil aussi utilisé pour définir des volumes prélevables et des volumes complémentaires nécessaires pour satisfaire tous les besoins au moins 4 années sur 5
RIO MANAGER® (CACG)	- Logiciel d'optimisation de modes de gestion des ressources en eau stockées - Modèle semi distribué au pas de temps mensuel - Cours d'eau représentés sous forme de réseau avec fonction de transfert entre volumes stockés et besoins par zone géographique	- Définir des quotas de prélèvements autorisés en fonction de la ressource stockée disponible et tester l'effet de scénarios climatiques	- La demande est une donnée d'entrée représentant une dynamique prédéfinie (demande mensuelle en eau agricole) et associée à des unités spatiales rattachées au réseau (hydrologique) - Interface élaborée de paramétrage des scénarios et de visualisation SIG - Développement en cours pour affiner la représentation de la demande agricole et passer au pas de temps journalier
Irriportail® (CACG)	Interface web d'échange d'informations entre le gestionnaire de ressources stockées et les usagers agricoles	- Echange d'information sur la météo, l'état des ressources, le conseil à l'irrigation (gestionnaire), intentions d'irrigation (irrigants)	- Echange d'informations pour essayer d'instaurer une situation gagnant – gagnant favorable à une gestion plus efficiente des ressources en eau stockées
<b>Bassin Loire-Bretagne (BLB)</b>			
Modèle du Jurassique en Poitou-Charentes et Marais-Poitevin (développé par le BRGM, financé par la région Poitou Charente puis par l'AELB et la DREAL)	- Modèle hydrogéologique intégrant une représentation des interactions nappes-rivière (maille km <sup>2</sup> , décade)	- Evaluer l'impact de différents scénarios de gestion (réduction des prélèvements, création de réserves de substitution) sur le débit des rivières et les niveaux piézométriques	- Utilisé par la DREAL PdL pour l'optimisation des projets de réserves et pour évaluer l'impact des dispositions du SDAGE et des changements climatiques - Modèle utilisé pour le projet national Explore 2070
Modèle du Cénomaniens (développé par un bureau d'étude SOGREA)	- Modèle hydrogéologique (maille km <sup>2</sup> , pas de temps mensuel)	- Evaluer l'impact des prélèvements sur le fonctionnement de la nappe captive exploitée pour l'AEP et en déduire des dispositions spécifiques dans le SDAGE	- Une actualisation du modèle est prévue fin 2013 début 2014 - Pour bien utiliser ce modèle l'AELB souhaite disposer de données plus fiables sur les prélèvements
Modèle de la nappe de Beauce (développé par l'Ecole de mines)	- Modèle hydrogéologique couplant nappes/rivières	- Déterminer un volume global prélevable dans la nappe	- D'après l'AELB ce modèle n'est « pas utilisable à une échelle spatiale assez fine » mais « a tout de même permis d'étayer les diagnostics pour la définition de volumes prélevables »
Modèle MORDOR (développé par EDF/DTG)	- Modèle hydrogéologique	- Prévoir les débits des cours d'eau en fonction de la pluie et de l'évapotranspiration sur le bassin et prenant en compte les débits de remplissage des réservoirs (barrages) EDF	- Modèle utilisé par la DREAL centre pour prévoir les étiages sur la Loire et anticiper les situations de crise
Plateforme SIM (nationale,	Chaîne de modèles couplant :	- Représenter l'hydrologie de surface pseudo-	- Simulations jugées essentielles pour les échanges entre gestionnaires et équipes

développée par CNRM & Ecoles des Mines)	- SAFRAN - grille météo 8x8 km - ISBA - modèle d'échanges sol-végétation-atmosphère (bilans d'eau et d'énergie couplés, calcul direct de l'évapotranspiration réelle) - MODCOU - modèle hydrogéologique distribuée (maille de 1x1 à 8x8 km, pas de temps jour)	naturelle (sans anthropisation)	scientifiques, dans BLB - Outil utilisé par la DREAL PC pour prévoir les étiages d'un secteur à l'autre - La DREAL PC considère que le modèle n'est pas suffisamment calé pour discuter avec les usagers de l'eau en général et la profession agricole en particulier - Représentation de l'effet des retenues à usage irrigation (« lacs collinaires ») intégrée récemment - Il est prévu d'intégrer le fonctionnement des nappes par couplage avec les modèles du BRGM et ainsi de représenter les échanges nappe-rivière
Observatoire sur l'eau (Entente interdépartementale du bassin de l'Authion)	- Portail d'échange d'informations entre les irrigants et la Chambre d'Agriculture 49 (CA 49) sur les pratiques d'irrigation pour établir des prévisions de consommations	- Etablissement de prévisions de consommations par la CA 49 transmises aux gestionnaires de ressources stockées	- Les utilisateurs s'accordent à dire que le système fonctionne bien - Mais aucune information sur certains aspects (travail en serres, horticulture, etc.) et le taux de réponse des exploitants agricoles est pour l'instant de l'ordre de 50-60% - Il est envisagé de mettre en œuvre ce type d'outil dans d'autres bassins versant
<b>Bassin Rhône-Méditerranée (BRM)</b>			
Modèles pour l'estimation des Débits Minimums Biologiques (DMB)	Deux modèles (développés par l'Irstea): - Estimhab (généralement mis en œuvre) est un modèle statistique associé à un protocole de collecte de données simple - EVHA : couplage d'un modèle hydraulique et d'un modèle biologique, le premier décrit physiquement la rivière, le deuxième traduit sa capacité d'accueil pour les poissons	- Estimation pour un débit donné de l'habitat aquatique potentiel d'un cours d'eau pour le stade de développement d'une espèce	- La mise en œuvre de ces modèles nécessite au préalable un inventaire des espèces présentes sur le bassin d'étude - Ils permettent d'estimer un débit nécessaire en fonction d'un objectif sur les habitats aquatiques - Les données issues de ces modèles sont comparées aux indicateurs statistiques des débits renaturalisés (ex. QMNA5) pour définir un Débit d'Objectif d'Etiage

### 5.1.2. *Constats d'ordre général*

La grande majorité des acteurs rencontrés s'accorde à dire que chaque situation de gestion est spécifique du fait de ses caractéristiques en terme de systèmes (géo)hydrologiques, agricoles (situations pédoclimatiques et pratiques), de gestion des ressources stockées et de régulation des usages et des interactions entre ses systèmes. De ce fait, leurs attentes et demandes en termes de système d'information et d'outil de modélisation sont sous-tendues par le besoin de représenter finement ces interactions. La nécessité de gérer au jour le jour, ou sur quelques jours, les interactions entre ressources et prélèvements pour assurer le bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques et le respect des réglementations sur l'eau impose également que ces systèmes d'information et outils puissent gérer et produire des informations à une résolution temporelle fine.

### 5.1.3. *La mise à disposition de données précises et en temps réel*

L'un des problèmes soulevé dans tous les bassins concerne la mise à disposition de données en amont de l'élaboration et de la mise en œuvre de dispositifs de gestion.

Les données peuvent être basées sur des déclarations comme par exemple les données redevance des AE ou les données du RPG. Du fait des procédures et règles de collecte, les BD construites à partir de ce type d'information sont très rarement exhaustives. Les données peuvent également être produites sur la base de sorties de modèles dont il est nécessaire de renseigner les caractéristiques (référence du modèle, domaine d'application, incertitude...). Les BD disponibles sont généralement produites par diverses organisation à différents niveaux d'organisation (ex. OUGC, PGE, SAGE : bassin versant ; DDT : département ; Agence de l'eau : bassins hydrographiques) et suivant une logique propre à leur domaine d'action. Il en résulte une grande hétérogénéité (format et schéma de données, nature des variables, résolutions spatiale et temporelle) et, donc, de fortes limites à l'interopérabilité. Les acteurs interrogés dans les différents bassins s'accordent sur un besoin de connaissances à plusieurs niveaux :

► **pour décrire l'état des ressources en eau**, en particulier sur les retenues (ex. petites retenues à usage irrigation aussi appelées « retenues collinaires ») et ressources souterraines

mais également sur les mesures de débits et niveaux piézométriques.

Concernant les mesures (débits et niveaux piézométriques), les acteurs sont demandeurs de progrès dans les modèles hydrologiques permettant de simuler les débits et niveaux d'eau mais également en équipements supplémentaires pour accroître le nombre de points de contrôle ou à défaut de méthodes d'extrapolation des mesures produites dans un bassin équipé à un bassin non équipé.

Concernant les ressources souterraines les acteurs soulignent en général une très forte méconnaissance des nappes profondes et de leur fonctionnement. En outre, les données à disposition ne permettent pas de connaître avec une précision suffisante le « contour » des nappes et la dynamique spatio-temporelle de ces ressources. Par ailleurs les échanges entre nappes et cours d'eau sont également mal connus et peu représentés dans les outils de modélisation utilisés.

Concernant les retenues, malgré la précision offerte par l'information géographique de la couche surfaces en eau de la BD TOPO® utilisée par l'AEAG, celle-ci ne fournit pas d'information clef sur les caractéristiques des retenues à usage irrigation. Dans le cadre de l'actualisation du référentiel hydrographique français, les travaux actuels pour la migration du référentiel de la BD Carthage® vers la BD « Topage » sur la description des ressources en eau superficielles (cours d'eau et retenues), devraient conduire à mener des réflexions sur les attributs à associer à cette nouvelles base. D'après les acteurs de l'AEAG, notamment, la caractérisation des retenues, au moins celles à usage irrigation, est indispensable pour estimer l'impact cumulé des retenues existantes sur l'hydrologie des cours d'eau et ainsi définir, à l'échelle des bassins versants, leur niveau de pression sur les étiages et un potentiel d'équipements futurs.

► **pour décrire la pression agricole**, en particulier sur les assolements et plus particulièrement sur les systèmes de cultures et pratiques d'irrigation. En effet, les données sur les prélèvements et consommation d'eau issues des déclarations auprès des AE ne rendent pas compte de façon exhaustive, voire fiable, des pratiques. De plus, elles fournissent une information sur le prélèvement annuel mais pas sur la dynamique quotidienne de prélèvement. Même si avec la mise en place des compteurs ces connaissances ont pu être améliorées au fil du temps il reste des progrès à réaliser pour satisfaire les besoins des gestionnaires (géoréférencement des points de prélèvement, liens aux identifiants des ressources en eau, mise à disposition en temps réel, exhaustivité, fiabilité des indexes, etc.). Plus généralement, il y a un besoin de coordination entre les services producteurs de données (DDT, OUGC, DREAL, AE) aux différentes échelles afin d'homogénéiser la structuration des schémas de SI et les procédures de collecte et traitement de l'information. Des projets nationaux sont en cours actuellement en particulier sur les prélèvements agricoles à la fois pour homogénéiser les données recueillies par les DDT sur les prélèvements mais également par les AE (Cf. 4.2.1. et 4.2.2.).

L'une des grandes attentes des organisations impliquées dans la gestion opérationnelle (DDT, EPTB, OUGC) concerne la mise à disposition de données en temps réel. Pour les gestionnaires, l'un des enjeux est de pouvoir anticiper les crises. Or, les données actuelles pour décrire, voire anticiper, les prélèvements (superficies irriguées, demandes en eau des plantes, prélèvements) arrivent toujours avec un temps de décalage de l'ordre du semestre à l'année, totalement incompatible avec ce type d'objectif.

