

Garonne 2050

ÉTUDE PROSPECTIVE SUR LES BESOINS
ET LES RESSOURCES EN EAU,
À L'ÉCHELLE DU BASSIN DE LA GARONNE



Rapport final



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE



SOMMAIRE

Préambule	5
Résumé	6
1. Introduction : objectifs et contours de l'étude	8
2. Précisions méthodologiques	10
2.1 Une démarche originale	10
2.2 Les facteurs d'influence et les données d'entrée	11
● 2.2.1 Le changement climatique : une tendance lourde pour le bassin de la Garonne	11
● 2.2.2 Estimation des ressources en eau	12
● 2.2.3 Estimation de la demande	14
2.3 Les principes de modélisation	19
● 2.3.1 L'outil de simulation et les hypothèses de gestion besoins/ressources	19
● 2.3.2 Les partis pris de modélisation	20
● 2.3.3 Les hypothèses de simulation pour les images de 2050	21
3. Les grandes familles de scénarios et leurs déterminants	26
3.1 Impact sur le déficit du niveau de compensation de la baisse des débits naturels	26
● 3.1.1 Compenser « a minima »	26
● 3.1.2 Compenser totalement	27
● 3.1.3 Compenser partiellement	27
3.2 Impact de l'agriculture irriguée sur le déficit	28
● 3.2.1 Effet de l'évolution des volumes prélevables sur le déficit	28
● 3.2.2 Impact sur le déficit de l'abandon total des prélèvements agricoles en rivières	30
● 3.2.3 Impact sur le déficit d'un changement important d'assolement	30
3.3 Ce qu'il faut retenir, en résumé	31
4. Trois images du futur	32
4.1 Rappel des hypothèses	32
● 4.1.1 Les hypothèses communes à tous les scénarios	32
● 4.1.2 Les hypothèses qui diffèrent selon les scénarios	33
4.2 Présentation des 3 scénarios	35
● 4.2.1 Scénario 1 : compenser a minima la baisse naturelle des débits d'étiage	35

● 4.2.2 Scénario 2 : compenser totalement la baisse naturelle des débits d'étiage	37
● 4.2.3 Scénario 3 : compenser pour moitié la baisse naturelle des débits d'étiage	40

5. Conclusion : enseignements et pistes d'adaptation 43

6. Annexes 48

6.1 Cinq scénarios pour débattre dans une phase exploratoire 48

6.2 Rappel des hypothèses retenues pour les simulations 49

6.3 Rétrospective du stockage sur le bassin 53

6.4 Résultats par grand sous-bassin 54

● 6.4.1 Le bassin de la Garonne	54
● 6.4.2 Le bassin Tarn-Aveyron	55
● 6.4.3 Le bassin du Lot	56

6.5 Influence du niveau de sécurisation des besoins sur le niveau de déficit 58

Abréviations 60

Bibliographie indicative 61

Rapport du garant scientifique de l'étude Garonne 2050 62

Préambule

Ce rapport de synthèse revient sur l'origine et la méthode générale suivie par l'étude Garonne 2050. Il fait une place détaillée aux analyses quantifiées des scénarios prospectifs retenus *in fine*. Ces scénarios sont issus d'un travail de consultation et de co-élaboration mené au second semestre 2012 et simulés en termes d'équilibre offre/demande en eau.

L'étude a débuté en octobre 2010 et s'est achevée par une présentation au comité de bassin de décembre 2013. Par souci de concision, les phases initiales, de diagnostic ou co-construction des scénarios caricaturaux, ne sont que brièvement rappelées dans ce rapport. Pour plus de détails, il est possible de se procurer auprès de l'agence de l'eau Adour-Garonne :

- les rapports techniques de la phase de diagnostic ;
- la synthèse de la journée d'échanges Garonne 2050 du 20 juin 2012 décrivant les principaux facteurs d'influence et les 5 scénarios caricaturaux ;
- la synthèse de la conférence "La Garonne du futur, les futurs de la Garonne" du 13 décembre 2012, ponctuant la phase de consultation ;
- le rapport technique détaillé produit par le consortium de bureaux d'études.

Trois films, illustratifs des principales conséquences des choix retenus sont également consultables sur le site Internet :

www.eau-adour-garonne.fr

Résumé

« Garonne 2050 » est une démarche prospective centrée sur l'eau, principalement du point de vue quantitatif : elle intègre le changement de climat et les évolutions possibles de la démographie, de l'énergie et de l'agriculture, et leurs impacts sur la ressource en eau de surface (les rivières du grand bassin de la Garonne et leurs nappes d'accompagnement). Elle répond à une demande du comité de bassin Adour-Garonne et contribue également aux dispositions A30 « comprendre les enjeux et les impacts des changements globaux » et A31 « proposer une stratégie d'adaptation aux changements globaux » du SDAGE 2010-2015.

Elle associe des scénarios littéraires, sur la base d'ateliers participatifs, à une phase de quantification, notamment à travers l'utilisation d'un modèle de gestion « besoins-ressources ». Les principaux éléments quantifiés, au moins en valeur relative, et les conclusions, robustes quel que soit le scénario, doivent pouvoir aider à la décision pour anticiper les enjeux et les impacts des changements globaux sur l'hydrologie de nos rivières et les besoins en eau.

À l'horizon 2050, même si les incertitudes demeurent importantes pour les précipitations, l'élévation de la température entraînera une augmentation forte de l'évapotranspiration. Les débits naturels d'étiage seront en moyenne réduits de moitié pour le bassin de la Garonne, territoire par ailleurs à la fois très agricole et très attractif d'un point de vue démographique.

Le facteur qui a le plus d'impact dépend principalement du choix sociétal résumé à travers la double question : quel débit souhaitons-nous dans nos rivières l'été et que sommes-nous en capacité de faire ? Ces choix sont à faire dès aujourd'hui, afin de mettre en œuvre des réponses adaptées.

Les trois principaux scénarios sont construits en fonction des décisions que prendront les gestionnaires de la ressource. Le levier « sobriété de la demande » est systématiquement actionné mais ne suffit pas à résoudre le déséquilibre entre besoins et ressources.

Scénario 1 : Compenser à minima la baisse naturelle des débits d'étiage

Des choix à minima permettent d'assurer ce débit minimum 8 années sur 10. Le soutien des étiages se fait par l'intermédiaire de 75 millions de m³ de nouvelles retenues et grâce à 120 millions de m³ provenant d'accords de déstockage estival des réserves hydroélectriques. Les conséquences socioéconomiques et environnementales sont importantes : très forte baisse des activités nautiques et de la pêche, surcoût important pour l'assainissement et la production d'eau potable, disparition probable des poissons migrateurs et des zones humides, bouleversement de la végétation des berges et des paysages de bord de cours d'eau...

Scénario 2: Compenser totalement la baisse naturelle des débits d'étiage

La compensation totale implique de très lourds investissements en termes de création de réserves collectives, sécurise les activités mais est très coûteuse (réservoirs nouveaux à hauteur de 360 millions de m³ et création de deux stations de transfert d'énergie par pompage permettant en parallèle de bénéficier d'un accord de déstockage estival de 500 millions m³ issus des réserves hydroélectriques). Elle favorise le bon fonctionnement des milieux aquatiques (les zones humides et les migrateurs persistent, les risques de crues sont limités) mais les impacts environnementaux locaux sont très importants.

Scénario 3: Compenser pour moitié la baisse naturelle des débits d'étiage

Pour bénéficier en 2050 d'une compensation à hauteur de 75 % du débit objectif d'étiage actuel, les gestionnaires décident de combiner diverses solutions pour trouver 335 millions de m³ supplémentaires. La qualité de l'eau n'est pas dégradée, les effets de l'augmentation de la température sont modérés, les zones humides et une partie des poissons migrateurs résistent. D'une manière générale, la création d'ouvrages de stockage limite les crues mais a des impacts environnementaux locaux importants. Les activités industrielles et agricoles sont sécurisées. La pêche, les activités piscicoles et nautiques, fragilisées, s'adaptent. Le coût de cette politique ambitieuse, qui permet de limiter les vulnérabilités, est important.

Trois films, illustratifs des principales conséquences que ces choix pourraient avoir, ont été présentés au comité de bassin de décembre 2013.

Un retour à un équilibre sans création de nouvelles réserves est-il possible ? Ce rapport répond à la question, même si ce scénario n'a pas été envisagé initialement par les acteurs.

Des actions de sensibilisation sont prévues en 2014 et 2015, en parallèle de la rédaction de la stratégie d'adaptation au changement climatique dans le SDAGE pour la période 2016-2021.

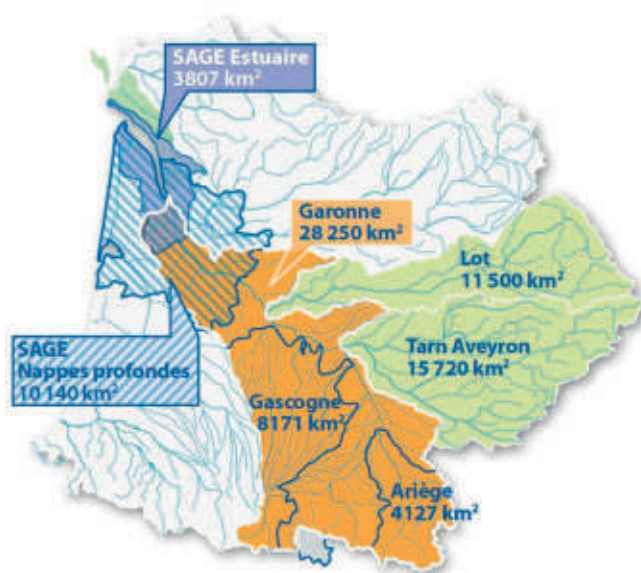
1. Introduction : objectifs et contours de l'étude

L'étude prospective « Garonne 2050 » s'intéresse aux besoins et aux ressources en eau à l'échelle du grand bassin de la Garonne et à l'échéance 2050.

L'horizon temporel de 2050 peut paraître lointain mais il permet à la fois de disposer de projections climatiques fiables et d'imaginer des ruptures de comportements par rapport à une situation tendancielle.

Pour des questions de cohérence hydrologique, c'est l'ensemble du bassin versant de la Garonne qui a été retenu comme zone d'étude. Ce territoire qui représente de l'ordre de 65 000 km², a été divisé pour les besoins de la modélisation en 22 sous-bassins versants élémentaires mais les résultats présentés dans ce rapport ne concernent que le grand bassin dans son ensemble.

Figure 1 : périmètre spatial de l'étude, le grand bassin versant de la Garonne



L'étude intègre les facteurs majeurs d'influence que sont le changement climatique et les évolutions possibles de la démographie, de l'énergie et de l'agriculture.

Leurs impacts sur la ressource en eau de surface (les rivières du grand bassin de la Garonne et leurs nappes d'accompagnement) sont principalement traités du point de vue quantitatif. Les eaux souterraines profondes sont intégrées à l'analyse de façon très simple : la ressource mobilisable en 2050 est celle proposée à l'heure actuelle par le SAGE nappes profondes. Elle répond exclusivement au besoin en eau potable domestique et demeure stable dans le temps pour éviter tout risque de surexploitation.

Face aux incertitudes que sous-tendent les changements globaux autour de la ressource en eau, et à la nécessité de tenir compte du long terme pour réfléchir au contenu d'un développement durable, la démarche retenue a recherché la mobilisation des connaissances, via l'expertise et la modélisation en parallèle de méthodes basées sur la concertation et la participation pour associer les acteurs concernés à la définition de l'action publique (gestion de l'eau et aménagement des territoires).

Cette démarche méthodologique est décrite dans la partie 2 : les données d'entrée et les hypothèses retenues y sont présentées. Les partis pris de la modélisation et le modèle de simulation y sont également abordés.

La partie 3 est consacrée à l'analyse des principaux résultats de simulation au travers la description des grands déterminants des scénarios.

Les trois principales images du futur retenus par le comité de pilotage sont détaillées en partie 4.

La conclusion revient sur les grands enseignements de l'étude et formule des propositions de pistes d'adaptation, à engager dès maintenant, notamment dans le domaine de la recherche, où des études doivent se poursuivre ou être entamées pour mieux se préparer à l'avenir.

L'étude prospective « Garonne 2050 » avait pour objectif initial de répondre à la délibération DL/CB/08-07 de mai 2008 du comité de bassin Adour-Garonne qui traite de « la sécurisation des étiages Garonne et Gascogne ». Elle contribue également aux dispositions A30 « *comprendre les enjeux et les impacts des changements globaux* » et A31 « *proposer une stratégie d'adaptation aux changements globaux* » du SDAGE 2010-2015. Au terme de l'étude, malgré les incertitudes, les résultats, autant que la démarche, apparaissent structurants pour fonder une politique d'adaptation aux changements globaux à engager dès à présent.

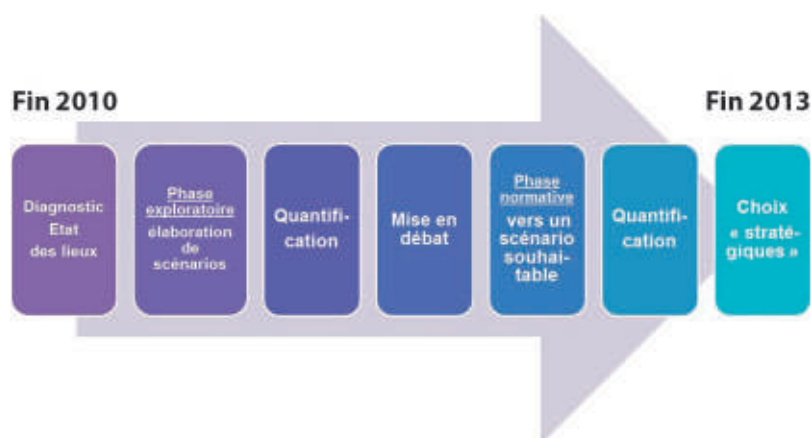
2. Précisions méthodologiques

2.1 Une démarche originale

L'étude prospective « Garonne 2050 » a débuté en octobre 2010. Un comité de pilotage composé des conseils régionaux Midi-Pyrénées et Aquitaine, de la DREAL de bassin, de la direction interrégionale de l'ONEMA, de la DRAAF Midi-Pyrénées, du conseil général de Haute-Garonne, du SMEAG¹ a été mis en place pour suivre cette étude. Un membre du conseil scientifique du comité de bassin, Denis Salles, sociologue à l'IRSTEA a suivi l'étude en tant qu'observateur. Son rapport de « garant scientifique » est disponible à la fin de ce document.

Le travail a été mené en plusieurs phases et s'est appuyé sur des groupes d'acteurs. La concertation a pris la forme d'ateliers participatifs pour définir de manière collective les facteurs à retenir pour la prospective, construire des micro-scénarios sectoriels à partir de ces facteurs, eux-mêmes structurés ensuite en 5 scénarios globaux assez caricaturaux et suffisamment tranchés pour permettre le débat (voir Annexe 6.1). Ces scénarios et leurs implications concernant la gestion quantitative des eaux de surface ont été présentés lors d'un forum en juin 2012 et une soirée débat en décembre 2012.

Figure 2: Les différentes phases de la démarche méthodologique



Avec ces illustrations contrastées des futurs possibles pour la Garonne, l'agence de l'eau Adour-Garonne a engagé une phase supplémentaire de sensibilisation et consultation de 8 mois afin de partager le diagnostic de l'impact du changement climatique sur l'hydrologie.