#### 5.1.4. Des moyens « réduits » en matière de modélisation

De nombreux modèles ou procédures de modélisation sont développés pour des applications spécifiques souvent de l'ordre du diagnostic sur la disponibilité des ressources (reconstitution/simulation des débits naturels, définition de seuils de gestion, etc.). Cependant, en dehors d'efforts menés sur certaines zones en LB, il existe généralement **peu ou pas d'outils pour modéliser les relations nappes/rivières et ressources/prélèvements et évaluer ex ante l'impact de mesures de gestion à l'échelle des unités de gestion** ou de grands bassins hydrologiques. Les systèmes hydro(géo)logiques, d'usages, de stockage et de régulation des usages de l'eau forment des « socio-agro-hydrosystèmes » complexes dont la représentation dans des modèles est balbutiante ou peu mise à disposition des gestionnaires. Pourtant dans les trois bassins, les acteurs rencontrés sont demandeurs de modélisation intégrée permettant de représenter les spécificités du socio-agro-hydrosystème de chaque sous bassin et, ainsi, aider à la conception de plan d'action de moyen terme ou de mesure de gestion en cours de campagne. Toutefois, comme les décideurs souhaitent avoir des sorties d'outils de simulation synthétiques, fiables et compréhensibles, l'équilibre entre niveau de complication des outils et lisibilité reste un enjeu fort pour les acteurs rencontrés et donc les développeurs de ce type de modèle intégré.

Plus précisément, il ressort des entretiens réalisés dans les trois bassins un besoin d'outils basé sur la modélisation intégrée des socio-agro-hydrosystèmes pour :

- **concevoir une stratégie d'action** (combinaison de leviers d'action et de degrés d'action de chacun) à l'échelle d'un projet de territoire par exemple dans le cadre de l'élaboration d'un SAGE ou d'un PGE à l'échelle du bassin versant concerné par celui-ci ;
- **l'aide à la gestion en temps réel** à l'échelle des bassins versant par exemple pour les DDT et EPTB voire OUGC ;

Dans les trois cas, l'enjeu réside dans la capacité du modèle intégré à représenter, au sein des bassins versant, la variabilité des interactions entre sol-système de culture-système de production-hydrologie et gestion des ressources en eau à une résolution spatio-temporelle compatible avec les échelles de décision et d'action des gestionnaires des étiages (ex. zone d'édiction des restrictions d'usage et jour) tout en permettant d'évaluer les effets potentiels des décisions sur les systèmes de production agricoles (ex. la perte financière pour les exploitations impactées).

#### 5.1.5. Des outils de pilotage pour appuyer le travail des OUGC

Avec la LEMA, les OUGC vont devoir établir les plans de répartition annuel des volumes disponibles entre les préleveurs, voire, dans le BAG, pour les bassins déficitaires, un protocole de gestion. Ils devront également émettre un avis sur les demandes de créations d'ouvrages de prélèvement pour l'irrigation. Pour la plupart des acteurs rencontrés, même s'ils ne sont pas des OUGC, il y a un fort besoin de développer des outils d'aide à la décision des OUGC qui permettent de concevoir, évaluer et réviser un plan répartition des VP, voire de prévoir à court-terme les effets des prélèvements sur les débits et de mieux communiquer avec les usagers agricoles concernés. Les acteurs rencontrés soulignent l'importance d'assurer la compatibilité et l'interopérabilité de ce type d'outil avec ceux des DDT, en cours de développement, qui permettra de gérer les autorisations de prélèvement (Cf. 4.2.1). Certaines DDT, fortement impliquées dans la gestion des étiages (ex. DDT 82) sont également demandeuses d'outil d'aide à la gestion. Enfin, ils considèrent important que les OUGC ne s'arrêtent pas à un simple plan de répartition des volumes mais mettent en place un véritable système de prévision des prélèvements au début et au cours de la période estivale permettant de suivre les interactions entre prélèvements et ressources en eau et ainsi anticiper et mieux gérer les déficits journaliers. Pour cela il sera nécessaire de développer un SI sur les systèmes de cultures, stratégies de semis et d'irrigation en particulier. Cela passe notamment par la mise en place d'outils pour échanger les informations sur les systèmes de culture et états des ressources entre agriculteurs et gestionnaire.

## **5.2. Etudes conduites au niveau national**

En parallèle et complément des actions conduites dans les bassins et départements décrites ci-dessus, plusieurs programmes d'action sont conduits au niveau national pour améliorer la connaissance des composantes du bilan hydrologique et des prélèvements au sein des bassins versant ou départements. Du fait de leur prise en compte dans les stratégies d'action des acteurs rencontrés, ils sont rapidement décrits ci-dessous.

### 5.2.1. Le projet de Banque Nationale des Prélèvements en Eau<sup>21</sup>

Le projet de Banque Nationale des Prélèvements en Eau<sup>22</sup> (BNPE) est une des actions prioritaires du Schéma National des Données sur l'Eau (SNDE). Elle permet de rassembler sur une même base de données les données liées aux prélèvements en eau gérées par les agences de l'eau (données liées à la redevance « prélèvement »), les DDT (données liées à l'instruction et au suivi des déclarations et des autorisations de prélèvements au titre de la loi sur l'eau) et, un peu plus tard, des DREAL (données liées à l'instruction et au suivi des déclarations et des autorisations au titre des ICPE). La mise en commun de ces données nécessite la constitution de référentiels nationaux relatifs aux préleveurs, aux ouvrages et aux points de prélèvements. La banque doit permettre de savoir, qui prélève, où, combien, comment et pour faire quoi. Selon le public concerné, différents portails d'accès<sup>23</sup> sont prévus :

<sup>21</sup> Nowak C., 2012 : Proposition de position commune dans le cadre du projet BNPE. Relevé de décisions du comité stratégique du 21/06/2012. 7 pages.

<sup>22</sup> Les spécifications fonctionnelles générales de la banque sont disponibles à l'adresse : <http://www.reseau.eaufrance.fr/ressource/sfg-bnpe-0>

<sup>23</sup> Les spécifications détaillées du portail producteur et de la plateforme de service sont disponibles à l'adresse :

-Grand public : Données anonymisées et groupées à la commune

-Bureaux d'étude : Accès à presque toutes les données sous réserve de confidentialité

-Administration / producteurs de données : Accès à toutes les données

La BNPE devrait être mise en service d'ici 2015. Le dictionnaire de données est disponible sur le site du SANDRE<sup>24</sup>.

Du fait de contrainte budgétaire, la constitution d'un référentiel commun (préleveurs, ouvrages et points de prélèvements) entre DDT et AE ne pourra être réalisée en une seule fois. Aussi, il a été décidé dans un premier temps de constituer uniquement le référentiel commun des préleveurs (ou interlocuteurs). Il y aura donc dans un premier temps deux bases de données dans la BNPE, une avec les données DDT, l'autre avec les données AE, mais ces bases pourront être regroupées via le préleveur. A terme les référentiels communs des points et des ouvrages seront aussi réalisés ce qui permettra de ne disposer plus que d'une seule base de données.

### 5.2.2. La plateforme OASIS pour appuyer le travail des DDT

L'outil OASIS est une application métier qui permettra d'aider les services de police de l'eau (DDT) dans l'instruction et le suivi des déclarations et des autorisations de prélèvements dont ils ont la responsabilité (OUGC, Eau potable, irrigant et certaines industries non ICPE). OASIS permettra également d'alimenter la BNPE avec les données gérées par les DDT. OASIS doit remplacer les différentes applications développées par les DDT pour les aider dans l'instruction et le suivi des déclarations et des autorisations de prélèvements.

Les données gérées dans OASIS permettront d'instruire et de suivre les prélèvements : N° SIRET, nom du préleveur, identifiant de la ressource, période de prélèvement, Débit/Volume, Usage et si irrigation : Culture, surface et type de sol

Toutes ces données ne sont pas obligatoires. Elles ne seront donc pas systématiquement renseignées. Par exemple la culture et plus encore le type de sols ne sont exigés que par très peu de DDT.

### 5.2.3. Un outil pour appuyer le travail des OUGC

Une grande part des OUGC désignés ou qui seront désignés sont des Chambres d'Agriculture (CA). Un groupe de réflexion initié par l'APCA et composé de techniciens des CA a été mis en place pour concevoir le cahier des charges d'une « **base de données irrigation** » permettant une gestion facilitée de la campagne d'irrigation pour l'organisme unique compatible avec l'environnement logiciel des CA (CA, 2012). Cette nouvelle application informatique a pour finalité d'assurer un suivi dans le temps des superficies irriguées, des volumes d'eau consommés et des lieux de consommation par masse d'eau. Il est également prévu que la saisie des indexes de compteur et la consultation des niveaux de consommation d'eau et des restrictions puissent être réalisées depuis un outil embarqué. L'outil correspondant au cahier des charges élaboré par ce groupe technique de l'APCA est, à la date de rédaction de ce rapport, en cours de développement.

### 5.2.4. Le projet Explore 2070 et l'outil STRATEAU

L'objectif du projet **Explore 2070**<sup>25</sup>, qui s'est déroulé de juin 2010 à octobre 2012, était double. Il s'agissait, d'une part, d'évaluer les impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et la ressource en eau à échéance 2070. Il s'agissait, d'autre part, d'élaborer et d'évaluer des stratégies d'adaptation dans le domaine de l'eau. Le projet a été porté par la DEB du MEDDE avec la participation de l'ONEMA, du CETMEF, des AE, des DREAL de bassin, du CGDD, de la DGEC et de la DGPR. En matière d'état quantitatif de la ressource en eau, les projections s'accordent sur une accentuation générale des étiages pour la très grande majorité des bassins de la métropole. D'après MEDDE (2012) les évolutions projetées sont cependant soumises à des incertitudes notamment liées à des modèles climatiques et hydrologiques insuffisamment robustes, des connaissances et des données (sur les prélèvements, les transferts d'eau entre bassin, etc.) peu fiables voire lacunaires. La significativité des tendances et l'utilisation des résultats des études conduites dans le cadre de ce projet sont donc à considérer avec précaution. Dans le cadre de ce projet, un outil web de prospective a été élaboré dans le but de quantifier et confronter les demandes et les

---

<http://www.reseau.eaufrance.fr/ressource/sfd-validees-portail-producteurs-bnpe>

<sup>24</sup> [http://sandre.eaufrance.fr/ftp/documents/fr/ddd/prl/2/sandre\\_dictionnaire\\_PRL\\_2.pdf](http://sandre.eaufrance.fr/ftp/documents/fr/ddd/prl/2/sandre_dictionnaire_PRL_2.pdf)

<sup>25</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Hydrologie-de-surface.html>

ressources en eaux d'un territoire et de tester des scénarios. Si l'outil a été développé pour des besoins nationaux il reste à disposition de tous les acteurs publics.

Depuis 2009, l'Ambassade de l'Eau, aux côtés des Agences de Bassin, du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) et des principaux acteurs économiques de l'eau en France, a chargé Energies Demain d'assurer la maîtrise d'œuvre d'un outil d'analyse stratégique et de prospective sur les équilibres demandes/ressources en eau (ADE, nd). L'**outil STRATEAU** a pour objectif d'offrir aux acteurs locaux un outil d'aide à la décision destiné à éclairer le choix des décideurs dans plusieurs stratégies politiques ayant un lien avec la gestion quantitative de la ressource en eau (par exemple plan d'adaptation au changement climatique, SAGE, SDAGE). Cet outil doit permettre de faire le lien entre ressource et demande en eau à différentes échelles (administratives, bassins versants), en estimant ces demandes à partir des usages (donc des données socio-économiques). A titre d'exemple, l'outil a été appliqué sur la France métropolitaine sur 3 années 2004-2005-2006. Il ne s'agit pas d'un outil de modélisation des comportements hydrologiques des nappes et des rivières, mais bien d'un outil d'estimation bilan offre/demande en eau à l'échelle d'un territoire. L'outil STRATEAU est disponible sur le web pour une utilisation par les services de l'Etat (AE, DREAL, ONEMA).

## 6. Intérêts, adaptations possibles des travaux de l'INRA

Les travaux de recherche conduits par l'équipe MAGE à l'échelle du bassin versant s'intéressent spécifiquement à l'analyse et à la modélisation intégrée des interactions entre utilisation agricole du sol et de l'eau, gestion des ressources stockées, régulation des usages agricoles de l'eau et flux d'eau dans l'hydrosystème. Ils sont organisés autour de trois grands axes de travail :

- (i) représentation de la structure socio-agro-hydrosystème (territoire de gestion de l'eau) via le développement d'un Système d'Information Géographique représentant la distribution spatiale des systèmes de culture et les relations entre systèmes agricoles (îlots culturels et exploitation agricoles) et ressources en eau (cours d'eau, retenues, nappes),
- (ii) modélisation et simulation du fonctionnement du socio-agro-hydrosystème via le développement d'une plateforme de simulation multi-agent,
- (iii) démarche participative de construction/évaluation de scénarios d'organisation spatiale de systèmes de culture et de gestion des ressources en eau à l'échelle du bassin versant.

### 6.1. Système d'information sur la distribution spatiale des systèmes de culture et de production, des prélèvements et des ressources en eau

#### 6.1.1. Description des assolements et séquences

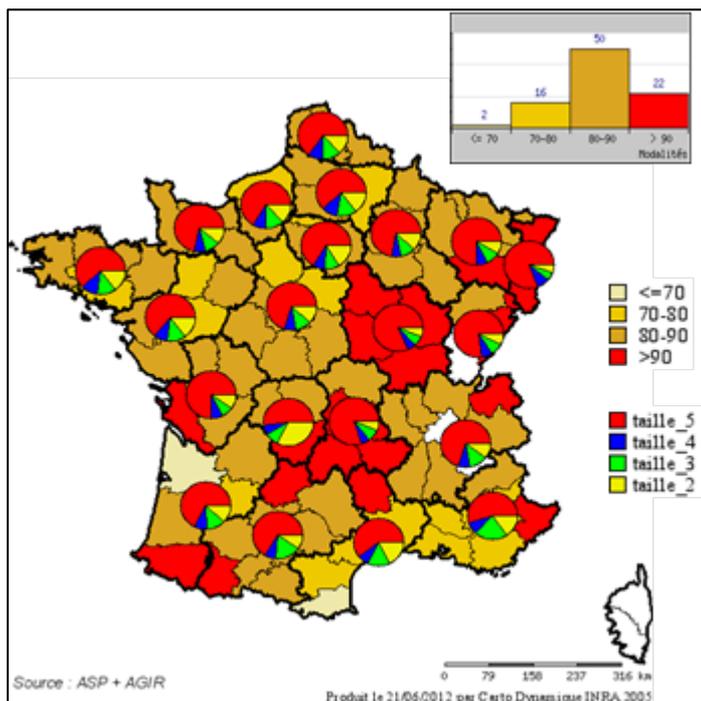
La version du Registre Parcellaire Graphique (RPG) fournie par l'Agence de Services et de Paiement (ASP) est issue d'un traitement des déclarations (anonymisation et agrégation des classes d'occupation du sol) des exploitants agricoles pour bénéficier des aides de la Politique Agricole Commune (PAC). Chaque année, l'exploitant digitalise les îlots cultivés sur fond d'orthophotos et décrit leur occupation culturale. Un îlot est un ensemble de parcelles culturales contiguës exploité par un même déclarant et entouré par des limites permanentes (chemin, route, ruisseau) ou par d'autres exploitations. Les îlots peuvent porter une ou plusieurs cultures et doivent contenir toutes les surfaces concernées par des mesures d'aide ou non<sup>26</sup>.

Compte tenu de la très bonne couverture spatiale des espaces agricoles primés par la PAC offerte par la base de données RPG et la profondeur temporelle disponible actuellement (5 ans entre 2006 et 2010), l'équipe MAGE a mis en place une méthode de traitement permettant de reconstituer la **distribution spatiale des séquences de culture (enchaînement de cultures) sur l'ensemble de la France métropolitaine à la résolution parcellaire avec un taux de couverture de l'ordre de 85% des surfaces du RPG (relativement exhaustive en termes de surfaces en grande culture et prairie)**. Cette méthode est appliquée sur une version du RPG anonymisée délivrée par l'Agence de Service et de Paiement<sup>27</sup> dans laquelle la couverture des sols est décrite en 28 classes de culture (au lieu des environs 120 initiales) et dans laquelle, pour les années 2007 à 2009, l'information s'il y a au moins une culture irriguée dans l'îlot est fournie.

<sup>26</sup> Site de l'ASP <http://www.asp-public.fr/>

<sup>27</sup> <http://www.asp-public.fr/?q=node/856>

La reconstitution des séquences de culture a été réalisée selon deux étapes. La première reconstitue la « filiation » des îlots d'une année sur l'autre par analyse des intersections géographiques. Ainsi, chaque îlot de la dernière année disponible est relié avec un ou plusieurs îlots de chaque année précédente si leur intersection spatiale représente au moins 10 % de la surface de l'un d'eux. La seconde étape reconstitue les séquences de culture des parcelles des îlots. Elle repose sur deux hypothèses principales (i) la surface d'une classe de culture dans un îlot correspond à la surface d'une parcelle culturale et (ii) les surfaces des parcelles culturales au sein des îlots sont le plus souvent différentes. Une chaîne de traitements permet de reconnaître, au sein de chaque filiation d'îlots, la récurrence de surfaces entre années, soit directement soit suite à une agrégation ou désagrégation de parcelles au sein d'un îlot chaque année. Cette reconnaissance de surfaces (strictement égales ou à 5% près) permet de reconstituer la filiation des parcelles culturales entre années et, par conséquent, de reconstituer les séquences (puisque à chaque parcelle culturale est associée une classe d'occupation agricole du sol). Cette approche permet de reconstituer des séquences de culture de 2 à 5 ans suivant les capacités de l'algorithme à reconstituer les changements de limites parcellaires d'une année sur l'autre (Figure 16). Les traitements des années 2011 et 2012 pour étendre la profondeur historique considérée sont en cours à la date de rédaction de ce rapport.



© AGIR  
Figure 16 : Résultats de traitements du RPG 2006-2010 sur la reconstitution des séquences de culture  
Source des données : ASP + AGIR

*Nota bene* : La trame de couleur représente le pourcentage des surfaces des îlots sur lesquelles les séquences de culture ont été reconstituées. L'histogramme représente la distribution du nombre de départements de métropole suivant ce pourcentage de reconstitution. Les camemberts représentent la part des séquences de culture reconstituées suivant leur profondeur temporelle, de 2 à 5 ans (taille 2 à 5), par région administrative.

Le nombre de séquences différentes ainsi reconstituées est très élevé : par exemple plus de 8000 séquences différentes sur 5 ans pour un département composé d'environ 80 000 îlots (ex. le Gers) et pour les 28 classes de culture disponibles. Pour obtenir une vue simplifiée de la diversité des séquences et de leur distribution spatiale au sein du territoire, une typologie de séquences a été développée. Elle est basée sur des traitements numériques appelés « chaîne circulaire » et des connaissances expertes. Elle permet, entre autre, de regrouper les séquences considérées comme l'expression de la même rotation. Par exemple, les séquences [Blé tendre]/[Tournesol]/[Blé tendre]/[Tournesol] et [Tournesol]/[Blé tendre]/[Tournesol]/[Blé tendre] sont assimilées à la rotation [Blé tendre]/[Tournesol].

Ces travaux représentent une première étape dans la construction d'un système d'information sur la distribution spatiale des systèmes de culture c'est-à-dire séquences de culture et pratiques culturales. Pour atteindre cet objectif, ils doivent être complétés par des informations sur les pratiques culturales (travail du sol, semis, fertilisation, protection des cultures, irrigation, récolte).

### 6.1.2. Spatialisation des pratiques culturelles

La base de données « pratiques culturelles »<sup>28</sup> fournit des informations relatives aux itinéraires techniques. Cette enquête réalisée en 1994, 2001, 2006 et 2011 par le service de la statistique, de l'évaluation et de la prospective agricole du MAAF, couvre suivant les années un nombre limité de cultures (blés tendre et dur, orge, colza, pois, maïs, tournesol, betterave, pomme de terre, prairies, jachère). Pour chaque parcelle enquêtée, toutes les interventions culturelles jusqu'au stade de récolte de la culture, auxquelles s'ajoutent quelques informations sur les règles de décision des agriculteurs, sont renseignées. L'échantillon des parcelles enquêtées correspond à un sous-échantillon des points Teruti-Lucas<sup>29</sup>. Le plan d'échantillonnage a pour objectif d'assurer une double représentativité statistique des cultures à une échelle régionale (au moins 5% de la SAU) et à l'échelle France (au moins 60% des surfaces extrapolées sauf pomme de terre et prairies). Par exemple, 14 525 parcelles représentant, par extrapolation, plus de 80% de la SAU sont décrites en 2006. L'analyse de la base de données « pratiques culturelles » permet de caractériser la diversité des ITK (Itinéraires techniques) et leur différenciation sur de larges échelles de territoire. L'UMR AGIR et l'Unité de service Observatoire du Développement Rural (ODR - INRA) développent actuellement, en collaboration avec ARVALIS-Institut du végétal et le CETIOM, une méthodologie d'extrapolation de ces données sur les pratiques culturelles, pour enrichir les données sur les séquences (Cf. 5.1.1.), et ainsi développer un système d'information sur les systèmes de culture en France métropolitaine dont la résolution spatiale sera l'îlot PAC. L'analyse en couvre la gamme des principales pratiques culturelles (cf. ci-dessus).

Pour davantage de précision sur les traitements présentés dans les parties 5.1.1. et 5.1.2. se référer à la publication « Leenhardt D., Therond, O., Mignolet C., 2012 : *Quelle représentation des systèmes de culture pour la gestion de l'eau sur un grand territoire ?* Agronomie, Environnement et Sociétés, vol.2, n°2, 77-89. »

### 6.1.3. Une méthode d'appariement de Bases de Données Géographiques pour analyser les interactions entre agriculture et ressources en eau

Pour répondre aux enjeux de modélisation des interactions entre agriculture et ressources en eau à une résolution fine sur de grandes étendues (ex. BAG) l'équipe MAGE a développé une méthode d'appariement de données spatiales multi-sources (BD IGN, AE, RPG) permettant de représenter les relations (structurelles et annuelles) entre agriculture et eau à l'échelle du BAG.

Cette méthode a pour objectif de déterminer qui prélève (quelle exploitation agricole du RPG), en quelle quantité (volumes prélevés recensés dans la BD des AE) dans quelle ressource (cours d'eau, plan d'eau, nappe décrit dans les BD de l'IGN) par analyse croisée des bases de données renseignant chacun de ces trois volets. Le RPG, livré tous les ans pour la totalité du territoire national, fournit un ensemble d'informations sur les caractéristiques des exploitations agricoles qui irriguent (structure, distribution spatiale, etc.) et sur les superficies agricoles irriguées entre 2007 et 2009. A l'échelle de chacun des 6 grands bassins hydrographiques, chaque année, sur la base des informations déclarées par les préleveurs agricoles auprès des AE les sites des SIE mettent à disposition des données individuelles (par préleveur) sur les prélèvements agricoles : natures et caractéristiques des intervenants, types d'ouvrages de prélèvements, volumes prélevés agricole, nature voire identifiant des ressources en eau (cours d'eau, nappe, retenue). Pour localiser et caractériser les différentes ressources en eau plusieurs BD peuvent être mobilisées. La BD CARTHAGE®, produite par l'Institut Géographique National (IGN), enrichie par le ministère en charge de l'environnement et les AE et mise à disposition sur le site du SANDRE (Service d'Administration des Données et Référentiels sur l'Eau), offre une description relativement exhaustive du réseau hydrographique français. A l'échelle nationale, la BD TOPO®, produite par l'IGN, fournit de l'information sur les surfaces en eau qui permet de localiser les plans d'eau destinés à l'irrigation. Enfin, le référentiel des masses d'eau souterraines est livré dans la Base de Données de Réseau Hydrogéologique français (BDRHF®), généralement accessible via les SIE. Elaboré par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et les AE pour les besoins de la DCE, il fournit une caractérisation et une délimitation géographique des nappes sur la base de critères géologiques et hydrogéologiques.