La commission planification du comité de bassin s'est saisie de l'étude en phase finale pour proposer des hypothèses de synthèse, à l'issue du débat mené avec ces illustrations tranchées et contrastées des futurs possibles. La phase finale de l'étude a consisté à affiner l'analyse prospective quantifiée à l'horizon 2050 en testant différentes hypothèses faisant débat, les éléments plus consensuels ayant été figés. Ces propositions ont permis de passer de 5 scénarios « caricaturaux » à des simulations plus opérationnelles permettant d'aller vers des scénarios plus réalistes. Cette phase ultime de quantification permet aujourd'hui de comparer ces scénarios du futur entre

¹ EDF a également participé en tant qu'invité.

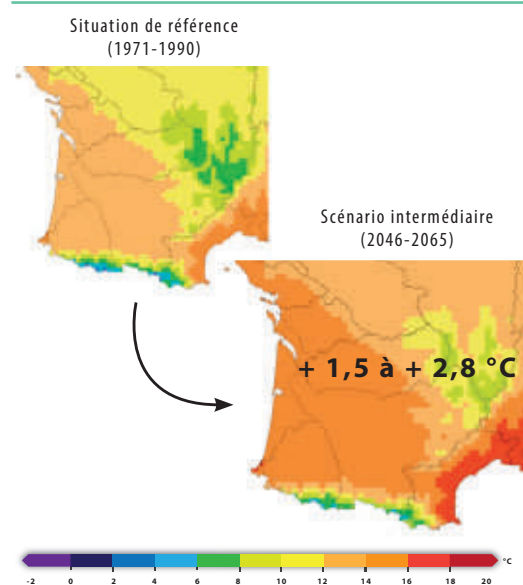
eux. L'analyse en valeur relative est appuyée par des « histoires littéraires » qui permettent une description illustrée.

En juillet 2013, le comité de pilotage a discuté ces derniers résultats et a proposé des recommandations pour présenter ces scénarios et pour conclure sur les messages principaux en vue de la présentation au comité de bassin en décembre 2013 et de la diffusion de l'étude en 2014.

2.2 Les facteurs d'influence et les données d'entrée

Lors du diagnostic initial, 4 facteurs d'influence majeurs du bilan offre/demande en eau ont été retenus : le changement climatique mais aussi l'évolution démographique énergétique et agricole. L'annexe 6.2 récapitule les données quantitatives du diagnostic de l'existant et les hypothèses fixées pour 2050, qui ont servi de données d'entrée à la phase de modélisation.

Figure 3 : Evolution de la température moyenne quotidienne dans le Sud-Ouest d'ici 2050



(Source : AEAG d'après www.drias-climat.fr)

2.2.1 Le changement climatique : une tendance lourde pour le bassin de la Garonne

C'est sans nul doute le facteur ayant le plus d'influence sur le système étudié. Pour le sud-ouest de la France, l'ensemble des connaissances disponibles convergent pour évoquer à l'échéance 2050, une augmentation de la température moyenne annuelle comprise entre 0,5 °C et 3,5 °C. Cette tendance sera plus marquée en été, avec plus de périodes de canicule et de sécheresse. Par voie de conséquence, l'évapotranspiration annuelle sera en nette augmentation (comprise entre +13 et +28 % en moyenne annuelle selon l'étude nationale EXPLORE 2070, confirmée par l'étude nationale CLIMSEC et les récentes publications de l'ONERC).

Plusieurs études scientifiques montrent qu'une des conséquences directes est l'augmentation de la demande climatique de la végétation (besoin en eau des plantes), naturelle ou cultivée.

Dans le domaine de l'hydrologie, cela signifie **moins de pluie efficace, donc moins d'écoulement et sans doute moins d'infiltration**.

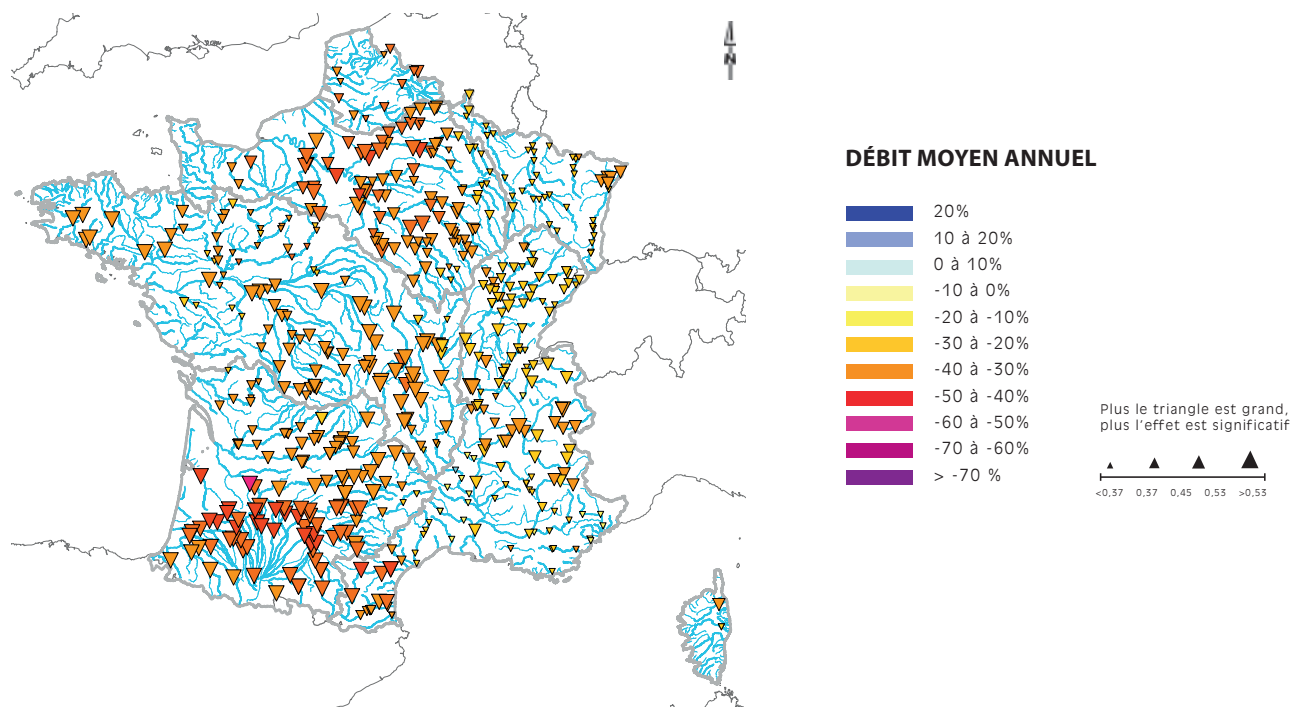
De fortes incertitudes demeurent sur le niveau et la dynamique des précipitations. On peut s'attendre néanmoins à une **diminution des précipitations neigeuses**. De ce fait, certains cours d'eau passeraient d'un régime nival à un régime pluvial.

Du fait de l'ensemble de ces évolutions climatiques, de fortes modifications sur l'hydrologie sont à prévoir : des **baisses annuelles de débits de toutes les grandes rivières du sud-ouest, comprises entre 20 et 40 %, pouvant atteindre – 50 % en période estivale**. La dynamique des écoulements sera également fortement modifiée notamment en période de basses eaux : **sans modification des usages, les étiages seront plus précoces, plus sévères et plus longs**.

Certains de ces éléments sont déjà perceptibles sur le bassin, ce qui fait dire aux spécialistes que le changement climatique est déjà en marche (ONEMA, 2013. Évolutions observées dans les débits des rivières en France).

Ces éléments tirés de premières études, principalement publiées à l'échelle nationale, sont des données d'entrée pour l'étude prospective Garonne 2050.

Figure 4 : évolution relative des débits moyens annuels d'ici à 2070 (source : Explore 2070)



2.2.2 Estimation des ressources en eau

Les **ressources naturelles** ont été évaluées à partir d'une série de données élaborées dans le cadre des travaux d'EXPLORE 2070² (source Météo-France et UMR Sisyphe) : il s'agit à la fois des données caractérisant le climat d'aujourd'hui et celles du climat futur. Plusieurs scénarios climatiques ont été étudiés, sept modèles climatiques ayant été utilisés. Au moyen d'un modèle hydrologique, ces scénarios climatiques ont été convertis en séries de données hydrologiques (débits naturels du futur) en différents points des districts hydrographiques français (voir Figure 4).

Pour le bassin Adour-Garonne, nous avons eu accès pour l'ensemble des 39 points du grand bassin versant :

- Aux sept scénarios climatiques³ ;
- À sept séries hydrologiques représentatives du climat à l'horizon 2050 (séries d'Août 2046 à Juillet 2065) ;

Ces débits naturels du futur ont été ensuite affectés à chaque bassin versant élémentaire retenu pour la modélisation.

² Cf. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/explore_2070_-_2011.pdf

³ Noms des scénarios climatiques : ARPV3, CCCMA, ECHAM5, GFDL20, GFDL21, GISS, MRI

Les **ressources stockées** ont été modélisées selon quatre types :

- Les barrages hydroélectriques ;
- Les barrages multi-usages utilisés pour le soutien des étiages ;
- Les barrages mixtes pour modéliser les conventions de restitution avec EDF ;
- Les retenues collinaires (alimentation gravitaire ou remplissage par pompage).

Les volumes affectés à chaque barrage ont été évalués à partir des bases de données de l'agence de l'eau. L'annexe 6.3 dresse une rapide rétrospective du stockage sur le bassin et permet de mettre en perspective les données d'entrée retenues pour la zone d'étude. Sur cette zone, le volume utile total pouvant être stocké dans les différents types d'ouvrages est aujourd'hui de l'ordre de 1,7 milliard de mètres-cubes, répartis de la manière suivante :

- Barrages hydroélectriques : 1,1 milliard ;
- Barrage de soutien d'étiage : 300 millions ;
- Volumes conventionnés (barrages mixtes) : 160 millions ;
- Retenues collinaires : 224 millions.

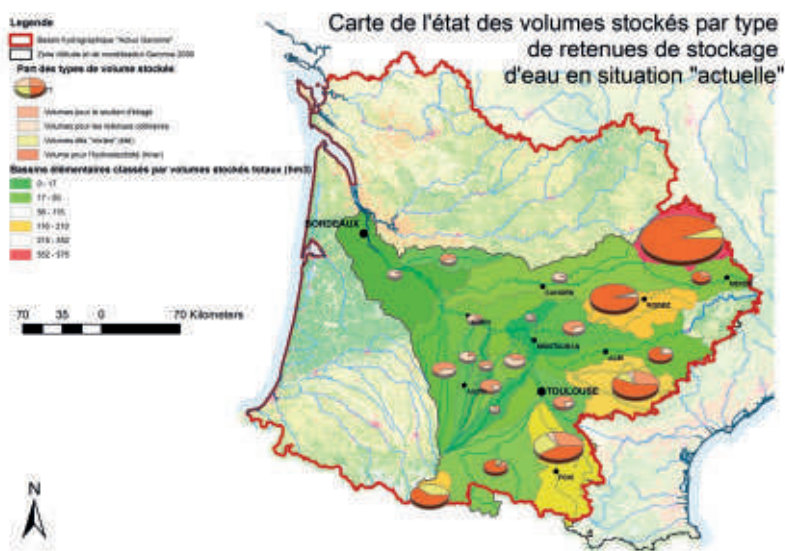
Le tableau 1 dresse l'état des ressources stockées **aujourd'hui** (basse 2012). Il est à noter que, malgré ces volumes (qui ne tiennent pas compte des hypothèses de création d'ouvrages d'ici 2021 dans le cadre de la réforme des volumes prélevables⁴), la situation actuelle est déjà en déséquilibre par rapport aux besoins.

Tableau 1 : État des volumes des retenues de stockage (situation 2012)

Valeurs en Mm ³	TOTAL	AGOUT	ARIEGE	ARRATS	AVEYRON_AM_LAGU	AVEYRON_AV_LAGU	DROPT	GARONNE_AM_TOUL	GARONNE_TOUL_LAMA	GARONNE_LAMA_TONN	GARONNE_TONN_BEC	GELISE_OSSE_BAISE	GERS	GIMONE	HERS_MORT_GIROU	LOT_AM_TRUYERE	LOT_AV_TRUYERE	NESTE_AM_SARR	SAVE	TARN_AM_MILL	TARN_AV_VILL	TARN_MILL_VILL	TRUYERE
Hydroélectriques	1 078.8	101.8	85.0	0.0	183.6	0.0	0.0	37.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	0.0	74.7	0.0	0.0	0.0	39.4	534.9
Soutien d'étiage	299.5	49.8	61.3	10.0	0.0	30.2	13.7	4.8	15.9	4.2	1.4	29.5	4.9	30.0	29.6	9.1	0.9	0.0	3.0	0.0	1.3	0.0	0.0
Mixtes	157.1	19.0	46.0	0.0	3.1	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.0	0.0	0.0	0.0	3.0	33.0
Collinaires	223.6	10.8	12.5	6.7	6.0	10.9	9.3	1.6	23.0	14.8	15.8	18.6	18.6	6.7	7.0	0.2	17.8	0.0	6.7	0.0	7.8	8.9	0.2
TOTAL	1 739.0	181.3	204.8	16.7	192.7	41.1	23.0	48.6	38.8	19.0	17.1	48.1	23.5	36.7	36.6	31.5	18.7	122.7	9.7	0.0	9.1	51.3	568.1

⁴ Les hypothèses de création d'ouvrages d'ici 2021, conformément à la réforme des volumes prélevables, ont, par contre, été intégrées à la réflexion par la suite, pour donner une image plausible de 2050 (voir paragraphe 2.3.3.). Elles ne semblent pas en mesure de supprimer le déséquilibre actuel.

Figure 5 : Volumes stockés en situation actuelle (2012)

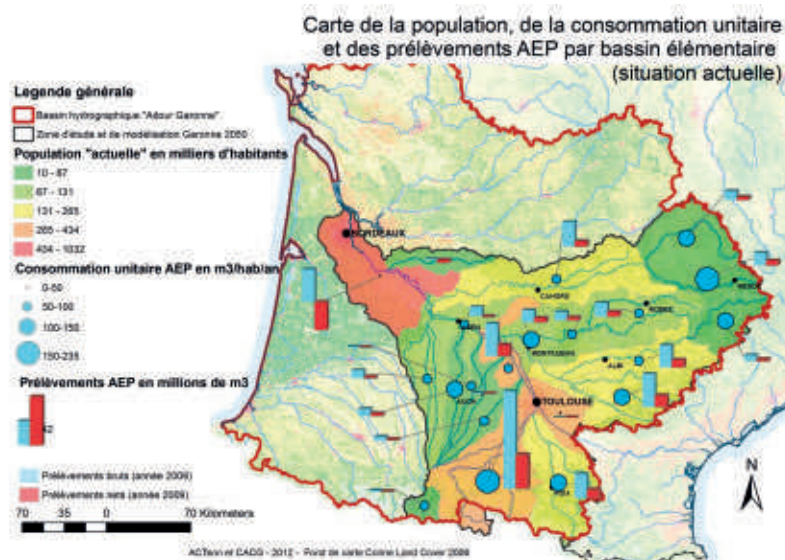


2.2.3 Estimation de la demande

La demande globale est répartie selon les principaux usages : eau potable, industrie, agriculture irriguée et demande environnementale. Les estimations ont été réalisées au temps présent et un travail d'hypothèses a permis d'évaluer ces demandes en 2050 (voir Paragraphe 2.3.3. et Annexe 6.2).