Le test de cette méthode est actuellement réalisé sur le BAG. Un premier travail a donc

<sup>28</sup> Page Agreste sur les enquêtes Pratiques culturelles  
<http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/pratiques-cultureales/>

<sup>29</sup> Depuis 1982, l'enquête Teruti, puis Lucas à partir de 2006, recense annuellement la nature de l'occupation du sol d'un ensemble de points couvrant tout le territoire français et sélectionné à partir d'une méthode d'échantillonnage à deux niveaux (Page Agreste sur la méthode Teruti [www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf\\_teruti2011metho.pdf](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_teruti2011metho.pdf)), soit sur plus de 550 000 points jusqu'en 2003 et plus de 320 000 depuis.

consisté à collecter et structurer ces BD au sein d'un SI représentant les relations eau-agricultures à l'échelle du BAG (Figure 17).

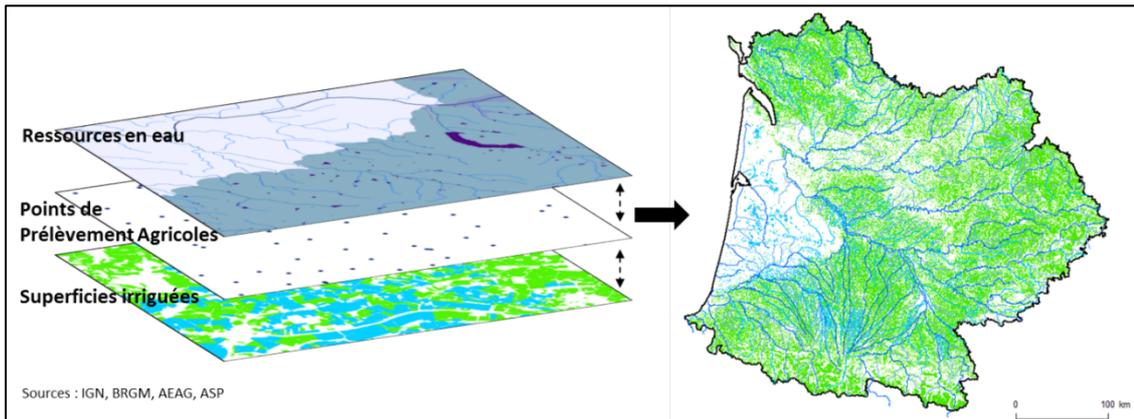


Figure 17 : Couches d'information géographique mobilisées pour représenter les relations eau-agriculture à l'échelle du BAG

La méthodologie mise en œuvre est basée sur l'utilisation de connaissances expertes en agronomie, en hydrologie et sur la structure des territoires agricoles irrigués (relations entre les entités des exploitations agricoles et les ressources en eau) et l'analyse approfondie des variables contenues dans les différentes BD afin d'identifier les appariements potentiels entre les données de nature hétérogène (superficies irriguées, volumes prélevés, etc.) des différentes BD. L'objectif est d'établir des relations qui respectent les grandes cohérences agronomiques, agricoles, hydrologiques et hydrauliques du territoire. La figure 18 illustre les principales relations à établir, les cardinalités à respecter, les variables d'appariement à mobiliser pour relier les exploitations agricoles du RPG aux Points de Prélèvement Agricoles (PPA) du SIE et aux différentes ressources en eau (nappes, cours d'eau et plans d'eau). La procédure doit permettre d'établir des probabilités de relation entre chaque exploitation du RPG et, d'une part, un certain nombre de PPA auxquels sont rattachés des volumes prélevés annuellement et, d'autre part, les ressources en eau mobilisées (décrites dans les BD de l'IGN).

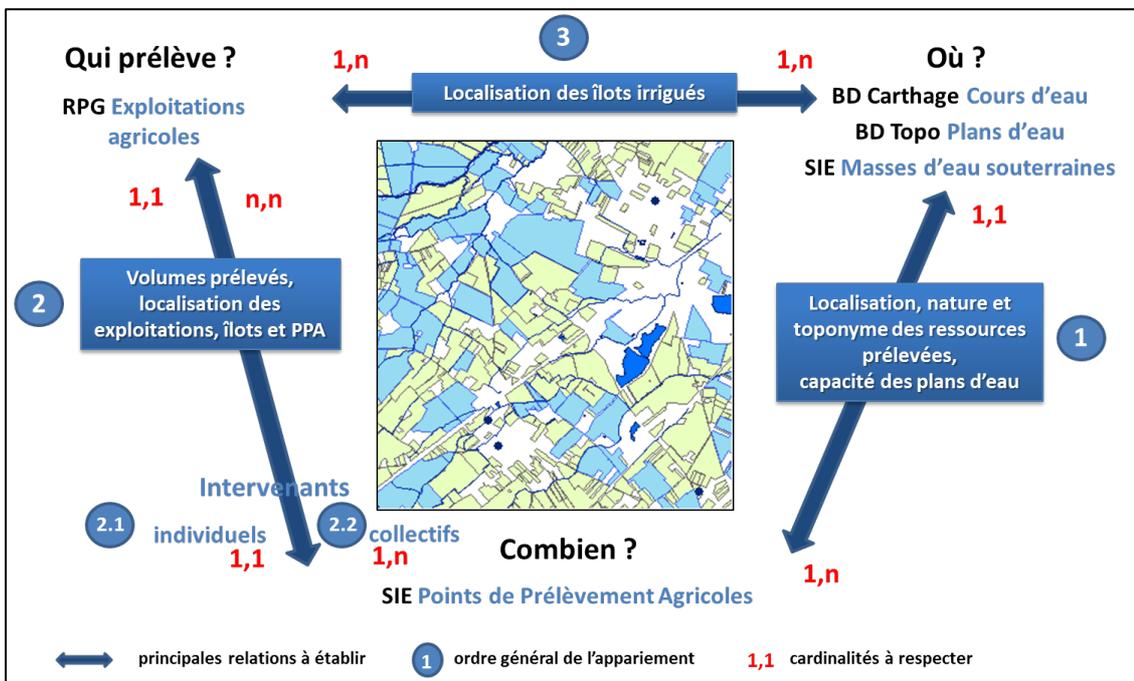


Figure 18 : Principales relations à établir pour relier exploitations, points de prélèvement agricoles et ressources en eau

Le SI ainsi produit est ensuite exploité afin de nourrir les travaux de modélisation de l'équipe MAGE.

Pour davantage de précision sur les traitements présentés dans cette partie 5.1.3. se référer à la communication « Balestrat M., Therond O., 2013 : *Une méthode d'intégration de Bases de Données Géographiques pour analyser les interactions entre agriculture et ressources en eau sur le bassin Adour-Garonne*. Colloque International and Interdisciplinaire, Université Toulouse-Le Mirail, Dynamiques environnementales, politiques publiques et pratiques locales: quelles interactions?, Toulouse, France, 4-7 juin 2013. »

## 6.2. La plateforme MAELIA

Le projet MAELIA<sup>30</sup> (2009-2014) (« Multi-Agent for Environmental Norms Impact Assessment ») a pour objectif le développement d'une plateforme de simulation multi-agents représentant le fonctionnement de la gestion quantitative de l'eau à l'échelle du bassin versant.

Cette plateforme de modélisation et simulation intégrée permet de représenter les interactions entre processus écologiques (hydrologie et croissance des cultures), socio-économiques (démographie des communes et prélèvements associés, évolution de l'occupation des sols), de décision des agriculteurs (choix d'assolement et conduite des systèmes de culture au sein de chaque exploitation), de gestion de chaque barrage de soutien d'étiage, d'édition des restrictions d'usage et d'échanges cognitifs entre les agents (par exemple, des prévisions météorologiques, contraintes normatives sur les comportements). Ces interactions sont représentées, à l'échelle d'un bassin versant, à une résolution spatiale fine (unité hydrologique de référence pour l'hydrologie et îlots/exploitation du RPG pour l'agriculture) et au pas de temps journalier. Les détails sur la plateforme sont disponibles dans Gaudou et al. (2013). Dans MAELIA, l'hydrologie de surface et souterraine est représentée par le recodage des formalismes du modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tool), un modèle agro-hydrologique semi-empirique et semi-distribué utilisé par une large communauté dans une grande diversité de bassins dans le monde. La croissance des cultures et les interactions culture-sol sont représentées par un modèle de culture générique (multi culture) empirique développé par l'INRA de Toulouse. Les comportements des acteurs (agriculteurs, gestionnaires de barrage, polices de l'eau) sont représentés par une algorithmie dédiée, basée entre autre sur un formalisme de règles de décision du type « SI ALORS ». La plateforme MAELIA est modulaire, ce qui permet d'activer ou désactiver ses sous modules (ex. choix d'assolement) voire d'intégrer un nouveau module ayant fait ses preuves localement (ex. un modèle hydrologique calé localement et dont les résultats sont acceptés par les acteurs locaux). Deux premières applications de cette plateforme sont actuellement réalisées sur le bassin de la Garonne Amont et sur le bassin de l'Aveyron aval.

La plateforme MAELIA correspond à une architecture de modélisation qui permet, au travers d'un processus d'adaptation et d'instanciation dans un bassin versant donné, de développer des outils de gestion opérationnelle en cours de saisons et/ou de planification à moyen terme. Dans une logique de planification, ces outils ont vocation à simuler les impacts sur les ressources en eau et l'agriculture de stratégies (i) d'assolement et de conduite des systèmes de culture (espèce/variétés, date de semis, irrigation) affectées aux exploitations en fonction de leurs caractéristiques (ex. taille, orientation, situation pédoclimatique, ressources impactée), (ii) de gestion des VP (ex. plan de répartition des VP), (iii) de gestion des ressources stockées (ex. règle de lâchers, construction de nouvelles infrastructures) en fonction des caractéristiques des sites de stockage (ex. cote touristique<sup>31</sup>, date d'exploitation, coût du m<sup>3</sup>) et (iv) de protection des ressources (ex. DOE, règle de restriction des usages) ; considérant les changements climatiques potentiels. Dans une logique de gestion opérationnelle, sur la base d'informations mises à jour régulièrement sur les stratégies agricoles et l'état des ressources ces outils doivent permettre d'anticiper les crises et définir les stratégies de gestion adaptées. Dans ce deuxième cas, l'enjeu est de collecter régulièrement et d'intégrer des données de forçage produites via des observations, des outils d'échange d'information voire la télédétection.

En fonction des besoins un ensemble d'indicateurs de sortie est disponible en standard dans la plateforme : biophysiques (débit aux points DOE, rendement des cultures irriguées, etc.), économiques (production agricole, revenu des exploitations agricoles, assolement, surfaces totales et irriguées des exploitations agricoles, etc.), sociaux (fréquence et date des crises, degré de gravité des crises, niveau de satisfaction des besoins en eau des autres usagers de l'eau, etc.). La calibration et la validation du modèle doit être réalisée sur chaque bassin versant. Une procédure standard d'analyse de sensibilité, de calibration et de validation est en cours de développement. Elle est basée sur une évaluation séquentielle des grands types de processus : hydrologie, comportement des agriculteurs et rendement, gestion des barrages et édition des restrictions.

<sup>30</sup> Site du projet MAELIA <http://maelia1.wordpress.com/>

<sup>31</sup> Hauteur d'eau contractuelle qui doit être conservée dans le barrage pendant une période donnée et permettant une bonne réalisation des activités touristiques aquatiques.

### 6.3. Co-construction et co-évaluation de scénarios d'organisation spatiale des systèmes de cultures et gestion des ressources en eau

Au sein de l'équipe MAGE, des travaux sur la co-conception de scénarios d'organisation spatiale des systèmes de cultures sont réalisés dans le cadre d'un doctorat d'agronomie<sup>32</sup>.

Ce travail de thèse vise à développer une démarche participative de conception-évaluation d'organisations territoriales des activités agricoles et pratiques de gestion des ressources en eau qui répondent aux objectifs environnementaux de la LEMA et aux enjeux économiques des exploitations irriguées et des filières agricoles afférentes. Cette démarche est déployée et testée, au fur et à mesure de son développement, sur l'aval du bassin versant de la rivière Aveyron : 800 km<sup>2</sup> - 1200 exploitations - 30 % des surfaces irriguées. Au travers de méthodes participatives et de modélisation elle vise à structurer l'intégration des connaissances disciplinaires, expertes et locales pour (i) modéliser le système socio-agro-hydrologique actuel, (ii) concevoir des alternatives d'adaptation acceptables et (iii) conduire une évaluation intégrée de ces alternatives face à la variabilité climatique intra et inter annuel (Figure 19). Dans le cadre de cette démarche de co-conception/évaluation, les acteurs du territoire concernés par la gestion de l'eau ont été sollicités à plusieurs reprises dans le cadre d'entretiens semi directifs, d'ateliers de cartographie participative et d'ateliers de conception et d'analyse des résultats d'évaluation. Pour dépasser la situation de conflit, deux groupes de conception/évaluation ont été formés, l'un rassemblant les acteurs de la profession agricole, l'autre les acteurs « garants » de la LEMA. Les deux groupes sont amenés à réfléchir d'abord séparément puis ensemble. Basée sur une posture de recherche intervention, cette démarche combine des méthodes et connaissances « hard and soft » au sein de chacune des trois grandes phases du processus de conception. Un modèle multi-agent, adapté de la plateforme MAELIA, et utilisé comme architecture d'intégration des connaissances. Il permet de simuler la dynamique journalière du socio-agro-hydrosystème co-modélisé et de représenter finement les interactions spatio-temporelles à l'origine de l'expression de crise de gestion quantitative. Le dispositif de conception, favorable à l'incubation de propositions de changement de pratiques agricoles et de gestion de l'eau semble actuellement prendre la forme d'un dispositif de médiation entre acteurs agricoles et garants de l'environnement.

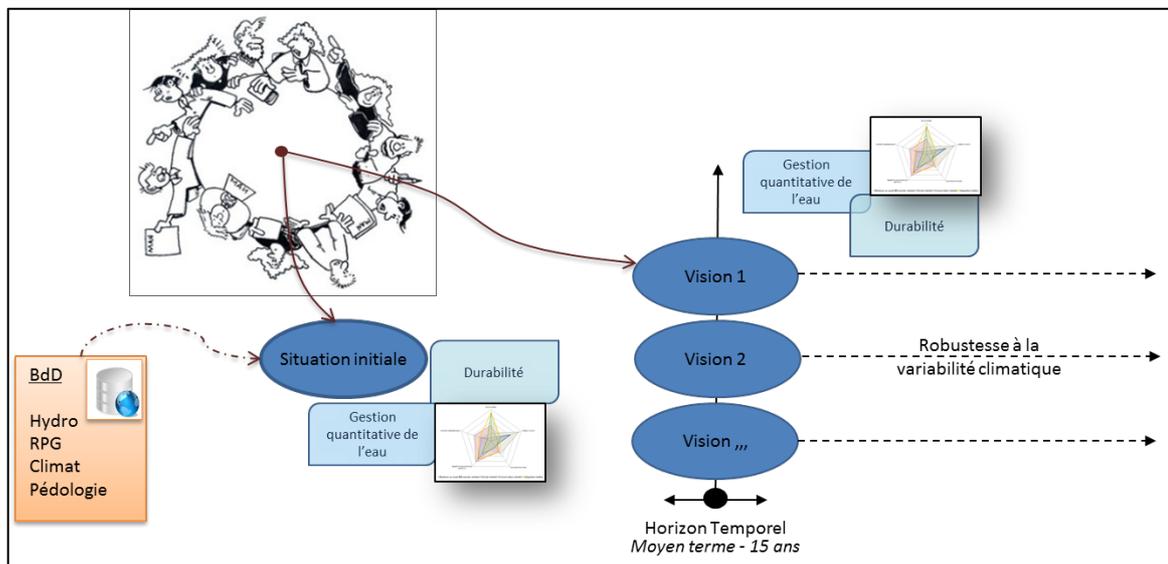


Figure 19 : Illustration des travaux de thèse de Clément MURGUE (UMR AGIR, INRA Toulouse)

### 6.4. Adéquation entre les travaux de l'équipe MAGE et attentes des gestionnaires des étiages rencontrés

Les travaux de l'équipe MAGE répondent à trois grands types de besoins exprimés par les acteurs rencontrés :

- développer un système d'information sur la distribution spatiale des systèmes de culture et les relations hydrauliques entre ceux-ci et les ressources en eau afin de permettre d'estimer finement la dynamique des prélèvements en eau dans chaque ressource (ex. tronçon de rivière, portion de

<sup>32</sup> Thèse de Clément Murgue (2011-2014) contact [Clement.Murgue@toulouse.inra.fr](mailto:Clement.Murgue@toulouse.inra.fr)

nappe, retenue) et la nature des enjeux et pratiques agricoles associés (type de système de culture et de système de production). Ce travail vise à palier au manque récurrent et généralisé d'informations fiables et précises dans ce domaine, pourtant à la base de tous les travaux visant à estimer un déficit à l'échelle d'un bassin versant et à définir des voies de réduction de celui-ci via des changements dans les pratiques agricoles. Ce travail est considéré par les acteurs rencontrés (AE, DREAL, DDT, EPTB, OUGC) comme essentiel pour établir un diagnostic fiable des pratiques agricoles au sein de chaque bassin versant à enjeux.

- développer une plateforme de modélisation et simulation (MAELIA) permettant de représenter finement, spatialement et temporellement, les interactions entre agriculture (système de culture et de production), stratégies de gestion de l'eau (lâchers et restriction) et changement globaux (changement climatique et occupation du sol). L'instanciation de cette plateforme nécessite l'utilisation des systèmes d'information décrits ci-dessus, leur adaptation aux particularités locales, la collecte d'information sur les caractéristiques de ressources stockées, les stratégies de gestion de lâchers et d'édiction de restrictions et la calibration-validation des modèles hydrologiques et de croissance des cultures. Il y a donc potentiellement un important travail d'instanciation de la plateforme avant toute utilisation qui nécessite une stratégie de moyen à long terme lorsque sa mise en œuvre est envisagée. Lors des discussions avec les acteurs rencontrés il semble que cette plateforme ait peu ou pas d'équivalent actuellement. La nature des interactions simulées (agriculture-hydrologie-gestion) et les résolutions spatiales et temporelles fines sont deux grandes avancées de cette plateforme. En effet, beaucoup de simulateurs soit ne représentent que des débits désinfluencés (ex. la chaîne de modélisation SIM, le modèle GR4J) soit représentent les interactions entre stratégie de lâchers et hydrologie mais à une résolution spatiale et temporelle beaucoup moins importante (ex. RIO Manager), ne répondant pas toujours aux attentes des organisations impliquées dans la gestion opérationnelle (DDT, EPTB, OUGC, gestionnaires de barrage). Une des grandes forces de la plateforme MAELIA est la représentation de la dynamique des processus agricoles (assolement et pratiques) de manière à représenter la dynamique spatio-temporelle des prélèvements au sein des différentes ressources et ce, en interaction avec les autres processus (hydrologie, gestion des lâchers et restriction, climat...). Deux des grandes faiblesses de MAELIA, au même titre que la plupart des modèles représentant l'hydrologie utilisés par les acteurs, sont de ne représenter que grossièrement et partiellement les interactions nappe-rivière et le comportement des nappes profondes. Les acteurs rencontrés, plus particulièrement dans le BAG et le BLB, semblent considérer la plateforme MAELIA comme un outil potentiellement intéressant pour évaluer, bassin par bassin, la nature et l'ampleur des mesures d'incitation ou des actions à mettre en œuvre localement pour favoriser l'atteinte de l'équilibre entre ressources et demandes. Autrement dit, elle leur semble offrir la possibilité de passer d'une liste de leviers potentiels d'action dans le domaine de l'agriculture (changement de pratiques et d'assolement) et de la gestion des ressources (gestion des lâchers, des trous d'eau et des restrictions), largement connue, à une stratégie d'action adaptée aux spécificités socio-économiques et biophysiques de chaque bassin, qui reste à établir. Les conditions de la mise en œuvre de MAELIA (maitrisés d'ouvrage et d'œuvre, coûts financiers, en ressource humaine et cognitifs) dans un premier bassin, puis dans les suivants, restant la grande interrogation.

- développer une méthodologie participatives de conception et d'évaluation de combinaisons de changements jugées acceptables par les acteurs et concernant l'agriculture (assolement et pratiques agricoles) et la gestion des ressources en eau (lâchers et restriction) et considérant les potentiels changements globaux à venir. Cette méthodologie s'appuie sur l'utilisation des systèmes d'information et la plateforme de modélisation, objets des deux enjeux ci-dessus, pour développer avec les acteurs un modèle de territoire accepté par tous et réaliser les évaluations des changements conçus par les acteurs. La nature des maîtres d'ouvrage et maitres d'œuvre de ce type de méthodologies reste cependant à définir. Elle pourrait l'être au cas par cas c'est-à-dire bassin par bassin. Bien qu'exprimant un potentiel intérêt les acteurs rencontrés se sont peu positionnés par rapport à l'intérêt que représente cette méthodologie en elle-même. Ils l'ont plus considéré comme un élément de la démarche d'instanciation de MAELIA.

## 7. Conclusion

Dès sa préface le rapport intitulé «La gestion quantitative de l'eau en agriculture. Une nouvelle vision, pour un meilleur partagé», du député Philippe Martin (parlementaire en mission auprès du Gouvernement), rendu au premier ministre en juin 2013, indique « *Très vite il nous est apparu qu'on ne saurait se satisfaire d'une réponse uniforme aux questions posées tant les situations sont marquées par la diversité. Diversité de la ressource -nappes souterraines, eaux de surface-et de sa répartition; diversité des conditions pédo-climatiques; diversité des agricultures, des pratiques culturelles et des besoins en eau; diversité des pressions exercées par les autres usages, diversité des ouvrages de stockages, de leur fonction et de leur impact sur le milieu. Diversité enfin des traditions, des points d'accord et des consensus locaux. De ce constat, j'ai acquis la conviction que si la règle est nécessaire, et nécessairement nationale, sa déclinaison concrète devait, pour répondre à ces*

***diversités, s'inscrire au cœur des territoires ».***

L'analyse de cette mission parlementaire est parfaitement mise en lumière par le présent rapport d'étude. Quel que soit le bassin, les acteurs rencontrés nous ont toujours décrit les situations de gestion comme très différentes et spécifiques et ont insisté sur la nécessité de définir très localement et avec les acteurs des territoires concernés les stratégies d'action pour restaurer les équilibres entre offres et demandes en eau.

Les travaux de l'équipe MAGE à l'échelle du territoire s'attachent à produire un socle de connaissances sur la structure et la dynamique des situations de gestion de l'eau en France. Ces situations, sont décrites par MAGE comme des socio-agro-hydrosystèmes complexes dans lesquels les activités anthropiques -pratiques agricoles, gestion des ressources stockées et régulations des usages- interagissent avec les processus écologiques clefs que sont la croissance des plantes et l'hydrologie. MAGE développe également des approches participatives de conception-évaluation des scénarios de distribution spatiale des systèmes de culture et de gestion de l'eau à l'échelle de bassins versant (de quelques centaines à quelques milliers de kilomètres), échelle de décision et d'intervention des gestionnaires de l'eau tels que les DDT, EPTB et maintenant OUGC. Ces approches de conception participatives, basées sur l'utilisation d'outils de modélisation, permettent aux acteurs de la gestion de l'eau d'un territoire de concevoir des solutions puis d'évaluer ex ante (par simulation) les effets au regard de leurs différents enjeux ; qu'ils relèvent de l'agriculture (ex. revenu des exploitations, niveau de production) ou de la protection de l'environnement et de sa gestion (ex. débit des rivières, fréquence et intensité des crises de gestion quantitative).