La **demande en eau potable** a été évaluée à partir des prélèvements actuels (données de l'agence de l'eau). Nous avons retenu pour la modélisation les prélèvements en milieux « superficiels » (cours d'eau et nappes d'accompagnement). En Gironde, la demande satisfaite à partir des nappes profondes est considérée comme constante.

Figure 6 : Demande Eau Potable en situation actuelle (base 2012)



Par ailleurs, nous avons intégré également une hypothèse de rejet générique via les stations d'épuration en considérant que 65 % des prélèvements étaient restitués aux milieux naturels (les rejets faisant suite aux prélèvements en nappes profondes sont donc également intégrés au calcul).

En situation actuelle (base 2012), la demande en eau potable est évaluée sur la zone d'étude à 312 Mm³ par an. Cela correspond à un prélèvement moyen de près de 80 m³/an par habitant. Le détail des hypothèses prises en situation actuelle est présenté dans le tableau 2.

En termes de rejets, on les évalue à 247 Mm³ par an, ce qui nous amène à un prélèvement net de l'ordre de 65 Mm³ par an.

Concernant la **demande industrielle**, les données ont également été collectées auprès de l'agence de l'eau. Là-aussi, a été appliqué un important taux de retour au milieu naturel : 93 % sauf pour les centrales nucléaires de Golfech (80 % de retour non comprise la compensation de l'évaporation en période d'étiage) et du Blayais (100 % de retour). Il en résulte une demande actuelle nette globale annuelle de l'ordre de 45 Mm³ qui peut être réduite à 15 Mm³ en période d'étiage par la compensation de l'évaporation de la centrale de Golfech.

Tableau 2 : Population et prélèvements pour l'eau potable (2012)

	TOTAL	AGOUT	ARIEGE	ARRATS	AVEYRON_AM_LAGU	AVEYRON_AV_LAGU	DROPT	GARONNE_AM_TOUL	GARONNE_TOUL_LAMA	GARONNE_LAMA_TONN	GARONNE_TONN_BEC	GELISE_OSSE_BAISE	GERS	GIMONE	HERS_MORT_GIROU	LOT_AM_TRUYERE	LOT_AV_TRUYERE	NESTE_AM_SARR	SAVE	TARN_AM_MILL	TARN_AV_VILL	TARN_MILL_VILL	TRUYERE
Population 2009 (en milliers)	3 972	205	184	11	125	107	48	356	434	131	1 033	90	56	21	387	53	266	17	49	43	98	193	67
Prélèvements bruts 2009 (en Mm3/an)	312	29	21	1	12	8	1	84	28	8	28	7	6	1	0	11	21	1	3	5	11	19	8
Prélèvements nets 2009 (en Mm3/an)	65	10	7	0	4	3	-3	29	10	-1	-24	1	2	0	0	4	5	0	1	2	4	7	3
Consommation unitaire (en m ³ /an/hab)	78.6	139.3	112.9	91.6	94.6	71.1	18.0	235.0	64.8	59.7	27.2	77.4	114.1	29.5	0.1	207.2	80.4	81.9	71.4	124.5	107.0	99.2	114.9

La **demande agricole actuelle** a été évaluée à partir :

- De l'assolement irrigué des dernières années⁵ ;
- Du calcul de la demande climatique en eau ;
- D'un calage avec les données de prélèvements issues des bases de l'agence de l'eau.

Trois types de demande en eau ont été considérés :

5 Maïs grain/semence/fourrage ; autres céréales ; tournesol ; autres oléagineux ; légumes secs et protéagineux ; arboriculture ; autres cultures (tabac, légumes, fleurs...)

- La demande de prélèvements dans les eaux superficielles et nappes d'accompagnement;
- La demande de prélèvements dans les nappes captives;
- La demande de prélèvements dans les retenues collinaires déconnectées du milieu en été.

Concernant l'irrigation à partir des eaux superficielles, il en résulte une surface irriguée de l'ordre de 200 000 ha sur le bassin de la Garonne, dont plus de la moitié est consacrée au maïs. Cela représente 7 % de la SAU (surface agricole utile). La demande en eau retenue est celle correspondant à une année quinquennale sèche. En moyenne sur le bassin, le besoin s'élève à 2 050 m³/ha soit une demande globale de l'ordre de 400 mm³ par an. Le détail par ensemble élémentaire modélisé est présenté dans le tableau 3.

Les demandes « eaux souterraines » et « collinaires » ont également été évaluées :

- Eaux souterraines : 32 Mm³ en moyenne, soit 15 000 à 20 000 ha irrigués;
- Collinaires : 200 Mm³ stockés soit 100 000 ha irrigués.

La demande actuelle globale estimée sur le bassin de la Garonne est donc de l'ordre de 640 Mm³. La réforme des « volumes prélevables », aboutie au cours de l'année 2013 et qui s'appliquera entièrement en 2021, n'a pas servi à caractériser la situation actuelle.

Pour les hypothèses permettant de caractériser la situation agricole en 2050, la réforme des volumes prélevables, alors entièrement mise en œuvre, a été retenue, ainsi que l'évolution de la demande en eau des principales cultures du fait du changement climatique (voir Paragraphe 2.3.3.).

**Figure 7 : Demande agricole en situation actuelle
(base 2011-2012)**

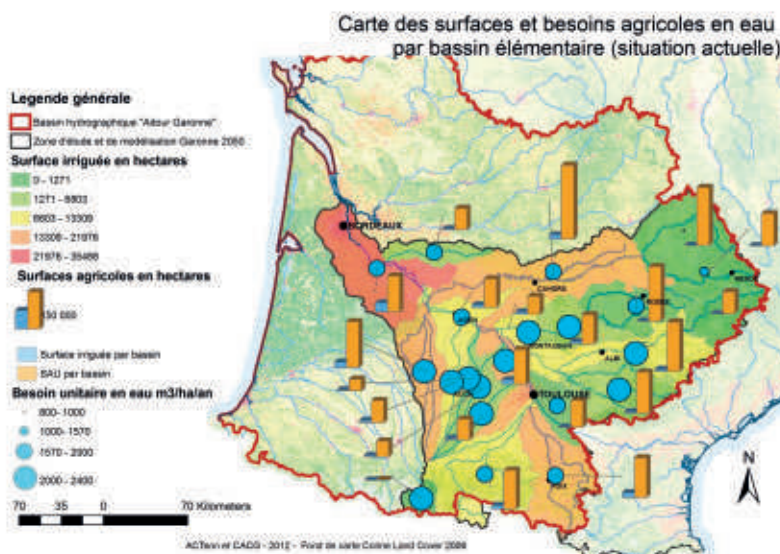


Tableau 3 : Demande en eau agricole actuelle (base 2012, avant réforme des volumes prélevables)

	TOTAL	AGOUT	ARIEGE	ARRATS	AVEYRON_AM_LAGU	AVEYRON_AV_LAGU	DROPT	GARONNE_AM_TOUL	GARONNE_TOUL_LAMA	GARONNE_LAMA_TONN	GARONNE_TONN_BEC	GELISE_OSSE_BAISE	TERS	GIMONE	HERS_MORT_GIROU	LOT_AM_TRUYERE	LOT_AV_TRUYERE	NESTE_AM_SARR	SAVE	TARN_AM_MILL	TARN_AV_VILL	TARN_MILL_VILL	TRUYERE
Besoins unitaires quinquennaux secs																							
SAU (en milliers d'hectares)	2 859	163	157	46	216	114	86	153	137	113	142	182	88	62	107	128	293	3	83	87	72	196	230
Besoin unitaire (en m³/ha/an)	2 051	2 100	1 900	2 400	2 000	2 100	1 900	2 000	2 200	2 000	1 800	2 400	2 400	2 400	1 900	1 000	1 600	2 400	2 400	800	2 200	2 300	900
Prélèvements dans les eaux superficielles et les nappes d'accompagnement																							
Surface irriguée (en milliers d'hectares)	196.2	6.2	19.4	4.1	0.3	6.8	4.5	13.3	16.6	9.6	35.5	22.0	8.7	5.0	1.3	0.6	17.8	0.0	6.0	0.2	9.7	8.5	0.0
Besoin en eau (en Mm³/an)	402.3	13.0	36.8	9.9	0.6	14.3	8.6	26.6	36.6	19.2	63.9	52.7	20.9	12.0	2.4	0.6	28.5	0.1	14.4	0.1	21.4	19.5	0.0
Prélèvements dans les collinaires																							
Surface irriguée (en milliers d'hectares)	98.6	5.1	6.6	2.8	3.0	5.2	4.9	0.8	10.4	7.4	8.8	7.7	7.7	2.8	3.7	0.2	11.1	0.0	2.8	0.0	3.6	3.9	0.2
Volumes stock (en Mm³)	203.6	10.8	12.5	6.7	6.0	10.9	9.3	1.6	23.0	14.8	15.8	18.6	18.6	6.7	7.0	0.2	17.8	0.0	6.7	0.0	7.8	8.9	0.2
Prélèvements dans les nappes profondes																							
Surface irriguée (en milliers d'hectares)	17.8																						
Prélèvements (en Mm³/an)	32.0																						

La **demande environnementale** dans l'exercice est constituée de deux termes :

- Les débits consignés⁶ en aval des 22 bassins versants élémentaires constituant l'ensemble de la zone d'étude ;
- Les débits réservés⁷ en aval des ouvrages hydrauliques.

Les débits réservés sont ceux qui prévalaient jusqu'à la fin 2013. Notons qu'ils ont été augmentés au 1^{er} janvier 2014 mais cette information n'a pas été intégrée, compte tenu des délais.

Les DOE actuels⁸ font référence. Ils seront une base de comparaison utile pour la suite de l'étude, qui évalue, en 2050, besoins et ressources.

Compte tenu des marges d'incertitudes, les débits objectifs du futur, définis par la suite, résultent d'une modélisation mensuelle et non d'une moyenne journalière ou d'un débit minimum sur 10 jours consécutifs (méthodologie pour définir les DOE actuels). La stricte comparaison est donc difficile mais l'étude permet toutefois une analyse des ordres de grandeur.

⁶ Il s'agit du débit objectif qui, en temps présent, est calé sur les DOE actuels et qui, en temps futur, représente le débit minimum souhaité par les acteurs.

⁷ Le débit réservé garantit de façon réglementaire un débit minimal à l'aval des ouvrages

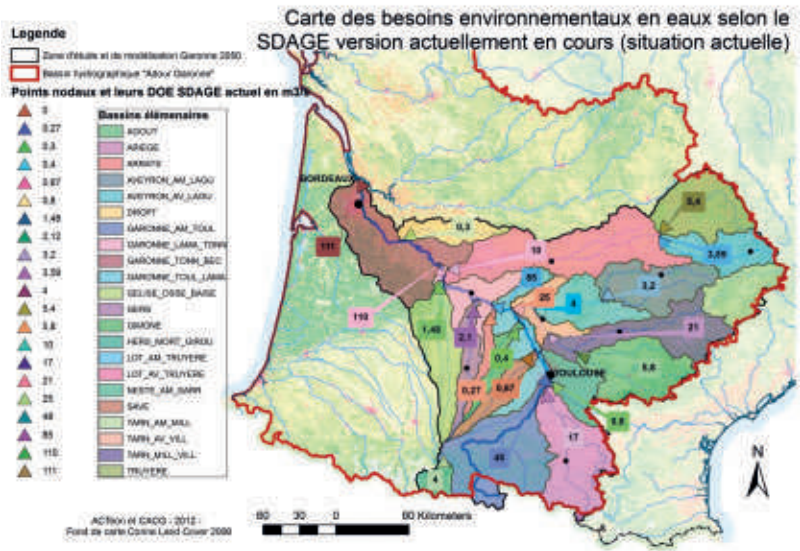
⁸ DOE : débit objectif d'étiage, valeur de référence à différents points nodaux des cours d'eau : en période de basses eaux, c'est le débit minimal qui permet l'atteinte du bon état et au-dessus duquel sont satisfaits les usages 8 années sur 10.

La situation actuelle a été décrite, en termes de débits objectifs aval, à partir du SDAGE 2010-2015, en vigueur. Les détails sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Besoins environnementaux
(base SDAGE 2010-2015, actuellement en vigueur)

	TOTAL	AGOUT	ARIEGE	ARRATS	AVEYRON_AM_LAGU	AVEYRON_AV_LAGU	DROPT	GARONNE_AM_TOUL	GARONNE_TOUL_LAMA	GARON_LAMA_TONN	GARONNE_TONN_BEC	GELISE_OSSE_BAISE	GERS	GIMONE	HERS_MORT_GIROU	LOT_AM_TRUYERE	LOT_AV_TRUYERE	NESTE_AM_SARR	SAVE	TARN_AM_MILL	TARN_AV_VILL	TARN_MILL_VILL	TRUYERE
Surface élémentaire (en km²)	56 300	3 506	4 152	621	3 066	2 198	1 345	5 312	2 354	1 769	5 101	2 934	1 230	829	1 555	2 184	6 060	614	1 157	2 118	1 244	3 653	3 297
Surface amont cumulée (en km²)		3 470	3 450	600	3 066	5 170	1 200	9 980	32 350	51 538	56 300	1 725	678	827	768	2 184	11 541	606	1 110	2 118	15 786	9 100	397
DOE référence SDAGE (en m³/s)		5.80	17.0	0.27	3.20	4.00	0.32	48.0	85.00	110.0	111.0	1.48	2.12	0.40	0.80	3.59	10.00	4.00	0.67	-	25.00	21.0	5.41
DOE équivalent aval BV (en m³/s)		5.86	20.46	0.28	3.20	4.18	0.36	48.90	85.00	110.00	111.00	2.52	3.85	0.40	1.62	3.59	10.00	4.05	0.70	-	25.00	22.07	5.41

Figure 8 : Débit de référence ou DOE du SDAGE 2010-2015, en situation actuelle



2.3 Les principes de modélisation

La modélisation est une simplification des réalités mais donne à voir des ordres de grandeurs pour différentes simulations de situations futures. Le détail des partis pris de modélisation a été présenté dans le rapport intermédiaire mais nous proposons ici d'en effectuer une courte synthèse.

2.3.1 L'outil de simulation et les hypothèses de gestion besoins/ressources

Le logiciel RIO MANAGER® est un outil d'aide à la gestion de bassins hydrologiques étendus développé par la CACG. Il a pour objectif d'assister le gestionnaire dans l'élaboration de stratégies visant à évaluer ou à mieux valoriser les ressources du bassin en fonction des besoins. Intégrant ces stratégies pour la simulation, il permet la mutualisation des capacités de stockage et des objectifs sur les usages pour en optimiser la gestion. L'impact des aléas climatiques sur la satisfaction des objectifs est ainsi minimisé par l'application de règles de gestion et par l'optimisation de l'équilibrage du système face aux risques de défaillance.

La modélisation du système permet de prendre en compte la plupart des contraintes physiques et des contraintes de gestion d'un grand bassin, comme celui de la Garonne. Les objectifs de la gestion peuvent se décliner sous différentes approches telle que la gestion des étiages ou la production hydroélectrique. Le simulateur permet également d'évaluer l'impact des pertes en eau superficielle sur un bassin qu'elles soient liées aux choix de gestion, ou à l'évaporation ou à l'infiltration.

Le logiciel RIO MANAGER® permet de prendre en compte des modalités de gestion différenciées de la ressource en eau d'une part et de la demande en eau d'autre part. On définit ainsi :

- **Les ensembles stratégiques :** on agit alors sur la gestion de la ressource ; le logiciel a été développé avec un algorithme d'optimisation d'une fonction de coût, basée sur le niveau de remplissage des ouvrages ; au sein d'un même ensemble stratégique, on choisit de déstocker le barrage dans lequel le coût marginal du lâcher est le plus faible ; en d'autres termes, on cherche à équilibrer le niveau de tous les barrages d'un ensemble stratégique au regard de leurs courbes de fonctionnement propres ;
- **Les ensembles de dotation :** on agit alors sur la gestion de la demande ; on définit préalablement une relation entre la dotation accordée aux usagers et le niveau de remplissage des barrages ; plus les barrages sont remplis, plus la dotation est importante ; la solidarité est alors totale au sein de chaque ensemble de dotation : la dotation est ajustée sur le niveau du barrage le moins rempli. Un algorithme d'optimisation multicritères permet de prioriser les usages en fonction de la disponibilité de la ressource. La distribution d'eau potable a toujours été jugée prioritaire : avec ce niveau de précision de modèle (simplification géographique et pas de temps mensuel) il n'y a dans aucun des scénarios de défaillance dans ce domaine.

Le logiciel adapte, pour chaque année de simulation, le volume pouvant être prélevé, à la ressource disponible. Comme il est possible de « forcer » le logiciel à satisfaire les usages, s'ils sont trop ambitieux face à la ressource, il en résulte **un déficit potentiel en eau** c'est-à-dire **la ressource dont il faudrait disposer** (en plus de « l'existant ») **pour atteindre les objectifs fixés**. On ne définit pas, à ce stade, la nature de cette quantité d'eau (alimentation ou substitution de différentes formes).

2.3.2 Les partis pris de modélisation

Une approche par sous-bassins homogènes a été retenue. Les critères d'homogénéité étudiés ont été :

- La disponibilité d'une chronique de débits « naturels » en aval du sous-bassin ;
- Le lien entre la ressource stockée et les usages.

En complément de l'échelle spatiale de modélisation, l'échelle temporelle retenue est le mois. Compte tenu des simplifications nécessaires à la modélisation, ce pas de temps est un compromis entre une bonne représentation de la disponibilité des ressources naturelles et de la demande en eau et un temps de calcul raisonnable. Le résultat donne à voir une tendance mensuelle et ne présume pas de l'effet d'éventuel événement ponctuel.

Chaque bassin versant élémentaire a été conçu de la même manière conceptuelle :

- 4 types de barrages :
 - **Barrage hydroélectrique** représentant la somme des barrages hydroélectriques identifiés du bassin versant élémentaire ;
 - **Barrage de soutien d'étiage** : il représente l'ensemble des ressources pouvant être mises à disposition des acteurs de l'eau en été pour satisfaire les usages (AEP, irrigation...) et les besoins environnementaux (débits objectifs) ;
 - **Barrage mixte** : il s'agit d'un barrage fictif permettant de simuler la mise à disposition d'une partie des ressources du barrage hydroélectrique (utilisées en hiver) pour compléter les ressources en été ;
 - **Barrage collinaire** : il s'agit de l'ensemble des retenues remplies en hiver (par gravité ou par pompage) et déstockées en été pour satisfaire des besoins locaux d'irrigation ;
- 4 types de prélèvements :
 - Un prélèvement pour **l'AEP** (et le rejet associé en sortie de station d'épuration) ;
 - Un prélèvement **industriel** (net) ;
 - Un prélèvement d'**irrigation** ;
 - Un prélèvement pour le **remplissage** hivernal du barrage collinaire ;
- 1 point consigne (débit) en aval, pour représenter un objectif environnemental.

En aval du bassin, un réservoir à niveau maximal a été ajouté pour modéliser de façon très simplifiée les **nappes profondes**.

Tableau 5 : Présentation des bassins versants élémentaires de la modélisation

Identifiant	Description
AGOUT	L'Agout
ARIEGE	L'Ariège et l'Hers-Vif
ARRATS	L'Arrats
AVEYRON_AM_LAGU	L'Aveyron en amont du point nodal de Laguëpie
AVEYRON_AV_LAGU	L'Aveyron de Laguëpie au confluent du Tarn
DROPT	Le Dropt
GARONNE_AM_TOUL	La Garonne en amont de Toulouse (Neste amont Sarrancolin et Ariège exclues)
GARONNE_LAMA_TONN	La Garonne de Lamagistère à Tonneins (Rivières de Gascogne et Lot exclus)
GARONNE_TONN_BEC	La Garonne de Tonneins au Bec d'Ambes (Dropt et Dordogne exclus)
GARONNE_TOUL_LAMA	La Garonne de Toulouse à Lamagistère (Hers-Mort, Girou, rivières de Gascogne et Tarn exclus)
GELISE_OSSE_BAISE	La Gélise, l'Osse et la Baïse
GERS	Le Gers
GIMONE	La Gimone
HERS_MORT_GIROU	L'Hers-Mort et le Girou
LOT_AM_TRUYERE	Le Lot amont de la Truyère (exclue)
LOT_AV_TRUYERE	Le Lot en aval de la Truyère (y compris ses affluents : Célé, Lède...)
NESTE_AM_SARR	La Neste en amont de Sarrancolin
SAVE	La Save
TARN_AM_MILL	Le Tarn en amont de Millau
TARN_AV_VILL	Le Tarn en aval de Villemur (hors Aveyron)
TARN_MILL_VILL	Le Tarn de Millau jusqu'au point nodal de Villemur
TRUYERE	La Truyère

2.3.3 Les hypothèses de simulation pour les images de 2050

Les hypothèses à tester pour 2050, variables selon les scénarios concernent les deux enjeux apparus les plus significatifs : **le niveau de débit minimum d'étiage souhaité** (face à la baisse annoncée de moitié des débits naturels d'étiage, les scénarios varient selon le niveau de compensation adopté) et **le volume attribué à l'agriculture** (principal secteur d'activité préleveur net en période d'étiage).

- Niveau de compensation de la baisse des débits naturels à l'horizon 2050 ; la réflexion a été menée indépendamment de l'évolution possible de la DCE, imposant aujourd'hui l'atteinte du bon état des masses d'eau superficielles. Pour l'exercice prospectif, les débits minimums à maintenir dans les cours d'eau aux différents points nodaux ont fait l'objet de trois groupes d'hypothèses, en fonction du niveau de compensation souhaité :
 - **Compenser a minima** la baisse naturelle des débits d'étiage c'est-à-dire laisser-faire la nature et accepter en année quinquennale sèche une réduction de l'objectif à 50 % des DOE actuels ;
 - **Compenser totalement** la baisse naturelle des débits d'étiage c'est-à-dire maintenir l'objectif à 100 % des DOE actuels (base mensuelle), compensant entièrement les effets attendus du changement climatique sur l'hydrologie ;

- **Compenser pour moitié** la baisse naturelle des débits d'étiage, ce qui revient à réduire l'objectif à 75 % des DOE actuels (base mensuelle); ce troisième niveau apparaissant comme une hypothèse intermédiaire par rapport aux deux précédents.

- Volume dédié à l'agriculture à partir des rivières; la dotation agricole a été testée pour trois configurations:
 - **Volume prélevable dans les eaux de surfaces (VP)** défini au cours de l'année 2013 par le Préfet du Bassin Adour-Garonne;
 - **VP augmenté de 20 %** pour prendre en compte les effets du changement climatique sur la demande climatique des cultures (plus de besoins en eau des cultures, du fait de l'augmentation de l'évapotranspiration);
 - **VP diminué de 20 %** pour prendre en compte une hypothèse d'adaptation, conformément au Plan National d'adaptation au changement climatique actuel qui demande à chaque usager de diminuer de 20 % ses prélèvements.

Du fait du changement climatique, l'évolution des besoins en eau des cultures a été intégrée à la réflexion. Pour les cultures de céréales et d'oléoprotéagineux, l'augmentation des températures a pour effet un raccourcissement des cycles végétatifs à variété constante, de 7 à 10 jours. Pour les cultures de printemps et d'été (maïs, sorgho, soja, tournesol, pois) les dates de semis peuvent être anticipées d'environ une décade.

- Évolution des pratiques agricoles; deux hypothèses d'allocation de la ressource en eau ont été testées:
 - Évolution de la sole irriguée: anticipation de l'irrigation par la mise en place de nouvelles surfaces irriguées au printemps en remplacement des surfaces irriguées en été; l'hypothèse retenue conduit à une répartition 66/33 des surfaces irriguées respectivement en été et au printemps;
 - Maintien de la sole irriguée actuelle: l'hypothèse retenue conduit à une répartition 90/10 des surfaces irriguées respectivement en été et au printemps.

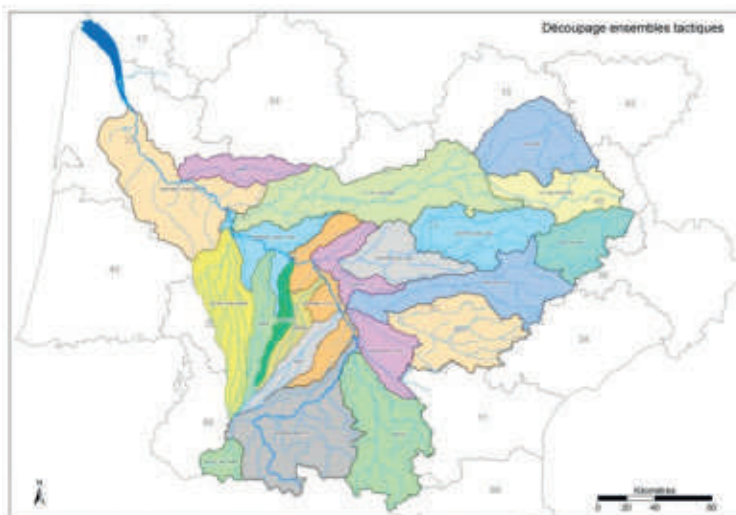


Figure 9 : Modélisation du bassin versant de la Garonne en 22 bassins versants élémentaires

Encadré 1 : Les effets du changement climatique sur les principales cultures selon les résultats de l'étude Climator-INRA (Futur Proche (2020-2049) comparé au Passé Récent – (1970-1999) – Synthèse des résultats pour le Sud-Ouest :

Maïs : on prévoit un raccourcissement du cycle : la floraison est anticipée de 7 à 10 jours ; les besoins en irrigation augmentent jusqu'en 2070. Les semis sont avancés, de l'ordre de 1 jour / 4 ans (maïs simulé irrigation 80 % du besoin ETM). La récolte se fait en moyenne dans de meilleures conditions avec des frais de séchage réduits. A Toulouse, sans changement de date de semis, selon les variantes de scénarios climatiques et les variétés, le besoin en irrigation augmente de 24 mm à 83 mm. L'avancée de la date de semis n'aurait pas d'effet sur le besoin global en eau d'irrigation.

Sorgho : le besoin en irrigation augmente, le sorgho pluvial pourrait disparaître, remplacé par du sorgho irrigué à 50 % du besoin ETM (besoin d'irrigation inférieur au maïs d'environ 50 mm). On prévoit un raccourcissement du cycle (plante C4), la floraison étant anticipée de 7 à 10 jours, selon la somme des températures. Le système racinaire est plus profond que le maïs. A l'horizon 2050, l'écart de rendement avec le maïs varie peu, au-delà il a tendance à diminuer.

Tournesol : peu de changements. Les semis seront avancés et pourront avoir lieu dès la fin du mois de mars. Le besoin en irrigation augmente, dans le sud-ouest le tournesol pluvial sera fortement pénalisé. Sans irrigation la variabilité interannuelle des rendements augmente. Il y a une anticipation des stades : floraison de 4 à 6 jours par °C, et de 7 à 12 jours par °C pour la récolte.

Blé : On constate un décalage de la période d'irrigation qui débute environ 1 décade plus tôt. Le besoin global d'irrigation est en augmentation. Selon les variétés, il faut de 40 à 80 jours de besoin en vernalisation, avec une température moyenne inférieure à 10°C. La durée levée-floraison est fonction du photopériodisme, ce qui limite l'effet de l'augmentation des températures sur le raccourcissement du cycle : environ 1 décade. Il faut éviter le gel (<-4,5°C) au début de la montaison (épi 1 cm). L'échaudage (T > 25 °C) a pour conséquence l'arrêt de la croissance des grains. Le blé dur a des besoins moindres en vernalisation et est moins sensible au stress hydrique, son cycle est plus court, le changement climatique a plutôt un effet d'augmentation des rendements. Avec le CC, les meilleurs résultats sont obtenus avec des semis plus précoces.

Prairies : augmentation de la production d'herbe au printemps, diminution en été.

Colza : le risque de gel est atténué. Les difficultés d'implantation du colza en fin d'été risquent de s'accroître à cause de la sécheresse et peuvent conduire à un décalage des semis (de plus de 20 jours !) pénalisant pour la culture. L'utilité d'une irrigation starter (début octobre) sera plus fréquente.

Effets sur les rendements des grandes cultures à variété constante en T/ha

	Blé	Maïs	Sorgho	Vigne	Pin	Féruque
Bordeaux	ns	-0,901	-0,766	+0,152	-0,18	ns
Toulouse	1,284	-0,973	-0,728	-0,455	-0,42	-0,65
Rdt moyens 2008	6,0	8,5	5,5	9,0		7,0

Source : Climator (INRA)

Vigne : augmentation du besoin en irrigation. La stratégie « économe » consiste à irriguer pour maintenir le ratio ETR/ETM à au moins à 0,3. Sur Toulouse on constate un risque de dégradation du ratio ETR/ETM, par contre ce risque paraît limité sur Bordeaux où les quelques pluies estivales réduisent le déficit. La valeur (P-ETo) annuel < 200 mm est un bon indicateur du risque de stress hydrique de la vigne.

NB : ET, ETP, ETM, ETR et ETo : l'Evapotranspiration représente la part d'eau qui part du sol et des plantes vers l'atmosphère. Elle s'exprime de différentes manières : P pour potentielle, R pour réelle, M pour maximale et ETo pour évapotranspiration de référence.

Vigne : vers une extension de l'irrigation ?

Les vignobles sont souvent implantés dans des zones régulièrement soumises à des déficits hydriques. Mais la vigne possède un système racinaire capable d'aller chercher l'eau à grande profondeur, et la viticulture utilise un ensemble de techniques pour favoriser l'infiltration des précipitations, réduire l'évaporation du sol (mulch...) et la transpiration... Une restriction hydrique modérée est utilisée pour piloter le développement végétatif, le rendement et la qualité, et limiter certains risques sanitaires. Certains vignobles sont cependant exposés à des risques de sécheresse excessive ; c'est le cas notamment en zone méditerranéenne, où la reconstitution hivernale de la réserve en eau du sol n'est pas garantie, et sur sols superficiels.

Les sécheresses récurrentes posent le problème de l'irrigation. Cette pratique est interdite par la réglementation actuelle, qui prévoit cependant des possibilités de dérogations, en fait difficiles et lourdes à obtenir. Pourtant, certaines appellations méridionales prévoient l'irrigation dans leurs décrets, et environ 40 000 ha de vignobles seraient irrigués en France (soit 4,7 % des surfaces en production en 2005). La situation est toutefois en train d'évoluer : l'INAO (pour les AOC) et ONIVIN (pour les vins de table et de pays) tentent de faire assouplir et rendre plus applicables les règles d'irrigation.