Bien que considérées par certains acteurs comme compliquées, les outils et démarches de l'équipe MAGE semblent répondre, au moins pour partie, aux attentes des acteurs rencontrés. Dans les trois bassins hydrographiques, les Agences de l'Eau, les DREAL, les EPTB voire les DDT étaient intéressés par un transfert de connaissances et un test d'application des outils et démarches de l'équipe MAGE. Ainsi, une question et interpellation récurrente est apparue lors des réunions menées dans les trois bassins : « Quand et sous quelles conditions pouvez-vous intervenir sur nos terrains pour tester et développer vos méthodes ». Dans l'ensemble les acteurs rencontrés ont insisté sur la nécessité, voire l'urgence, de développer des outils pour les OUGC et les DDT pour accompagner la mise en œuvre de la réforme des Volumes prélevables par l'agriculture.

Ce rapport d'étude est accompagné par un autre rapport, également produit par l'équipe MAGE de l'UMR AGIR, dont les objectifs sont de proposer (i) un cahier des charges d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des étiages à l'échelle d'un bassin versant type unité de gestion des Volumes Prélevables et (ii) une analyse comparée d'une sélection d'approches de modélisation mise en œuvre en France sur le thème de la gestion quantitative.

## 8. Glossaire

Les définitions ci-dessous sont issues pour l'essentiel du glossaire eaufrance <http://www.glossaire.eaufrance.fr/>

**Année quinquennale sèche** : en termes de probabilité, une valeur quinquennale a, chaque année, une probabilité 1/5 d'être dépassée. Le débit de l'année quinquennale sèche correspond, en se référant aux débits des périodes de sécheresse constatés les années précédentes, à la valeur la plus faible qui risque d'être atteinte une année sur cinq.

**Débit d'objectif d'étiage (DOE)** : Valeur de débit moyen mensuel au point nodal (point clé de gestion) au-dessus de laquelle il est considéré qu'à l'aval l'ensemble des usages (activités, prélèvements, rejets, ...) est en équilibre avec le bon fonctionnement du milieu aquatique. Le DOE est défini par référence au débit moyen mensuel minimal de fréquence quinquennale (QMNA5).

**Débit minimum biologique** : débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux (Art. L.214-18, Loi sur les Eaux et les Milieux Aquatiques)

**SDAGE** : Document de planification de la gestion de l'eau établi pour chaque bassin ou groupement de bassins, qui fixe les orientations fondamentales permettant de satisfaire à une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, détermine les objectifs assignés aux masses d'eau et prévoit les dispositions nécessaires pour atteindre les objectifs environnementaux, pour prévenir la détérioration de l'état des eaux et pour décliner les orientations fondamentales. Les SDAGE, approuvés pour la première fois en 1996 en application de la loi sur l'eau de 1992, ont été mis à jour fin 2009 pour répondre aux exigences de la directive cadre sur l'eau \* (DCE).

**QMNA** : Débit Mensuel Minimal d'une Année hydrologique. Correspond au débit mensuel minimal d'une année hydrologique, c'est-à-dire au débit mensuel le plus faible recensé sur l'année (le mois pouvant varier selon les années). Le QMNA peut être associé à une période de retour (2, 5 ou 10 ans), ainsi, le QMNA2 équivaut au débit mensuel minimal annuel ayant une probabilité de 1/2 ans d'être dépassé. Plusieurs QMNA sont communément utilisés dans le domaine hydrologique, le plus populaire étant le QMNA5, car il correspond au débit réglementaire pour la police de l'eau.

**VCN** : Débit moyen minimal annuel calculé sur n jours consécutifs, c'est-à-dire le débit moyen le plus faible enregistré sur n jours consécutifs. Ainsi, VCN3, correspond au débit moyen annuel sur 3 jours consécutifs. Le VCN peut être associé à une période de retour, ainsi le VCN3 (2) équivaut au débit moyen annuel le plus faible enregistré sur 3 jours consécutifs et ayant une probabilité de 1/2 ans d'être dépassé (Glossaire Eau France).

## 9. Sigles & Abréviations

**ADES** : Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

**AE** : Agence de l'Eau

**AEAG** : Agence de l'Eau Adour-Garonne

**AELB** : Agence de l'Eau Loire-Bretagne

**AERMIC** : Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse

**AEP** : Alimentation en Eau Potable

**AG** : Adour-Garonne

**ASA** : Association Syndicales Autorisées

**BAG** : Bassin Adour-Garonne

**BD** : Base de Données

**BDRHF** : Base de Données de Réseau Hydrogéologique français

**BE** : Bureau d'Etude

**BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

**CA** : Chambre d'Agriculture

**CACG** : Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne

**CETMEF** : Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales

**CG** : Conseil Général

**CGDD** : Commissariat général au développement durable

**DCE** : Directive Cadre sur l'Eau

**DEB** : Direction de l'Eau et de la Biodiversité

**DGEC** : Direction Générale de l'Energie et du Climat

**DOE** : Débit Objectif Etiage

**DDT(M)** : Directions Départementales des Territoires (et de la Mer)

**DGPR** : Direction Générale de la Prévention des Risques

**DREAL** : Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**DRIE** : Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie

**EDF** : Electricité De France

**EPMP** : Etablissement Public du Marais Poitevin

**EPTB** : Etablissements Publics Territoriaux de Bassin

**IGN** : Institut Géographique National

**ITK** : Itinéraire Technique

**LB** : Loire-Bretagne

**LEMA** : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

**PNR** : Parc Naturel Régional

**MAGE** : Modélisations Appliquées à la Gestion de l'Eau

**MEEDDAT** : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire

**MEDDE** : Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie

**MISE** : Missions Inter Services de l'Eau

**MP** : Midi-Pyrénées

**ODR** : Observatoire du Développement Rural

**OU** : Organisme Unique  
**OUGC** : Organismes Uniques de Gestion Collective  
**PACA** : Provence-Alpes-Côte-d'Azur  
**PC** : Poitou-Charentes  
**PdIL** : Pays de la Loire  
**PIREN Seine** : Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement de la Seine  
**PGE** : Plan de Gestion des Etiages  
**RA** : Rhône-Alpes  
**R&D** : Recherche et Développement  
**RGA** : Recensement Général Agricole  
**RM** : Rhône-Méditerranée  
**RMC** : Rhône-Méditerranée-Corse  
**SAGE** : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux  
**SANDRE** : Service d'Administration des Données et Référentiels sur l'Eau  
**SCHAPI** : Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations  
**SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux  
**SI** : Système d'Information  
**SIE** : Système d'Information sur l'Eau  
**SIM** : Safran, Isba, Modécou  
**SMEAG** : Syndicat Mixte d'Etudes et d'Aménagement de la Garonne  
**SN** : Seine-Normandie  
**SNDE** : Schéma National des Données sur l'Eau  
**STL** : Secrétariats techniques locaux  
**UMR AGIR** : Unité Mixte de Recherche Agrosystèmes et développement territorial  
**UG** : Unité de Gestion  
**VP** : Volume Prélevable  
**ZRE** : Zone de Répartition des Eaux

## 10. Bibliographie

**ADE, nd** : STRATEAU Outil d'analyse stratégique et de prospective sur les équilibres demande / ressources en eau. Note méthodologique. 47 pages

**CA, 2012** : Logiciel de gestion de l'irrigation, gestion volumétrique et débitométrique. Cahier des charges. Groupe de travail inter Chambres d'Agriculture Nièvre, Allier, région Centre, région IDF, région Pays de Loire version finalisée, présentée au SIRCA – APCA, date de dernière mise à jour : 19/07/2012

**Catalogne C, Sauquet E, 2011** : Interpolation des débits de référence d'étiage. Rapport d'étape, IRSTE Lyon. 35 pages

**Catalogne C. 2012** : Amélioration des méthodes de prédétermination des débits de référence d'étiage en sites peu ou pas jaugés. Doctorat, IRSTE de Lyon.

**CGDD, 2012** : La redevance pour prélèvement d'eau : quelle utilisation pour la gestion quantitative de la ressource ? le Point sur - Economie et évaluation – Ressources, n°127. 8 pages

**Debril T., Therond O., 2012** : Les difficultés associées à la gestion quantitative de l'eau et à la mise en œuvre de la réforme des volumes prélevables : le cas du bassin Adour-Garonne. Agronomie, Environnement & Sociétés, 2 (10), 127-138

**Floury C., Navarro L., Stroffek S., Dupre La Tour J., Lamouroux N, 2013.** Mieux gérer les prélèvements d'eau. L'évaluation préalable des débits biologiques dans les cours d'eau. Note du secrétariat technique du SDAGE Rhône-Méditerranée. 18 pages

**Folton N., Coulier P., 2011** : Cartographie des débits de référence d'étiage sur le territoire national français. Tapport d'étude, Cemagref Aix-en-Provence, ONEMA. 42 pages

**Gaudou, B., Sibertin-Blanc, C., Therond, O., Amblard, F., Auda, Y., Arcangeli, J.P., Balestrat, M., Charron-Moirez, M.H., Gondet, E., Hong, Y., Lardy, R., Louail, T., Mayor, E., Panzoli, D., Sauvage, S., Sanchez-Perez, J.M., Taillandier, P., Van Bai, N., Vavasseur, M., Mazzega, P., 2013** : The MAELIA multi-agent platform for integrated assessment of low-water management issues. In Springer's Lecture Notes in Artificial Intelligence, Proceedings of the 14th International Workshop on Multi-Agent-Based Simulation, Minnesota, USA 6-7 May 2013. 16 pages

**Leenhardt D., Therond O., Mignolet C., 2012** : Quelle représentation des systèmes de culture pour la gestion de l'eau sur un grand territoire ? Agronomie, Environnement et Sociétés, 2012, 2 (2) : 77-89.

**Loubier S., Campardon M., Morardet S., 2013** : L'irrigation diminue-t-elle en France ? Premiers enseignements tirés du recensement agricole de 2010. Sciences Eaux & Territoires, n°11 : 12-19

**MEDDE, 2012** : Synthèse du projet Explore 2070 Hydrologie de surface. Explore 2070 Eau et changement climatique. 4 pages

**Nicolle P., Andréassian V., Riffard M., Peschard J., Boldetti G., Le Moine N., 2012** : Cartographie du débit de référence d'étiage et du débit moyen en France : Une approche distribuée pour garantir la continuité des estimations le long du réseau hydrographique. Rapport d'étude IRSTE Antony, ONEMA. 26 pages

**Nowak C., 2012** : Proposition de position commune dans le cadre du projet BNPE. Relevé de décisions du comité stratégique du 21/06/2012. 7 pages

**CGDD, SOeS, 2012** : Les prélèvements d'eau en France en 2009 et leurs évolutions depuis dix ans. Chiffres & statistiques – Observation et statistiques – Environnement, n°290. 8 pages

Site Les agences de l'eau <http://www.lesagencesdeleau.fr/>

Site de l'Agence de Services et de paiement L'efficacité des politiques publiques <http://www.asp-public.fr/>

Site Agreste La statistique, l'évaluation et la prospective agricole. Recensement Agricole 2010 <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/recensement-agricole-2010/>

Site de l'Association Française des Etablissements Publics Territoriaux de Bassin (AFEPTB) <http://www.eptb.asso.fr/>

Site de la banque hydro <http://hydro.eaufrance.fr/>

Site eaufrance, le portail de l'eau <http://www.eaufrance.fr/>

Site eaufrance, glossaire sur l'eau <http://www.glossaire.eaufrance.fr/>

Site de l'équipe MAGE « Modélisation Appliquées à la Gestion de l'Eau

[http://www.agir.toulouse.inra.fr/agir/index.php?option=com\\_content&view=article&id=46&Itemid=89](http://www.agir.toulouse.inra.fr/agir/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=89)

Site Legifrance, le service public de la diffusion du droit <http://www.legifrance.gouv.fr/>

Site de l'UMR AGIR « Agrosystèmes et agricultures, Gestion des ressources, Innovations et Ruralités »  
<http://www.agir.toulouse.inra.fr/agir/>

### **Bassin Adour-Garonne**

**AEAG, 2012a** : Etude prospective sur les besoins et les ressources en eau, à l'échelle du bassin de la Garonne. Journée d'échanges "Garonne 2050". 21 pages

**AEAG, 2012b** : Sécheresse : origines, conséquences et actions de l'agence de l'eau Adour-Garonne. 16.

**Gehlé V., 2012** : Soutien d'étiage et arrêtés de restrictions : les modalités de gestion de crise de l'eau sur le bassin versant de l'Aveyron. Rapport de stage de fin d'études d'ingénieur agronome de l'ENSAT, INRA, Toulouse. 55p.