Le caractère très inégal de la disponibilité de la ressource en eau dans les régions viticoles où l'irrigation se justifie impose une gestion économe de l'irrigation. La maîtrise de l'irrigation déficitaire est plus difficile dans un contexte français marqué par une forte variabilité climatique interannuelle, que dans les régions du monde (Chili, Australie...) présentant systématiquement une sécheresse prolongée pendant le cycle de la vigne ; c'est toutefois de ces régions que viennent la plupart des références en matière de gestion de l'irrigation en viticulture.

Une autre question se pose à moyen terme : le réchauffement climatique est déjà responsable de l'avancement de dates de vendange de près d'un mois en 50 ans dans certaines régions. Or le décalage des cultures vers le nord ou des altitudes plus élevées n'est pas possible dans le cadre des AOC, attachées par définition à un terroir.

Source : rapport sécheresse INRA

Avec le niveau de précision possible par la modélisation, les **prélèvements industriels** ont été considérés comme négligeables par rapport aux autres besoins, mais satisfaits dans tous les cas. Un effort d'économie « tendanciel » en **eau domestique** a été retenu puisque cette hypothèse faisait consensus.

Les réserves en eau stockées en 2050 diffèrent légèrement par rapport à la situation de 2012. Les capacités des barrages hydroélectriques et des retenues collinaires sont maintenues constantes. La convention de réalimentation estivale à partir de barrages hydroélectriques est revue à la baisse par rapport au niveau actuel, du fait d'un contexte énergétique tendu en 2050. Les barrages de soutien d'étiage sont en augmentation en 2050 par rapport à aujourd'hui, du fait de la création d'ouvrages prévus dans le cadre de la réforme des volumes prélevables. Ainsi, on dispose **en 2050, des ressources stockées** suivantes :

- Barrages hydroélectriques (stable) : 1 118 Mm³ ;
- Barrages de soutien d'étiage (en augmentation) : 324 Mm³ ;
- Barrages mixtes (en baisse) : 118 Mm³ ;
- Retenues collinaires (stable) : 224 Mm³ ;

L'hypothèse d'une solidarité entre sous-bassins persiste : l'hypothèse de gestion par grand bassin (Lot, Tarn-Aveyron, Neste, Garonne...) a été conservée.

L'ensemble de ces hypothèses a été discuté en ateliers participatifs et est détaillé (par sous bassin élémentaire) dans les tableaux de l'annexe 6.2. Pour 2050, les résultats seront présentés pour le grand bassin et au pas de temps mensuel. Pour construire les images de 2050, les hypothèses ont été tellement nombreuses qu'il ne faut accorder à la modélisation que le crédit des ordres de grandeur : l'étude n'est pas là pour prédire précisément un débit ou un déficit pour le futur. Néanmoins, le consortium de bureau d'études s'est adjoint l'expertise d'un hydrologue pour garantir la robustesse de la phase de modélisation. Son avis est retranscrit dans l'encadré 2, ci-après.

Encadré 2 : Avis de l'expert scientifique Eric Sauquet, hydrologue à IRSTEA, UR HHLY, Lyon-Villeurbanne, consultant du consortium du bureau d'études

L'étude Garonne 2050 a bénéficié des derniers développements de la recherche pour l'étude de l'impact du changement climatique. Elle s'est nourrie des projections climatiques et hydrologiques réalisées dans le cadre de l'étude nationale Explore2070 (Chauveau et al., 2013) pour le compte du Ministère en charge de l'Ecologie, qui visait l'élaboration de stratégies d'adaptation dans le domaine de l'eau sur l'ensemble du territoire. Les simulations réalisées par Météo-France dans le cadre d'Explore2070 ont été ré-exploitées : Garonne 2050 et Explore 2070 partagent donc la même vision de l'évolution de l'hydrologie naturelle de la Garonne à l'horizon 2046-2065. Signalons que les tendances projetées sont également comparables à celles identifiées dans le projet RDT Imagine2030 (Hendrickx et Sauquet, 2013), centré sur le bassin de la Garonne à Lamagistère, obtenues avec d'autres outils de simulation. L'assise scientifique des modélisations hydro-climatiques de Garonne 2050 est solide et reflète l'état des connaissances actuelles. Un des points forts à souligner est la gestion d'une partie des incertitudes inhérentes à l'utilisation d'une chaîne de modélisation. Le consortium en accord avec l'Agence de l'eau a pu intégrer les incertitudes portant sur l'évolution du climat à grande échelle (porté par les modèles climatiques GCMs) en considérant sept projections climatiques.

Références :

Chauveau M., Chazot S., Perrin C., Bourgin P.-Y., Sauquet E., Vidal J.-P., Rouchy N., Martin E., David J., Norotte T., Maugis P. & de Lacaze X. (2013). Quels impacts des changements climatiques sur les eaux de surface en France à l'horizon 2070 ? La Houille Blanche, 4 : 5-15, doi: 10.1051/lhb/2013027.

Hendrickx F. & Sauquet E. (2013). Impact of warming climate on water management for the Ariège river basin (France). Hydrological Sciences Journal, doi: 10.1080/02626667.2013.788790.

Un objectif pédagogique était assigné à l'étude : permettre l'apprentissage de l'incertitude. Aussi, conserver par la suite, au-delà du chiffre moyen, la variabilité liée aux modèles climatiques est un choix.

3. Les grandes familles de scénarios et leurs déterminants

Cette partie est consacrée à l'analyse des résultats de simulation. Dans un premier temps les simulations n'ont consisté qu'à faire varier le déterminant principal : **le niveau de compensation choisi face à l'évolution de l'hydrologie naturelle**. Dans un second temps, on a fait varier les paramètres agricoles : **le niveau de prélèvements en rivière pour l'irrigation, l'évolution de l'assolement** vers des cultures moins gourmandes en eau. Pour faciliter l'analyse, tous les autres paramètres ont été fixés aux niveaux annoncés précédemment : l'hydrologie naturelle réduite de moitié en période d'étiage en 2050, les capacités de stockage, le niveau de soutien d'étiage issu des ressources dédiées à l'hydroélectricité et la demande domestique et industrielle.

Après simulation, il en résulte, à l'échéance 2050, **un déséquilibre entre besoins et ressources en eau de surface** que nous avons appelé **déficit**. Cela représente la quantité d'eau nécessaire, en plus de l'existant, naturel ou stocké, pour répondre aux besoins, qu'ils soient anthropiques ou liés au niveau d'eau en rivière.

Ce déficit annuel simulé a été reconsidéré, à la baisse, car les lâchers hydroélectriques, réalisés classiquement hors période d'étiage, en automne et hiver, n'ont pas été pris en compte dans la modélisation, centrée sur la période d'étiage. En 2050, ces lâchers combleront une partie du déficit automnal, la période d'étiage s'allongeant jusqu'en novembre ou décembre. Même si la modélisation a été effectuée au **pas de temps mensuel**, les résultats sont, le plus souvent, exprimés en moyenne annuelle **pour une année quinquennale sèche** (8 années sur 10, ce volume d'eau estimé serait suffisant pour satisfaire tous ces usages). L'analyse des données moyennes et décennales est développée en annexe 6.5.

On considère dans cette partie **le bassin de la Garonne dans son ensemble**. La figure 10 permet une vision d'ensemble. Des résultats plus détaillés, exprimés par grand sous-bassin (Lot, Tarn/Aveyron et Garonne/Ariège/Rivières de Gascogne) sont disponibles en annexe 6.4.

3.1 Impact sur le déficit du niveau de compensation de la baisse des débits naturels

3.1.1 Compenser « a minima »

Si on décide de compenser a minima, en faisant le choix d'avoir des objectifs d'étiage reflétant l'hydrologie du futur sous influence du changement climatique (laisser faire la nature et ne disposer que de 120 Mm³ de soutien d'étiage issu des réserves hydroélectriques), le débit de 2050 serait réduit de moitié par rapport au DOE actuel. Dans ce cas, et malgré l'hypothèse des 120 Mm³ de soutien d'étiage issu des ressources hydroélectriques, un déséquilibre persiste entre besoins et ressources : en valeur quinquennale, il est de l'ordre de **90 Mm³ (valeur comprise entre 50 et 180 Mm³)**. Ce déficit, une fois les lâchers d'eau hivernaux comptabilisés s'établit à **75 Mm³ (valeur comprise entre 25 et 160 Mm³)**.

En complément, le scénario intégrant la baisse des volumes prélevables agricoles à 80 % des volumes actuels réduirait ce déficit de 20 Mm³ (**moyenne**

à **50 Mm³, comprise entre 5 et 140 Mm³**). Ce niveau d'économie d'eau agricole, en plus de la réduction des consommations domestiques proposée en hypothèses, ne suffit pas à régler le problème. Il faut une baisse beaucoup plus drastique des prélèvements agricoles en rivières pour revenir à un équilibre sans création de réserves nouvelles (voir Paragraphe 3.3.3).

3.1.2 Compenser totalement

Le choix de maintenir en 2050 le niveau des DOE actuels, induit, compte tenu de l'hydrologie du futur, un déficit estimé en première analyse à 880 Mm³ (valeur comprise entre 600 et 1300 Mm³). Cette valeur annuelle est ramenée à 760 Mm³ (valeur comprise entre 480 et 1200 Mm³), en intégrant les lâchers d'eau à des fins de production hydroélectrique hivernale, à partir de novembre.

Pour répondre à ce choix ambitieux de maintien des objectifs actuels en 2050 compensant les effets du changement climatique, il faudrait trouver de l'ordre de **760 Mm³** supplémentaires par rapport à l'existant.

Les étiages étant devenus en 2050 plus précoces, plus sévères et plus longs qu'aujourd'hui, les volumes en jeu pour soutenir en 2050 un débit objectif d'étiage du même niveau qu'aujourd'hui apparaissent hors de portée, sinon extrêmement difficiles à soutenir. En effet, cette valeur est à mettre au regard des **350 Mm³** de réserves construites de 1980 à nos jours (soit 30 ans) sur l'ensemble du bassin Adour-Garonne dans des conditions réglementaires, économiques et sociales plus favorables qu'à l'heure actuelle (voir Annexe 6.2).

3.1.3 Compenser partiellement

Le choix de compenser pour moitié les effets du changement climatique en maintenant un débit en 2050 équivalent à 75 % de celui d'aujourd'hui induit un niveau de déficit, toutes choses égales par ailleurs, de l'ordre de 380 Mm³ (valeur comprise entre 200 et 700 Mm³). En intégrant les lâchers d'eau hivernaux, la valeur repère à retenir est **335 Mm³** (valeur comprise entre 150 et 650 Mm³).

On observe donc qu'à l'avenir, sans actions supplémentaires, même avec une révision drastique des DOE, l'équilibre offre-demande ne sera pas atteint tous les ans. Ce résultat s'explique à la fois parce que l'on part d'une situation actuelle connaissant déjà un déficit résiduel, et parce qu'à l'avenir la variabilité du climat risque de s'accroître, ne permettant pas de garantir systématiquement un débit objectif, même faible, et ce malgré une certaine sobriété de la demande imaginée par les acteurs (usages domestique et agricole).

L'ensemble de ces résultats seraient encore aggravés si une partie du soutien d'étiage ne pouvait plus s'effectuer à partir des réserves dédiées à l'hydroélectricité. L'hypothèse retenue comme consensuelle dans l'exercice a été de baisser ce volume dédié de 160 à 118 Mm³ mais certains imaginaient possible de ne plus disposer de ces conventions à l'avenir, du fait du rôle stratégique de la production électrique de ces ouvrages l'hiver, pour répondre à la pointe de la demande, en situation énergétique tendue.

Rappelons qu'une partie des déficits est due à un manque d'eau hors période d'irrigation (eau qui serait nécessaire pour satisfaire les débits objectifs), en particulier à l'automne et en début d'hiver. Nous avons fait l'hypothèse qu'une partie de ces déficits pourrait être comblée par les lâchers hydroélectriques opérés classiquement sur ces périodes (et non modélisés). Cette hypothèse permet de faire baisser les résultats des déficits estimés par la modélisation.

3.2 Impact de l'agriculture irriguée sur le déficit

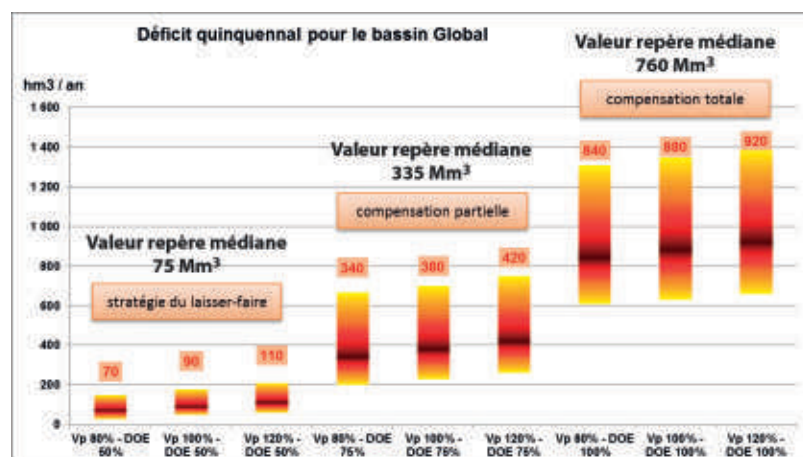
3.2.1 Effet de l'évolution des volumes prélevables sur le déficit

Les résultats précédents faisaient l'hypothèse d'un maintien des volumes prélevables au niveau de 2021, de manière à sécuriser l'activité agricole. Si l'on fait varier cette hypothèse en augmentant de 20 % ces volumes, le déficit augmente logiquement et inversement on note une baisse du déficit, pour l'hypothèse à « VP – 20 % ». Ce qui est intéressant à observer ce sont les proportions dans lesquelles les résultats des simulations varient (figure 10) : l'impact des volumes prélevables est plus faibles que celui de l'évolution de l'hydrologie.

Si la stratégie est de compenser a minima l'évolution naturelle des débits d'étiage (objectif se calant à 50 % du DOE actuel), la diminution ou l'augmentation des volumes prélevables agricoles fait peu varier le déficit global.

Pour un débit objectif en 2050 correspondant à 100 % du DOE actuel (application d'une compensation totale), le déficit moyen de 880 Mm³ passe à 920 Mm³, en augmentant les volumes prélevables agricoles, au niveau de 480 Mm³.

Figure 10 : Estimation du déficit quinquennal en 2050, en fonction du niveau de compensation des débits objectifs d'étiage et des volumes dédiés à l'agriculture

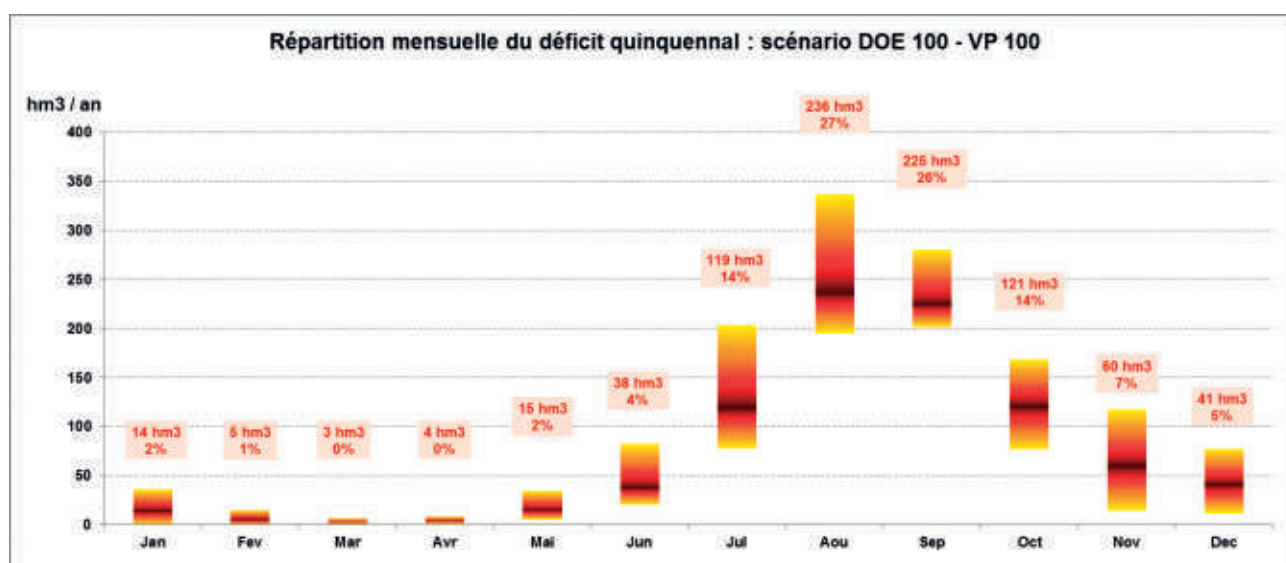


De la même façon, en appliquant une compensation partielle (débit objectif en 2050 fixé à 75 % de celui d'aujourd'hui), l'évolution des volumes dédiés à l'agriculture (entre « VP – 20 % » et « VP + 20 % ») fait varier le déficit global de 340 à 420 Mm³, avec une valeur médiane à 380 Mm³.

Dans les 3 cas, les volumes en jeu, pour répondre à la demande d'irrigation, ont largement moins d'impact sur le déficit global que l'ambition du respect d'un objectif d'étiage.

En analysant les résultats plus en détail (figure 11), la majorité des déficits est due au manque d'eau qui serait nécessaire pour compenser la faiblesse des ruissellements naturels en vue de satisfaire les débits objectifs en aval des bassins versants modélisés. La figure 11 montre que le déficit s'exprime **au maximum en été (juillet à septembre)**, lorsque la demande d'irrigation vient s'ajouter à la faiblesse des débits naturels. Cependant, ce déficit perdure au-delà de la période d'irrigation, jusqu'à la fin de l'automne, ce qui signifie que les débits naturels sont insuffisants lors des automnes les plus secs pour garantir un débit minimum dans les cours d'eau en l'absence de capacités de réalimentation.

Figure 11 : Répartition mensuelle du déficit quinquennal pour le scénario 2



Lorsqu'on diminue le volume prélevable pour l'agriculture, les déficits de juin, juillet et août diminuent mais l'équilibre n'est pas atteint car la période de basses eaux démarre en mai et persiste jusqu'à la fin de l'automne. La réduction des volumes prélevables agricoles à partir des rivières apparaît comme un levier potentiel **mais ne répondra pas à elle seule à l'enjeu d'un retour à l'équilibre entre besoins et ressources** : en 2050, elle ne constitue un levier important d'adaptation au changement climatique, que dans le cadre de la stratégie de la compensation a minima. Il n'en demeure pas moins que si les prélèvements agricoles augmentent, les déficits se creuseront davantage mais pas de façon proportionnelle⁹.

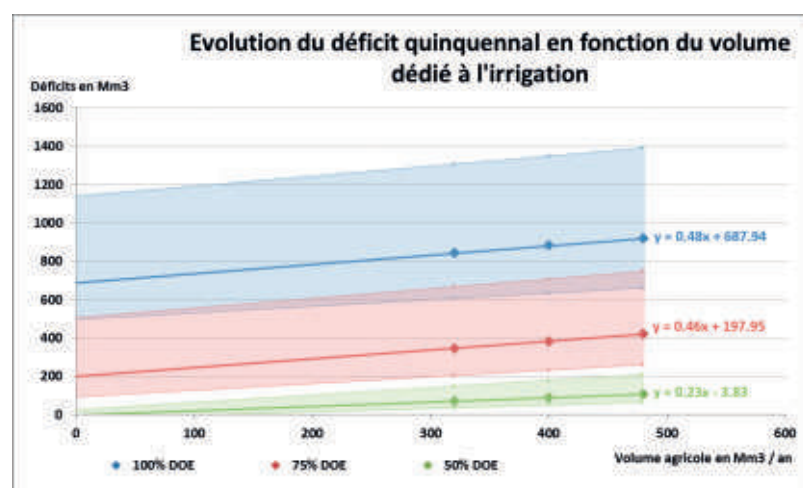
9 L'effet pourrait être réduit en modifiant l'assolement vers plus de cultures d'hiver. L'évolution de l'assolement diminuant

3.2.2 Impact sur le déficit de l'abandon total des prélèvements agricoles en rivières

Pour illustrer cette conclusion, on peut chercher à extrapoler le résultat en imaginant une situation sans irrigation à partir des prélèvements en rivières. Le scénario VP = 0 n'a pas été simulé par le modèle, mais la figure 12 permet une extrapolation graphique, sûrement simplificatrice, le phénomène n'étant pas linéaire.

Cette estimation permet cependant de confirmer la part prépondérante des objectifs environnementaux dans l'expression du déficit, puisque, **à volume prélevable agricole nul, les déficits restent significatifs dans les scénarios à objectif de compensation totale ou partielle.**

Figure 12 : Évolution du déficit quinquennal en 2050, en fonction des volumes dédiés à l'agriculture irriguée à partir des rivières



3.2.3 Impact sur le déficit d'un changement important d'assolement

La dernière série de simulations a permis d'estimer les économies réalisables en décalant dans le temps la demande agricole vers le printemps plutôt que l'été, période critique. Le test a concerné une évolution de 30 % des surfaces.

À volume prélevable constant (par exemple VP de 2050 équivalent au VP actuel), **l'économie engendrée par ce changement de la sole irriguée est de l'ordre de 10 Mm³**. L'évolution de l'assolement vers des cultures d'hiver nécessitant de l'irrigation au printemps et non l'été semblait une mesure d'adaptation envisageable par les agriculteurs afin de limiter les problèmes de prélèvements en juillet-août.

En 2050, cette solution permet de réduire de manière peu significative la demande. Rappelons que les besoins en eau des cultures seront supérieurs et les cycles décalés vers le début de saison. En parallèle, les rivières ne seront plus autant alimentées par la fonte des neiges en mai et juin. Au final, **l'évolution de l'assolement** moyen vers plus de cultures d'hiver, irriguées en fin de printemps, est une mesure qui va dans la bonne direction

de 30 % les cultures d'été permet 10 millions de m³ d'économie voir § 3.2.3.

(économie globale d'eau) mais qui, à elle seule, **n'est pas un levier suffisant pour satisfaire l'équilibre entre besoins et ressources.**

3.3 Ce qu'il faut retenir, en résumé

Pour conclure cette première analyse, il est proposé de revenir sur les quelques valeurs repères parmi l'ensemble des résultats permis par la modélisation.

La décision liée au niveau de **compensation de l'évolution des débits** apparaît comme le **déterminant principal** qui explique l'ampleur des déficits en 2050. Aussi, par souci didactique pour la suite, seuls trois scénarios médians, faisant varier le niveau de compensation de la baisse des débits naturels (mais maintenant le volume prélevable agricole à 400 Mm³) seront détaillés.

Les simulations n'ont pas tenu compte des lâchers hydroélectriques réalisés classiquement hors période d'étiage et d'irrigation, en automne et hiver. Le Tableau 6 présente, pour ces trois familles de scénarios, les déficits simulés et les déficits restant si on déduit logiquement ces déstockages hydroélectriques.

Tableau 6. Déficit des scénarios médians après correction des résultats simulés (en Mm³)

Scénarios : Déficit [min-max]	Scénario 1 Compenser a minima (50 % DOE)	Scénario 2 Compenser totalement (100 % DOE)	Scénario 3 Compenser pour moitié (75 % DOE)
Déficit en sortie de simulation	90 [40 - 180]	880 [600 - 1 300]	380 [200 - 700]
Déficit corrigé incluant des déstockages hydroélectriques automnaux et hivernaux	75 [25 - 160]	760 [480 - 1 200]	335 [150 - 650]

Ces valeurs repères médianes sont des ordres de grandeur, sur lesquels se fondent les scénarios littéraires, évoqués plus loin. Ces déficits sont systématiquement fournis avec une fourchette exprimant la variabilité des résultats liés à la variabilité des modèles climatiques utilisés en entrée.

4. Trois images du futur

Dans ce chapitre, nous proposons une interprétation scénarisée et littéraire des différentes hypothèses et résultats simulés resitués dans leur contexte territorial et politique. Les scénarios littéraires consistent à « raconter les images de 2050 » en :

- rappelant l'estimation du déséquilibre, du déficit quinquennal entre besoins et ressources, en fonction du niveau d'ambition de compensation de la baisse des débits naturels ;
- rappelant les hypothèses d'économies d'eau réalisées, à la fois dans le domaine domestique et agricole ;
- expliquant les arbitrages proposés pour combler le déficit et répondre à l'enjeu d'équilibre entre offre et demande en eau (économies d'eau, création de nouvelles réserves, sollicitation nouvelle ou modification de la gestion des barrages hydroélectriques). Les solutions proposées restent assez conventionnelles car les options en rupture sont difficilement évaluables aujourd'hui (en termes de m³ et de coût par exemple) ;
- décrivant de manière qualitative les principales conséquences prévisibles en termes de qualité de l'eau, risques sanitaires, impacts économiques et sociaux. Dans ce domaine, les impacts économiques n'ont pas fait l'objet d'une réelle évaluation. Le cadre du présent exercice de prospective ne permet pas une estimation précise des coûts directs et indirects. Pour autant, le comité de pilotage a souhaité qu'apparaissent des ordres de grandeur qui permettent de comparer les scénarios entre eux, mais qu'il convient de prendre avec précaution.

4.1 Rappel des hypothèses

4.1.1 Les hypothèses communes à tous les scénarios

Pour tous les scénarios présentés, la demande en eau potable et la demande industrielle en 2050 sont identiques. Une hypothèse de soutien d'étiage issu de réserves dédiées à l'hydroélectricité est aussi commune aux trois scénarios.

Eau potable : les économies d'eau compensent l'augmentation de la population

Dans tous les scénarios, les décideurs politiques locaux prennent au sérieux cette évolution à la baisse de l'hydrologie naturelle des rivières et garantissent les besoins en eau potable tout en promouvant des économies d'eau dans ce secteur. Des efforts de sensibilisation concernant la rareté de la ressource permettent des économies. En premier lieu, dans tous les scénarios, une politique d'aménagement urbain est mise en place : les centres des villes sont densifiés par rapport à aujourd'hui et sont conçus pour améliorer l'efficacité en énergie et en eau, tout en préservant le confort notamment l'été ; les pertes de réseaux sont réduites. Les incitations financières et les avancées technologiques permettent une baisse de la demande des ménages, limitée cependant par la nécessité d'eau dite de confort lors des canicules estivales (de 150 à 130 l/j/hab). L'ensemble de ces efforts permet de compenser l'effet de l'augmentation tendancielle de la population

(5,5 millions d'habitants) sur la demande et d'avoir une demande en AEP stable par rapport aux niveaux de prélèvements actuels.

Demande constante en industrie

La **demande industrielle** reste également **stable** et n'impacte pas vraiment le bilan moyen offre/demande à cette échelle. La demande en eau pour l'hydroélectricité reste identique à aujourd'hui.

120 millions de m³ de soutien d'étiage issus des réserves hydroélectriques

Des **accords de soutien d'étiage provenant de déstockage d'été de réserves hydroélectriques** demeurent en 2050 même s'ils sont réduits en volume par rapport à aujourd'hui (**120 Mm³** en 2050 contre 163 Mm³ aujourd'hui¹⁰) car seuls ont été conservés des volumes inscrits dans les concessions. Ces lâchers font l'objet d'une compensation financière dont la méthode de calcul a été adaptée lors du renouvellement des concessions (base de 6,5 c€/m³ contre 5 c€/m³ aujourd'hui en moyenne avec la méthode actuelle)¹¹. En 2050, dans un contexte énergétique tendu, cela est plus onéreux que le principe actuel du partage des charges mais moins coûteux que l'estimation du préjudice énergétique.

4.1.2 Les hypothèses qui diffèrent selon les scénarios

En complément de ce niveau de **soutien d'étiage issu des réserves hydroélectriques**, des volumes supplémentaires sont susceptibles d'être affectés en période d'étiage selon les scénarios, tout en maintenant la puissance électrique produite.

Pour l'agriculture, les prélèvements en rivière varient, selon les scénarios, de 0 à plus de 400 Mm³. L'hypothèse la plus fréquente consiste à stabiliser les volumes prélevables à partir de 2021 (soit 400 Mm³) et ainsi à sécuriser l'activité agricole.

Ne sont détaillés ici que les 3 scénarios médians retenus par le comité de pilotage qui, par souci didactique, souhaite attirer l'attention sur le choix ayant le plus d'impact : **le niveau de compensation par rapport à l'évolution de l'hydrologie naturelle**.

Ainsi, à l'échéance 2050, il est décidé de :

- Scénario 1 : compenser a minima ;
- Scénario 2 : compenser totalement ;
- Scénario 3 : compenser partiellement (pour moitié) les baisses des débits naturels.

¹⁰ À l'heure actuelle les conventions de déstockage sont de 163 Mm³ pour un coût annuel supérieur à 3 millions d'euros ; les estimations financières pour 2050 restent des hypothèses.

¹¹ De nombreuses discussions n'ont pas forcément abouti à un consensus sur ces aspects financiers. À titre d'information : aujourd'hui sur l'axe Garonne, 17 Mm³ sont attribués au titre du partage des charges [4,3 cts €/m³ – source SMEAG] et 34 Mm³ sont attribués au titre du préjudice énergétique [8,6 cts €/m³ – Source SMEAG].