**MAAF, 2013** : Agreste La statistique, l'évaluation et la prospective agricole.  
<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/page-d-accueil/article/donnees-en-ligne>.

Page d'accès au SDAGE du bassin AG <http://www.eau-adour-garonne.fr/fr/quelle-politique-de-l-eau-en-adour-garonne/un-cadre-le-sdage/documents-du-sdage-et-du-pdm.html>

Site de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne <http://www.eau-adour-garonne.fr/>

Site de la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne <http://www.cacg.fr/>

Site du bureau d'étude Eaucéa Gérer l'eau en toute connaissance <http://eaucea.fr/>

Site de la DREAL Midi-Pyrénées <http://www.midi-pyrenees.developpement-durable.gouv.fr/>

### **Bassin Loire-bretagne**

**DREAL Centre, AELB, 2009** : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage) du bassin Loire-Bretagne 2010-2015. 248 pages

**DREAL Pays de la Loire, 2012** : Gestion quantitative de la ressource en eau. Guide régional pour la création de retenues de substitution. Collection Outils et Repères n°18. 29 pages

**Monteil C., 20011** : Estimation de la contribution des principaux aquifères du bassin versant de la Loire au fonctionnement hydrologique du fleuve à l'étiage. Doctorat, École nationale supérieure des mines de Paris. 240 pages

**Philippe E, 2011** : Contribution à la modélisation du transfert des nitrates au travers de la zone non saturée à l'échelle régionale : application au bassin de la Seine. Doctorat, École nationale supérieure des mines de Paris. 209 pages

Page d'accès au SDAGE du bassin LB <http://www.eau-loire-bretagne.fr/sdage>

Site de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne <http://www.eau-loire-bretagne.fr/>

Site de la DREAL Centre <http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr/>

Site de la DREAL Pays de La Loire <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/>

Site de la DREAL Poitou-Charentes <http://www.poitou-charentes.developpement-durable.gouv.fr/>

Site de l'EPMP <http://www.epmp-marais-poitevin.fr/>

### **Bassin Rhône-Méditerranée**

**AERMC, ONEMA, DREAL RM, 2010** : Cahier des Charges Type « Etudes de détermination des volumes maximums prélevables ». 23 pages

**Comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2009** : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage) du bassin Rhône-Méditerranée. 309 pages

**Lamouroux N., 2008** : ESTIMHAB. Free Excel sheet for cost-efficient instream flow studies (fish populations and guilds). Updated version. Cemagref – Conseil supérieur de la pêche.  
<http://www.irstea.fr/estimhab>. 21 pages

**Miguel C., 2012** : Approches éco-hydrologiques pour la gestion des bassins versants. Premier retour

d'expérience technique des études de détermination des « volumes prélevables » dans le bassin Rhône-Méditerranée. Mémoire de stage de Master II, UMII Montpellier, IRSTEA, AE RMC, 75 pages

**Souchon Y., Lamouroux N., Capra H., Chandesris A, 2003** : La méthodologie Estimhab dans le paysage des méthodes de microhabitat. Note Irstea Lyon

Page d'accès au SDAGE du bassin RMC <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/gestion/dce/sdage2009.php>

Site de la DREAL Rhône-Alpes <http://www.rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/>

Site eaufrance. L'eau dans le bassin Rhône-Méditerranée <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/>

Site de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse <http://www.eaurmc.fr/>

## 11. Annexes

### Annexe 1 : Acteurs impliqués dans la gestion quantitative de l'eau interviewés ou rencontrés

#### Annexe 1.1 – Dans le Bassin Adour-Garonne

Trois rencontres ont eu lieu sur le bassin Adour-Garonne :

- à l'**Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG)** en présence de  
Serge BARREYRE - AEAG - Administrateur de données  
Elisa BOUTIER - AEAG - Stagiaire sur les stratégies d'adaptation aux changements climatiques  
Mathias DAUBAS - AEAG - Chef de service unité gestion quantitative  
Céline DUPUIS - AEAG - Chargé d'étude unité gestion quantitative  
Françoise GOULARD - AEAG - Conseiller recherche et prospective  
Régis HAUBOURG - AEAG - Administrateur de données géographiques

Bénédicte AUGÉARD - ONEMA - Chargé de mission hydrologie quantitative

- à la **Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Midi-Pyrénées (DREAL MP)** en présence de  
Olivier LOUIS - Responsable de l'unité hydrométrie et gestion quantitative

- à la **Direction Départementale des Territoires du Tarn-et-Garonne (DDT 82)** en présence de  
Claude CHOCHON - Responsable du bureau police de l'eau service eau et biodiversité  
Vorlette NUTTINCK - Chargé d'étude du bureau police de l'eau service eau et biodiversité

Nous avons choisi de nous rendre dans un département particulièrement concerné par la maïsiculture irriguée et les problématiques d'étiages estivaux, le Tarn-et-Garonne. En effet, la majorité des sous bassins de ce département se caractérisent par un déséquilibre entre ressource en eau disponible et demande, comme par exemple le bassin aval de l'Aveyron, du Lemboulas, etc. (Figure 8). En outre, la DDT 82 est relativement en avance par rapport à la majorité DDT concernant le développement et le renseignement d'un SI et d'un outil associé permettant de suivre les autorisations/déclarations de prélèvements et de gérer les lâchers de soutien d'étiage. Cet échange a été l'occasion de discuter de la coordination à venir entre les différents outils et acteurs (AE, DREAL, DDT, OUGC) de la gestion quantitative aux différentes échelles.

Dans le cadre des travaux conduits par l'équipe MAGE d'autres rencontres ont eu lieu et ont permis d'enrichir les entretiens conduits dans cette étude, en particulier :

- à la **Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG)**<sup>33</sup> en présence de  
Ludovic Lhuissier - directeur de l'innovation et des systèmes d'information

La CACG, compagnie d'aménagement régionale, acteur historique incontournable de la gestion quantitative de l'eau sur le BAG depuis 1960, gère entre autres les bassins de « Neste Gascogne » et de « l'Adour ». A la fois maître d'ouvrage et maître d'œuvre elle est souvent gestionnaire et exploitante des infrastructures qu'elle a créées (construction de barrages-réservoirs destinés à la réalimentation des cours d'eau, concessionnaire du système Neste - vaste réseau de canalisation pour l'alimentation en eau, etc.). De plus, elle réalise un ensemble d'études portant sur les ressources et besoins en eau.

- avec le **bureau d'étude Eaucea**<sup>34</sup> en présence de  
Bruno COUPRY - Directeur et fondateur, ingénieur agronome

A l'échelle nationale, le bureau d'étude Eaucea, implanté en Midi-Pyrénées, est

<sup>33</sup> Site de la CACG <http://www.cacg.fr/>

<sup>34</sup> Site d'Eaucea <http://eaucea.fr/>

particulièrement actif en matière d'expertises portant sur la planification et la gestion opérationnelle des étiages (diagnostics hydrologiques et des besoins en eau, propositions de planification en matière de soutien d'étiage, définition de débits d'objectif d'étiage etc.).

## **Annexe 1.2 – Dans le Bassin Loire-Bretagne**

En Loire-Bretagne plusieurs entretiens téléphoniques ont eu lieu avec des interlocuteurs rattachés à différentes institutions :

- **l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB)**

Franck COHEN SOLAL - Chargé d'étude service administration/gestion des données

Pascal BILLAULT - Chargé de la thématique gestion quantitative

- **la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre (DREAL Centre)**

Rémi OUDIN - Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau

- **la DREAL Pays de la Loire**

Frédéric LESEUR - Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau

A la différence des deux autres bassins, en raison de la diversité des contextes et problématiques (nappes de Beauce, Marais Poitevin, etc.), la DREAL de bassin (DREAL Centre) délègue aux DREAL locales la gestion des étiages. Les DREAL Pays de la Loire et Poitou-Charentes directement concernées par cette problématique sont particulièrement actives.

Les entretiens téléphoniques initiaux ont permis d'organiser une rencontre à l'Etablissement Public du Marais-Poitevin (EPMP) mobilisant des acteurs de diverses institutions :

- **l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB)**

Sophie LELCHAT - Chef de service milieux aquatiques et agriculture

Isabelle LESTRAT - Chargé d'interventions milieux aquatiques et agriculture

- **la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Pays de la Loire (DREAL PdL)**

Frédéric LESEUR - Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau

- **la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Poitou-Charentes (DREAL PC)**

Yannick OLIVIER - chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau

- **l'Etablissement Public du Marais-Poitevin (EPMP)**

Jean-Eudes DU PEUTY - Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau, Organisme unique de gestion collective

Yohan LEROY - Chargé de l'appui technique Hydrologie et hydrogéologie

- **la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Vendée (DDTM 85)**

Frédéric MARBOTTE - Responsable d'unité cellule politique de l'eau et de l'environnement (dont la thématique gestion quantitative de l'eau)

L'EPMP a plusieurs fonctions :

- Assurer la fonction d'OUGC sur la ZRE Marais Poitevin, qui représente un très grand territoire (1/2 de la Vendée, 1/3 des Deux Sèvres dont la Sèvre Niortaise, 10-15% de la Charente-Maritime) ;

- Coordonner les actions des services de l'Etat ;

Suivre l'état de la biodiversité (le Marais Poitevin est la deuxième zone humide de France).