Tableau 7 - Résumé des 3 principaux scénarios et de leurs différentes composantes

Objectif politique	Ampleur du Déficit quinquennal 2050 en Mm³	Options	QUELS ARBITRAGES ?		QUELLES CONSÉQUENCES ? ENVIRONNEMENT		SOCIAL-ECONOMIE			
			Demande d'irrigation à partir des rivières	Offre supplémentaire de soutien d'étiage (en plus des 120 Mm³)	+	—	+	—		
SCÉNARIO 1 Compenser à minima la baisse naturelle des débits Débit minimum du futur = 50% DOE actuel	75 Mm³ (25-160)	Miser principalement sur l'augmentation de l'offre, en mobilisant des solutions éprouvées	 Vp2050 = 400 Mm³ Irrigation en rivière maintenue à son niveau de 2021	 Création de réserves dédiées supplémentaires 75 Mm³	 Artificialisation du bon fonctionnement des milieux aquatiques Qualité eau non dégradée Problèmes sanitaires limités	• Bouchon vaseux renforcé • Disparition des migrateurs amphihalins et des zones humides aquatiques • Vulnérabilité des milieux • Problème de qualité, moindre dilution des rejets • Risques sanitaires	Politique de restauration : coûts stables Agriculture : Limitation des pertes de valeur ajoutée agricole Maintien d'une économie + emplois agricoles	Eau potable et assainissement : surcoûts Agriculture : - 35 000 ha irrigué - 10 M€/an de perte directe de VA agricole Autres activités : très forte baisse du chiffre d'affaires Soutien d'étiage : 8 M€/an de déstockage Création d'ouvrages : 375 M€		
				 Réaffectation des réserves hydroélectriques 760 Mm³						
				 0 Mm³						
SCÉNARIO 2 Compenser totalement la baisse naturelle des débits Débit minimum du futur = 100% DOE actuel	760 Mm³ (480-1 200)	Option 1 Aubaine technologique	 Vp2050 > 400 Mm³ Augmentation des prélèvements en rivière pour l'irrigation	 400 mm³	 Artificialisation du bon fonctionnement des milieux aquatiques Qualité eau non dégradée Problèmes sanitaires limités	Bouchon vaseux maintenu	Agriculture : Développement des productions irriguées Maintien voire développement de la valeur ajoutée agricole et des emplois	Soutien d'étiage : 45 M€/an de déstockage (partage des charges) Agriculture : - 35 000 ha irrigué - 10 M€/an de perte directe de VA agricole Soutien d'étiage 34 M€/an déstockage		
				Option 2 Un coût réduit par le lissage des pointes de la demande électrique					 360 Mm³	
									 260 Mm³	
SCÉNARIO 3 Compenser pour moitié la baisse naturelle des débits Débit minimum du futur = 75% DOE actuel	335 Mm³ (150-650)	Option 3 Une nature construite et la fin de l'irrigation à partir des rivières	 Vp2050 = 0 Mm³ Irrigation en rivière Supprimée Vp2050 = 0 Mm³ (déficit réduit de 200 Mm³)	 2 STEP pour compenser 300 Mm³	 Accompagnement de l'évolution des milieux, Résilience • Evolution progressive des zones humides et de la biodiversité piscicole • Qualité eau non dégradée • Problèmes sanitaires limités	Impacts locaux importants des réserves Modification forte des paysages Bouchon vaseux maintenu Impacts locaux importants des réserves et des STEP Risque de multiplication des réserves individuelles	Limitation des pertes de valeur ajoutée agricole Maintien d'une économie + emplois agricoles	Agriculture : - 35 000 ha irrigué - 10 M€/an de perte de VA agricole Soutien d'étiage 16 M€/an déstockage Investissement STEP 2 Milliards € Création d'ouvrages : 1,5 Milliard €		
				 1 STEP pour compenser 195 Mm³						
				 195 Mm³						

4.2 Présentation des 3 scénarios

Le tableau 7 résume ces trois scénarios et leurs principales conséquences. À la suite de la présentation au comité de bassin de décembre 2013 et pour tenir compte de certains avis, le comité de pilotage a proposé que l'étude puisse également répondre à la question supplémentaire : **peut-on obtenir un équilibre en 2050 sans création de réserves nouvelles ?** : Cette question a été introduite tardivement dans les avis recueillis lors du processus (voir Encadré 3).

4.2.1 Scénario 1 : compenser a minima la baisse naturelle des débits d'étiage

Le choix du scénario face au changement climatique :

Très impactés par le changement climatique, les débits naturels des rivières du bassin de la Garonne correspondent, en 2050, en moyenne à 50 % de ce que l'on connaît aujourd'hui en période d'étiage. Face à cette perspective les décideurs politiques et gestionnaires de la ressource décident d'accepter de s'en tenir à cette baisse de moitié du débit naturel d'étiage. Dans ce cadre, un retour à l'équilibre entre offre et demande (8 années sur 10) nécessite de combler, malgré les 120 Mm³ de soutien d'étiage, un déficit résiduel de l'ordre de 75 millions de m³ en 2050 (valeur comprise entre 25 et 160 Mm³). Ce résultat est du même ordre de grandeur que le déficit structurel dont on parle aujourd'hui.

Les teneurs de l'arbitrage décidé pour combler le déséquilibre :

Il est convenu de miser principalement sur l'augmentation de l'offre, en mobilisant des solutions éprouvées.

L'agriculture ne peut pas compter sur des volumes prélevables supérieurs à ceux de 2021, soit 400 millions de m³ : elle s'est donc adaptée au changement climatique en réduisant les surfaces irriguées de 15 % (35 000 hectares de surface irriguée en moins du fait d'une évapotranspiration et d'une demande climatique croissantes). Les surfaces en maïs grain diminuent, les cultures d'hiver se développent et des cultures moins gourmandes en eau en période estivale sont implantées.

Pour assurer l'objectif décidé, en complément des 120 millions de m³ issus des réserves hydroélectriques qui servent au soutien d'étiage¹² la construction de nouveaux ouvrages dédiés au soutien d'étiage est décidée, à hauteur de 75 millions de m³.

Les principales conséquences de ce choix :

- D'un point de vue environnemental :

Du fait du changement climatique, la baisse, importante et acceptée, du débit annuel et surtout du débit d'étiage a des conséquences directes et lourdes sur les milieux : renforcement du bouchon vaseux dans un estuaire de plus en plus salé, disparition sur l'axe Garonne de la quasi-totalité des migrateurs amphihalins emblématiques du bassin, disparition

¹² « Si en 2050 les réserves hydroélectriques ne sont plus mobilisables pour le soutien d'étiage », du fait d'un contexte énergétique particulièrement tendu... Alors seul le système Neste continuera de bénéficier de réalimentation. Sous cette hypothèse, en maintenant stables les prélèvements agricoles en rivière, il faut construire 150 millions de m³ de réserves pour soutenir l'étiage et permettre d'assurer l'objectif 8 années sur 10.

d'une grande partie des sténothermes froids (truites notamment) et des zones humides sauf très à l'amont des bassins versants. L'ampleur et la rapidité des changements (faible débit des eaux sur une longue période) font aussi apparaître des risques de non-résilience des milieux aquatiques : augmentation forte de la température de l'eau limitant l'oxygène dissous et favorisant le développement d'éléments toxiques, qualité de l'eau se dégradant du fait de la moindre dilution des polluants. Ces conditions rendent la vie aquatique précaire et bouleversent également la végétation des berges et plus généralement les paysages de bord de cours d'eau.

- D'un point de vue socio-économique :

Les usages préleveurs sont relativement sécurisés. Pour le secteur agricole, la perte économique directe est limitée (de l'ordre de 10 % de la valeur ajoutée totale de l'activité sur la zone). Cela représente un manque à gagner de l'ordre de 10 millions d'euros par an par rapport à une valorisation moyenne des années 2010. Les cultures maraîchères et arboricoles ainsi que l'activité semencière sont maintenues ; on note un net recul de la filière maïs grain, et donc d'une partie des productions animales associées. Le faible débit des eaux sur une longue période fait aussi apparaître des contraintes sanitaires fortes, le possible développement de micro-algues toxiques de type cyanobactéries, des mauvaises odeurs en bord de rivière ou l'impossibilité de rafraîchir les villes souffrant du phénomène d'îlot de chaleur urbain... Dans ce contexte, on assiste à une forte augmentation du coût de production de l'eau potable et à des surcoûts liés à la nécessité d'améliorer les performances épuratoires du fait de la baisse de dilution des rejets.

La baisse des débits, notamment sur la période de mai à novembre, fait disparaître une grande partie des services paysagers, récréatifs et économiques sur la Garonne, le territoire du Lot tirant davantage son épingle du jeu, puisqu'historiquement mieux doté en ressources (réserves hydroélectriques et débits réservés). Les loisirs nautiques ne persistent à l'année que sur ce territoire. La vulnérabilité de la pêche, de loisirs ou professionnelle en eau douce, est telle que les activités périssent. La baisse de débit d'eau douce arrivant à l'estuaire et l'augmentation de la température de l'eau ont également de lourdes conséquences sur les activités littorales, notamment conchyliques.

Pour assurer l'équilibre offre-demande, les 120 millions de m³ issus des réserves hydroélectriques et dédiés au soutien d'étiage sont des ressources durables inscrites dans le cahier des charges des concessions et représentent un coût moyen annuel de **près de 8 millions d'euros par an**.

La construction des 75 millions de m³ de réserves supplémentaires par rapport aux années 2010 nécessite un investissement total de l'ordre de 375 millions d'euros¹³.

¹³ La base de calcul est de 5€/m³ contre des valeurs actuelles comprises entre 3 et 6€/m³. Si aucune mobilisation de réserves dédiées à l'hydroélectricité n'est possible en 2050, c'est un investissement de l'ordre de 750 millions d'euros qu'il faudrait prévoir pour constituer 150 millions de m³ de réserves.

4.2.2 Scénario 2: compenser totalement la baisse naturelle des débits d'été

Le choix du scénario face au changement climatique :

Face à la perspective d'un manque d'eau chronique, la prise de conscience est vive et constitue une rupture par rapport à la gestion du passé. Les décideurs politiques et les gestionnaires de l'eau ont l'ambition forte de maintenir en 2050 les débits objectifs d'été d'aujourd'hui, en compensant artificiellement et intégralement ce que la nature ne permet plus, du fait du changement climatique, avec la même option de sobriété de la demande. Il faut compter en moyenne sur une mobilisation de 760 millions de m³ d'eau (valeur comprise entre 480 et 1200 Mm³) pour cela.

Les teneurs de l'arbitrage décidé pour combler le déséquilibre :

Des arbitrages permettent de maintenir artificiellement le débit (annuel et d'été) connu dans les années 2010 et par conséquent de tous les usages, préleveurs ou non, qui y sont associés, jusqu'aux activités estuariennes et littorales. Pour combler le déficit et répondre à l'enjeu d'équilibre entre offre et demande en eau, trois options ont été imaginées.

- Option 1 : « L'aubaine technologique » dans le secteur électrique

Un effort massif est mis en place entre 2015 et 2030 dans la recherche fondamentale et appliquée autour du développement de solutions de stockage de l'électricité. Le verrou technologique finit par sauter et les 1 000 millions de m³ de réserves hydroélectriques principalement turbinés en hiver peuvent être en partie (760 Mm³ en plus des 120 Mm³ acquis par convention) affectés au soutien d'été en été, l'énergie hydraulique devenant nettement moins stratégique.

L'agriculture est moins contrainte et bénéficie d'une affectation supplémentaire permettant même d'augmenter les volumes prélevables alloués en 2021. Cette eau supplémentaire sert notamment à développer le maraîchage et à consolider les productions de légumineuses favorisant l'autonomie en protéines végétales. Il n'en demeure pas moins qu'en fonction des années climatiques, des restrictions existent, nécessitant des adaptations d'assolement tôt en saison.

- Option 2 : « Un coût réduit par le lissage des pointes de demande électrique »

Une autre option pour 2050 repose également sur une forte évolution technologique et organisationnelle dans le domaine de l'énergie : il y a d'abord l'intégration réussie au réseau de distribution d'une forte proportion d'énergies renouvelables intermittentes et locales mais également de fortes économies des consommations d'énergie. En 2050, on parvient surtout à lisser la demande de pointe par la généralisation des contrats d'effacement. Dans cette hypothèse, les volumes réservés à l'hydroélectricité d'hiver pourraient être réduits de moitié. En complément des 120 millions de m³ inscrits dans les concessions, environ 400 millions de m³ pourraient alors être dédiés au soutien d'été.

Les 360 millions m³ supplémentaires, qui seraient nécessaires pour couvrir le déficit de 760 Mm³ pourraient être fournis par la construction d'ouvrages collectifs de stockage supplémentaires, dédiés au soutien d'été, dans

une logique multi-usages. Cet effort d'aménagement est du même ordre de grandeur que ce qui a été construit sur le bassin ces 25 dernières années dans un contexte politique, économique, social et environnemental sans doute plus favorable. Il n'est d'ailleurs pas certain que l'on puisse trouver, sans impacts majeurs, des sites favorables à la hauteur de cette ambition. En 2050, le risque de non remplissage annuel de l'ensemble des réserves est grand : la gestion pluriannuelle de ces ouvrages doit être instaurée, l'objectif du débit minimum en rivière et le niveau de volume prélevable par l'agriculture ne sont pas assurés 8 années sur 10.

Dans ce contexte, l'agriculture ne peut compter, au mieux, que sur les volumes prélevables de 2021, soit 400 millions de m³ : elle s'est donc adaptée au changement climatique en réduisant les surfaces irriguées de 15 % (35 000 hectares de surface irriguée en moins de fait d'une évapotranspiration et d'une demande climatique croissantes). Les surfaces en maïs grain diminuent, les cultures d'hiver se développent et des cultures moins gourmandes en eau en période estivale sont implantées.

- Option 3 : « Une nature construite et la fin des prélèvements agricoles en rivières »

Une dernière variante envisagée pour arriver à cet objectif de compensation totale consiste à combiner 3 solutions assez « radicales ». En premier lieu, on interdit tout prélèvement agricole en rivière, ramenant à 0 les volumes prélevables pour l'irrigation à partir des cours d'eau (qui en 2021 étaient de 400 millions de m³). Pour autant, le déficit persiste et reste en moyenne de l'ordre de 560 millions de m³¹⁴. Pour le combler, il est décidé de créer des réserves dédiées au soutien d'étiage à hauteur de 300 millions de m³. En parallèle, il est décidé d'inscrire dans le cahier des charges des concessions hydroélectriques 260 millions de m³ en complément des 120 millions acquis par convention. En contrepartie, pour faire face à une demande croissante de cette forme renouvelable d'énergie, deux stations de transfert d'énergie par pompage sont construites sur le bassin, permettant d'assurer le même niveau de production de puissance électrique. Faute de volumes prélevables en rivières, l'agriculture se tourne vers des productions moins dépendantes de l'irrigation. Il n'est pas exclu que se développent, dans ce contexte, des comportements individuels opportunistes de producteurs qui décident de prélever sans autorisation dans les nappes souterraines ou de construire sur fonds propres des petites retenues sur leurs terres.

Les principales conséquences de ce choix :

- D'un point de vue environnemental :

Cette compensation totale des débits favorise artificiellement le « bon fonctionnement » des milieux. La création d'ouvrages de stockage limite les risques de certaines crues mais leur construction a des impacts environnementaux locaux importants. La qualité de l'eau n'est pas dégradée par manque de dilution, l'effet de l'augmentation de la température est modulé par les débits. La politique de restauration des fonctionnalités des milieux des années 2010-2020 porte ses fruits (maintien des services

¹⁴ L'abandon des prélèvements agricoles en rivière ne réduit pas de façon proportionnelle le déficit. Seuls les déséquilibres des mois de juin, juillet et août sont comblés. Conformément aux résultats de la figure 12, dans le cadre d'une compensation totale de l'évolution de l'hydrologie, en réduisant les volumes prélevés de 400 Mm³, on réduit le déficit de 200 Mm³.

éco-systémiques « contrôlés » par le génie écologique) : les zones humides, les migrateurs et un bon nombre de sténothermes froids persistent. Bien que l'évolution des débits soit compensée en moyenne et en période d'étiage, le bouchon vaseux risque de persister, du fait de la diminution de la fréquence et de l'intensité des crues.

- Les conséquences socio-économiques évoluent fortement selon les différentes variantes de ce scénario :

La compensation totale des débits permet de maintenir une grande partie des services paysagers, récréatifs et économiques sur la Garonne, alors que les conditions de vie sont globalement rendues plus rudes par l'évolution du climat, notamment en été. Les loisirs nautiques et la pêche de loisirs se développent du fait d'un tourisme plus local. La pêche professionnelle en eau douce et sur le littoral, les activités aquacoles et piscicoles et la conchyliculture, bien que fragilisées dans les années 2010-2015, résistent assez bien.