## **Annexe 1.3 – Dans le Bassin Rhône-Méditerranée**

En Rhône-Méditerranée deux entretiens téléphoniques ont eu lieu en amont avec :

- Benoît MOTTET, expert gestion quantitative de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB)

- Caroline HENRI DE VILLENEUVE, chef de projet milieux aquatiques et ressource en eau de la **Direction Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Rhône-Alpes (DREAL Rhône-Alpes)**

Ces entretiens ont donné lieu à l'organisation d'une rencontre à l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse mobilisant des acteurs de différentes institutions :

- de l'**AE RM&C - Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse**

Benoît MOTTET - Expert Gestion Quantitative

Jeanne DUPRE LA TOUR - Chargé de mission volumes prélevables

- de la **DREAL RA - Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Rhône-Alpes**

Caroline HENRI DE VILLENEUVE - Chef de projet milieux aquatiques et ressource en eau

Hélène DELAYE - Chargé de mission prospective changement climatique

- du **BE R&D - Bureau d'Etude Risques et Développement**

Eric LEROI - Président directeur scientifique

Nourdine BADJI - Directeur des systèmes d'Information

**Alpes)**

## Annexe 1.4 – Coordonnées des acteurs interviewés ou rencontrés

Bassin	Institution	Nom	Mail	Tel fixe	Statut
Adour-Garonne	AEAG	Françoise GOULARD	<a href="mailto:francoise.goulard@eau-adour-garonne.fr">francoise.goulard@eau-adour-garonne.fr</a>		Conseiller Recherche et Prospective
Adour-Garonne	AEAG	Mathias DAUBAS	<a href="mailto:mathias.daubas@eau-adour-garonne.fr">mathias.daubas@eau-adour-garonne.fr</a>	05.61.36.37.74	Chef de service unité gestion quantitative
Adour-Garonne	AEAG	Céline DUPUIS	<a href="mailto:celine.dupuis@eau-adour-garonne.fr">celine.dupuis@eau-adour-garonne.fr</a>	05.61.36.37.82	Chargé d'étude unité gestion quantitative
Adour-Garonne	AEAG	Régis HAUBOURG	<a href="mailto:regis.haubourg@eau-adour-garonne.fr">regis.haubourg@eau-adour-garonne.fr</a>	05.61.36.82.58	Administrateur de données géographiques
Adour-Garonne	AEAG	Serge BAREYRE	<a href="mailto:serge.bareyre@eau-adour-garonne.fr">serge.bareyre@eau-adour-garonne.fr</a>	05.61.36.36.97	Administrateur de données
Adour-Garonne	DREAL Midi Pyrénées	Oliver LOUIS	<a href="mailto:oliver.louis@developpement-durable.gouv.fr">oliver.louis@developpement-durable.gouv.fr</a>	05.62.30.26.38	Chef de l'unité hydrométrie et gestion quantitative
Adour-Garonne	DDT Tam-et-Garonne	Claude CHOCHON	<a href="mailto:claudc.chochon@tam-et-garonne.gouv.fr">claudc.chochon@tam-et-garonne.gouv.fr</a>	05.63.22.25.01	Responsable bureau police de l'eau service eau et biodiversité
Adour-Garonne	DDT Tam-et-Garonne	Vorlette NUTTINCK	<a href="mailto:vorlette.nuttinck@tam-et-garonne.gouv.fr">vorlette.nuttinck@tam-et-garonne.gouv.fr</a>	05.63.22.25.02	Chargé d'étude bureau police de l'eau service eau et biodiversité
Loire-Bretagne	AELB	Franck COHEN SOLAL	<a href="mailto:franck.cohen-solal@eau-loire-bretagne.fr">franck.cohen-solal@eau-loire-bretagne.fr</a>		Chargé d'étude
Loire-Bretagne	AELB	Pascal BILLAULT	<a href="mailto:pascal.billault@eau-loire-bretagne.fr">pascal.billault@eau-loire-bretagne.fr</a>		Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau
Loire-Bretagne	AELB	Isabelle LE STRAT	<a href="mailto:isabelle.lestrat@eau-loire-bretagne.fr">isabelle.lestrat@eau-loire-bretagne.fr</a>	02.40.73.83.53	Chargée d'intervention milieux aquatiques et agriculture
Loire-Bretagne	AELB	Sophie LELCHAT	<a href="mailto:sophie.lelchat@eau-loire-bretagne.fr">sophie.lelchat@eau-loire-bretagne.fr</a>	02.40.73.93.70	Chef de service milieux aquatiques et agriculture
Loire-Bretagne	DREAL Centre	Rémi OUDIN	<a href="mailto:remi.oudin@developpement-durable.gouv.fr">remi.oudin@developpement-durable.gouv.fr</a>	02.36.17.41.62	Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau
Loire-Bretagne	DREAL Pays de la Loire	Frédéric Leseur	<a href="mailto:frederic.leseur@developpement-durable.gouv.fr">frederic.leseur@developpement-durable.gouv.fr</a>	02.72.74.76.15	Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau
Loire-Bretagne	DREAL Poitou-Charentes	Yannick OLIVIER	<a href="mailto:yannick-o.olivier@developpement-durable.gouv.fr">yannick-o.olivier@developpement-durable.gouv.fr</a>		Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau
Loire-Bretagne	DDTM Vendée	Frédéric MARBOTTE	<a href="mailto:frederic.marbotte@endee.gouv.fr">frederic.marbotte@endee.gouv.fr</a>		Responsable d'unité cellule politique de l'eau et de l'environnement
Loire-Bretagne	EPMP	Jean-Eudes DU PEUTY	<a href="mailto:jeaneudes.dupeuty@epmp-marais-poitevin.fr">jeaneudes.dupeuty@epmp-marais-poitevin.fr</a>	02.51.56.56.24	Chargé de mission gestion quantitative de la ressource en eau
Loire-Bretagne	EPMP	Yoann LE ROY	<a href="mailto:yoann.leroy@epmp-marais-poitevin.fr">yoann.leroy@epmp-marais-poitevin.fr</a>	02.51.56.56.26	Appui technique Hydrologie et hydrogéologie, valorisation du SI
Rhône-Méditerranée	AERMC	Benoît MOTTET	<a href="mailto:benoit.mottet@eaumrc.fr">benoit.mottet@eaumrc.fr</a>	04.72.71.27.90	Expert gestion quantitative
Rhône-Méditerranée	AERMC	Jeanne DUPRE LA TOUR			Chargé de mission volumes prélevables
Rhône-Méditerranée	DREAL Rhône-Alpes	Caroline HENRI de VILENEUVE	<a href="mailto:caroline.henri-de-vileneuve@developpement-durable.gouv.fr">caroline.henri-de-vileneuve@developpement-durable.gouv.fr</a>	04.26.28.65.79	Chef de projet milieux aquatiques et ressource en eau
Rhône-Méditerranée	DREAL Rhône-Alpes	Hélène DELHAYE	<a href="mailto:helene.delhaye@developpement-durable.gouv.fr">helene.delhaye@developpement-durable.gouv.fr</a>	04.26.28.65.83	Chargé de mission prospective changement climatique
Rhône-Méditerranée	BE R&D	Eric LEROI	<a href="mailto:e.leroi@wanadoo.fr">e.leroi@wanadoo.fr</a>	04.42.32.49.00	Président/directeur scientifique
Rhône-Méditerranée	BE R&D	Nouridine BADJI	<a href="mailto:rd@rsques-et-developpement.fr">rd@rsques-et-developpement.fr</a>	04.42.32.49.00	Directeur des systèmes d'information

## **Annexe 2 : Questionnaire envoyé aux acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative de l'eau**

Enjeux et besoins de la gestion quantitative de l'eau en France : quels connaissances, méthodes et outils pour les gestionnaires des étiages

### **CONTEXTE**

L'UMR AGIR (INRA – Toulouse) conduit des travaux de recherche ayant pour objectif de développer des connaissances, méthodes et outils pour la gestion quantitative de l'eau des échelles de la parcelle et du bloc d'irrigation à celles de l'exploitation et des bassins versants. Les approches développées sont basées sur (i) l'analyse et la modélisation des relations entre utilisation du sol et flux d'eau dans l'hydrosystème et (ii) sur l'analyse de la gouvernance et du système d'acteurs de la gestion quantitative de l'eau. Pour renforcer le caractère opérationnel des productions scientifiques de l'UMR AGIR pour l'ONEMA et les acteurs publics et parapublics engagés dans la gestion des étiages, il est nécessaire d'identifier les enjeux de ces acteurs, la diversité des contextes rencontrés et l'intérêt d'une démarche d'analyse et de modélisation du comportement des systèmes socio-hydrologiques à l'échelle des bassins versants et unités hydrologiques de gestion des étiages (plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés et plusieurs centaines à plusieurs milliers d'usagers). Le présent projet vise à spécifier ces enjeux, ainsi que les développements nécessaires des méthodes et des outils existants pour répondre à ces enjeux. Considérant l'importance d'un système d'information, décrivant les caractéristiques de l'agriculture et les relations entre celle-ci et les ressources en eau à l'échelle des bassins versants, dans un processus de décision de gestion des étiages, un volet particulier du travail consistera à définir les spécifications d'un tel SI suivant les territoires étudiés.

### **OBJECTIFS**

- ▶ Analyser les enjeux de gestion quantitative des ressources en eau (étiages) dans les bassins hydrologiques en déficit structurel.
- ▶ Analyser les besoins des acteurs institutionnels en charge de la gestion quantitative de l'eau en matière de méthodes et d'outils de mesure pour appuyer les décisions, en particulier en matière de modélisation intégrée et de système d'information pour décrire les relations entre agriculture et étiages.

### **QUESTIONS**

1. Quels sont les principaux enjeux en matière de gestion quantitative de l'eau (étiages) sur le bassin ?

- ▶ la nature des sources de pressions et des ressources concernées y compris dimensions spatiales (pression très ponctuelle, ponctuelle, assez étendue, étendue ; hétérogénéité des situations) et temporelles (historique). Ces informations doivent aussi permettre d'estimer les résolutions spatiales et temporelles pertinentes pour formuler et traiter le problème.
- ▶ les conflits d'usages (problèmes entre les différents usagers et politiques de gestion des étiages) et les acteurs impliqués pour quelles actions.
- ▶ les enjeux liés à l'irrigation (pratiques, distribution des systèmes de culture dans l'espace, etc.).

2. Quelles sont les connaissances, méthodes et outils utilisés actuellement ?

- ▶ pour caractériser les pressions et l'état des ressources et les relations entre les deux.
- ▶ pour qualifier et quantifier les situations et les crises.
- ▶ pour évaluer l'impact de mesures de gestion ou de politiques et/ou des changements environnementaux et sociétaux.

3. Quelles forces et faiblesses (manques) de ces connaissances, méthodes et outils ?

4. Présentation des travaux de l'INRA, intérêts, adaptations possibles

► Travaux sur la distribution spatiale des systèmes de culture à partir des données du Registre Parcellaire Graphique :

- description des assolements et séquences
- spatialisation des pratiques culturales

► Développement de la plateforme MAELIA :

- simulation multi-agents pour évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux des normes de gestion quantitative de l'eau (définition/gestion des volumes prélevables) et de différents contextes de production (scénarios intégrant les changements climatiques) : modélisation fine des dynamiques d'usage de l'eau, en particulier celles liées à l'activité agricole (croisement modèle hydrologique, modèle agricole, autres usages, aspects normatifs)
- mise en relation des données sur les exploitations agricoles, les prélèvements en eau, les ressources disponibles et les VP

5. Quels sont les principaux interlocuteurs (Agence de l'eau, DREAL, DDT, EPTB, Organisme unique, DRAAF...) pouvant mettre en œuvre ou utiliser ce type de méthode et d'outils pour la gestion des étiages (définition des volumes prélevables, etc.) ?

## **CONTACTS**

- Maud Balestrat - Maud.Balestrat@toulouse.inra.fr - 05.61.28.57.44
- Olivier Therond - Olivier.Therond@toulouse.inra.fr - 05.61.28.50.48

## 12. Remerciements

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'investissement de plusieurs personnes que nous souhaitons remercier ici.

Merci à tous les acteurs mobilisés dans les différents bassins hydrologiques pour le temps précieux qu'ils nous ont accordé afin de nous livrer leur analyse des méthodes et outils à leur disposition pour traiter de la gestion des étiages sur leur territoire. Nous souhaitons remercier en particulier les personnes des Agences de l'Eau Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée-Corse, des Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Midi-Pyrénées, des Pays-de-la-Loire, de Poitou-Charentes et de Rhône-Alpes, des Directions Départementales des Territoires du Tarn-et-Garonne et de Vendée, de l'Etablissement Public du Marais Poitevin, de la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne et des bureaux d'étude Eaucéa et Recherche & Développement.

Onema

Hall C – Le Nadar  
5, square Félix Nadar  
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

[www.onema.fr](http://www.onema.fr)

INRA

I.N.R.A. - Centre de Recherches  
de Toulouse  
BP 52627 - F 31326 Castanet  
Tolosan Cedex

05 61 28 50 28

<http://www.toulouse.inra.fr/>