Les contraintes sanitaires sont limitées et l'eau joue un rôle de tout premier plan au sein des villes devant lutter contre les îlots de chaleur l'été. Globalement, il y a peu d'évolution dans la politique et dans les investissements concernant l'assainissement et la production d'eau potable. Les conséquences pour le secteur agricole dépendent de l'option retenue. Si l'agriculture peut bénéficier de l'effet d'aubaine technologique dans le domaine de l'énergie (option 1) rendant moins stratégiques les réserves hydroélectriques, la sole irriguée pourrait augmenter. Dans le cas de cette option, la valeur ajoutée produite augmente mais reste très variable d'une année sur l'autre, en fonction de la disponibilité de la ressource.

Si les prélèvements agricoles en rivière sont maintenus à 400 Mm³ (option 2), comme pour le scénario 1, l'activité est sécurisée, la perte économique directe du secteur agricole étant estimée, toutes choses égales par ailleurs, à 10 millions d'euros par an par rapport à une valorisation moyenne des années 2010.

Les conséquences de l'option 3, interdisant les prélèvements en rivières, dépendent des solutions technologiques, agronomiques ou génétiques qui seront à disposition de la profession agricole en 2050. Sauf si l'on assiste à une véritable révolution technologique et socio-économique qui permette une agriculture non dépendante à l'eau et performante (dont on ne voit pas les signaux aujourd'hui – voir encadré 3), le plus probable est que le manque à gagner direct soit aux environs de 60 millions d'euros par an par rapport à aujourd'hui. L'irrigation provenant des lacs collinaires serait réservée, en priorité dans la mesure où les conditions pédo-climatiques le permettent, aux cultures maraîchères et arboricoles, ainsi qu'à une partie de l'activité semencière. L'aléa pour les productions pluviales reste grand, les résultats économiques variant fortement en fonction de l'année climatique. Certains comportements opportunistes de producteurs pourraient se développer en différents points du bassin : ils cherchent à limiter les aléas en prélevant « discrètement » dans les nappes ou en construisant sur fonds propres des petites retenues sur leurs terres pour capter/capturer l'eau de pluie.

Pour assurer l'équilibre offre-demande à ce niveau d'ambition, il faut mobiliser pour le soutien d'étiage, en complément de l'hypothèse des 120 Mm³,

entre 260 et 640 millions de m³ issus des réserves hydroélectriques. La valeur de cette eau est variable selon l'évolution technologique, le coût de l'énergie en 2050 et les arbitrages rendus au niveau politique. Avec la nouvelle méthode de calcul qui a été adoptée lors du renouvellement des concessions, la compensation financière pourrait s'élever selon les options, entre 25 et 38 millions d'euros par an. L'investissement pour construire les deux stations de transfert d'énergie par pompage nécessaires au maintien de la puissance électrique (entre 2000 et 2500 MW) est de l'ordre de 2 milliards d'euros. En parallèle, la construction des 300 à 360 millions de m³ de réserves supplémentaires par rapport aux années 2010 nécessite un investissement total de l'ordre de 1,5 à 2 milliards d'euros (base de 5€/m³).

4.2.3 Scénario 3 : compenser pour moitié la baisse naturelle des débits d'été

Le choix du scénario face au changement climatique :

L'ambition du scénario 2 de maintenir en 2050 le Débit Objectif d'Étiage des années 2010 apparaît inaccessible aux décideurs. Le choix du scénario 1 de laisser faire la nature leur paraît à l'inverse très risqué, notamment en termes de bien-être social (production d'eau potable, préservation des milieux et activités économiques associées). Cette analyse de la vulnérabilité rend nécessaire des arbitrages qui permettent de préserver un certain cadre de vie, la plupart des usages, préleveurs ou non, et la vie aquatique mais ni forcément sur l'intégralité du bassin de la Garonne, ni forcément 8 années sur 10...

On décide, dans ce scénario 3, de réduire progressivement les débits objectifs d'été et de compenser partiellement l'hydrologie naturelle impactée par le changement climatique, là où cela s'avère possible. Pour satisfaire cet objectif il est nécessaire de trouver de l'ordre de 335 millions de m³ (valeur comprise entre 150 et 650 Mm³), en combinant les solutions.

Les teneurs de l'arbitrage décidé pour combler le déséquilibre :

L'agriculture s'adapte en ne pouvant compter que sur les volumes prélevables de 2021 : les surfaces irriguées sont réduites de 15 % (35 000 hectares de surface irriguée en moins, du fait d'une évapotranspiration et d'une demande climatique croissantes). Des évolutions très fortes d'assolement permettent de faire 10 millions d'économie supplémentaires, sans compromettre les activités à haute valeur ajoutée : maraîchage, arboriculture, productions de semences, filières courtes et productions sous signes de qualité.

En complément d'une politique volontariste pour maîtriser la demande, un plan d'investissement est dédié au stockage afin de construire 195 millions de m³ de retenues pour la réalimentation. Les exploitants hydroélectriques acceptent de nouvelles conditions lors du renouvellement des concessions. La négociation permet d'inscrire durablement dans les cahiers des charges non pas 120 mais de l'ordre de 250 millions de m³ dédiés au soutien d'étiage (soit 130 millions supplémentaires). En contrepartie, pour ne pas réduire la puissance produite dans un contexte énergétique tendu, la construction d'une station de transfert d'énergie par pompage est décidée sur le bassin. La situation d'équilibre reste fragile, notamment certaines années jugées extrêmes, certains territoires comme le bassin du Lot s'en sortant mieux que d'autres, parce qu'historiquement mieux dotés (réserves hydroélectriques

et débits réservés). Les nouvelles modalités de gestion des réserves en climat contraint font apparaître un risque de non remplissage certaines années et la gestion pluriannuelle est envisagée.

Le compromis trouvé permet de « garantir » un débit (annuel et d'étiage) jugé « acceptable », car il permet aux milieux de s'adapter progressivement à une nature devenue rapidement plus rude. Cette compensation partielle des débits, permet également de maintenir une grande partie des activités sur le bassin.

Les principales conséquences de ce choix :

- D'un point de vue environnemental

La politique axée sur la ressource est doublée d'une politique ambitieuse de restauration des fonctionnalités des milieux aquatiques, favorisant l'adaptation progressive et la résilience des écosystèmes, ainsi que la persistance dans le temps des services qu'ils rendent. La qualité de l'eau n'est pas trop dégradée par manque de dilution, l'effet de l'augmentation de la température reste modéré : les zones humides, une partie des migrateurs emblématiques du bassin et certains sténothermes froids persistent, surtout en amont. La création d'ouvrages de stockage limite les risques de crues. De ce fait, et bien que l'évolution des débits soit partiellement compensée en moyenne et en période d'étiage, le bouchon vaseux risque de persister. La construction de retenues et de stations de transfert d'énergie par pompage a par ailleurs des impacts locaux importants sur l'environnement mais est décidée, en vue de l'intérêt collectif.

- Au niveau socio-économique :

La compensation partielle permet le maintien d'un débit suffisant pour conserver des services paysagers, récréatifs et économiques le long de la Garonne. En fonction de la disponibilité de la ressource, cette politique de l'eau a des conséquences en termes d'aménagement du territoire et de développement des activités. Par exemple, le territoire du Lot et une partie des Pyrénées jouent la carte des loisirs nautiques et de l'éco-tourisme.

La pêche professionnelle en eau douce et sur le littoral, les activités aquacoles et piscicoles, bien que fragilisées, s'adaptent progressivement à de nouvelles espèces et à de nouveaux modes de gestion.

Du fait d'efforts importants dans le domaine de l'assainissement et de la production d'eau potable, les problèmes sanitaires sont limités, tant en ville qu'à la campagne.

Pour le secteur agricole, la perte économique directe est de l'ordre de 10 % de la valeur ajoutée totale de l'activité sur la zone. Cela représente un manque à gagner de l'ordre de 10 millions d'euros par an par rapport à une valorisation moyenne des années 2010. L'évolution des assolements et des pratiques est forte mais cette adaptation n'a pas compromis les activités à haute valeur ajoutée : maraîchage, arboriculture, productions de semences, filières courtes et productions sous signes de qualité.

Pour assurer l'équilibre offre-demande, les volumes réservés au soutien d'étiage à partir de ressources dédiées à l'hydroélectricité sont inscrits dans le cahier des charges des concessions et font l'objet d'une compensation financière dont la méthode de calcul a été adaptée aux renouvellements

des concessions. En 2050, dans un contexte énergétique tendu, cela est plus coûteux que le strict principe du partage des charges mais moins coûteux que l'estimation du préjudice énergétique. Au total cela représente plus de 16 millions d'euros par an. L'investissement pour construire la station de transfert par pompage qui permettrait le maintien de la puissance électrique (1 000 à 1 200 MW) est de l'ordre du milliard d'euros. En parallèle, la construction des 195 millions de m³ de réserves supplémentaires par rapport aux années 2010 nécessite un investissement total également de l'ordre du milliard d'euros (base de 5€/m³).

Même si probablement le futur sera différent de ces scénarios imaginés pour le bassin de la Garonne en 2050, les tendances lourdes présentées constituent des certitudes de plus en plus admises. Le changement climatique transformera profondément le régime de nos cours d'eau. Le débat principal pour le futur devra traiter de la notion de compensation ou non de la baisse naturelle des débits, notamment durant la période critique de l'étiage, qui sera à l'avenir plus précoce, plus sévère et plus long.

Encadré 3 : Peut-on avoir un retour à l'équilibre sans créer de nouvelles retenues collectives ?

La réponse est oui, dans deux situations explorées ici :

- l'une repose sur **un saut technologique** (scénario 2, option 1) qui permettrait de stocker l'énergie sous une autre forme que l'eau des barrages hydroélectriques. Cette option permettrait, par effet d'aubaine, de bénéficier de cette eau stockée pour d'autres usages, comme par exemple la réalimentation des rivières en période d'étiage ;
- l'autre se situe dans l'optique de **compenser a minima** l'évolution de l'hydrologie naturelle (Scénario 1 : le débit d'étiage de 2050 est inférieur de 50 % à ce qu'on connaît aujourd'hui). En complément, il faut compter sur une réduction progressive mais drastique des prélèvements agricoles à partir des rivières, allant jusqu'à **l'arrêt des prélèvements** dans ce milieu (voir Figure 12). Le retour à l'équilibre entre offre et demande est alors permis grâce à ces volumes non prélevés, ou à ces volumes mis à disposition, ou alors par une combinaison des deux. Ces situations sous-entendent cependant **des évolutions majeures des secteurs agricole et/ou énergétique** pour maintenir un équilibre minimal entre besoins et ressources disponibles, sans création de nouvelles réserves.

Ces hypothèses fortes, surtout si on les envisage en 2050 en minimisant les pertes économiques directes pour les différents acteurs, n'ont fait l'objet ni de consensus en atelier participatif, ni de simulation. Elles supposent une évolution forte de la science et des modes de consommation et de production. La combinaison de différentes mesures reste à imaginer pour qu'elles soient à la fois structurantes techniquement et socialement, et compatibles avec les tendances lourdes des marchés internationaux et les politiques publiques (énergétiques et agricoles). En atelier participatif, les acteurs n'ont pas retenus de signaux émergents allant dans ce sens.

D'un point de vue socio-économique, les détails techniques et les coûts n'ont pu être décrits dans le cadre de la présente étude, d'autant que ces évolutions dépassent à la fois le cadre du bassin Adour-Garonne et la stricte politique de l'eau.

5. Conclusion : enseignements et pistes d'adaptation

L'incidence du changement climatique sur l'assèchement des rivières de notre bassin, confirmée par des études et observations récentes¹⁵ et par le dernier rapport du GIEC, sera majeure avec des impacts environnementaux, économiques et sociaux. Une stratégie d'adaptation d'ampleur (en termes d'échelle, de rythme et de combinaison de moyens) est à imaginer pour l'avenir, si l'on souhaite équilibrer besoins et ressources en eau sur ce territoire. Pour se préparer à cet avenir, certaines mesures apparaissent dès aujourd'hui « sans regret » et urgents à considérer, compte tenu du temps de mise en œuvre des solutions, quelles qu'elles soient.

Selon les hypothèses retenues, le manque d'eau sera un problème récurrent et structurel en 2050 et non la conséquence d'une année météorologique exceptionnelle (Voir Annexe 6.5). La stratégie du « laisser-faire » (compenser a minima) apparaît risquée car elle pourrait se heurter, au-delà des problèmes économiques et environnementaux directs, à des problèmes sanitaires forts, du fait de l'impact induit sur la qualité de la ressource. À l'inverse, les niveaux de DOE d'aujourd'hui semblent inaccessibles en 2050, du fait des coûts sociaux, économiques et environnementaux qu'engendrerait l'artificialisation du territoire.

L'étude prospective n'a pas évoqué le cadre actuel que représentent aujourd'hui la DCE et la définition du bon état de référence, qui pourraient évoluer dans ce nouveau contexte climatique. Le niveau de compensation, face à la baisse prévisible des débits naturels, c'est-à-dire l'exigence de soutenir artificiellement les étiages en maintenant un débit minimum en rivière, est vu, avant tout, pour le territoire de la Garonne en 2050, comme un **choix social**. Plus on sera ambitieux sur la demande moyenne (intégrant à la fois les usages et le principe de compensation), et donc sur les volumes à mobiliser pour y répondre, plus le risque de défaillance (risque de crise) sera grand.

L'étude nuance l'analyse par sous-bassin (voir Annexe 6.4) : les déficits ne sont pas uniformes. Doit-on y voir la confirmation de la pertinence d'une **gestion plus territorialisée de la politique de l'eau ?**

En tout état de cause, et malgré les hypothèses prises, les incertitudes, notamment sur le niveau et la répartition des précipitations futures, et les simplifications inhérentes à la modélisation, il est possible de dégager des pistes robustes en termes d'adaptation, à engager dès maintenant :

Œuvrer pour des économies d'eau et une gestion de l'eau plus efficiente

Une meilleure gestion de l'eau, tant d'un point de vue technique qu'économique, apparaît comme une stratégie commune à tous les scénarios et à tous les secteurs d'activité. Les efforts de sensibilisation aux économies d'eau, l'amélioration des rendements des réseaux, l'augmentation de l'efficacité de l'eau en agriculture (nouvelles technologies, gestion des sols, organisation mais aussi progrès génétiques) doivent être poursuivis. Y adjoindre la réflexion sur le levier économique que représente le prix

¹⁵ Par exemple l'étude « Evolutions observées dans les débits des rivières en France » réalisée par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) et l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea) et publié en octobre 2013.

de l'eau, dans un contexte de rareté de la ressource. Face à l'ampleur des problèmes futurs, seules des ruptures fortes des modes de production et de consommation, des modes de vies, permettant de réduire drastiquement la demande, pourraient à répondre à l'enjeu.

Créer de nouvelles réserves

Les scénarios retiennent tous un déficit au minimum de l'ordre de celui que l'on connaît aujourd'hui. Face à la vulnérabilité que représente la baisse des régimes hydrologiques, **la création d'ouvrages de stockage hivernal** a été proposée dans la plupart des scénarios, en complément d'autres leviers, mais avec une ampleur très variable (de 75 à 360 Mm³). En corollaire, plus l'ambition de stockage sera grande, plus le risque de non remplissage annuel sera important (en l'état actuel des connaissances sur le climat futur, de l'importance des besoins affichés et des nouvelles modalités de gestion associées). Ce rapport n'entre pas dans le détail du marnage et du remplissage des réserves. Cette question mérite d'être affinée par des études spécifiques zone par zone. Les sites d'implantations possibles pour les retenues seront aussi de plus en plus difficiles à trouver et toutes les rivières ne pourront pas nécessairement en bénéficier (exemple des petits chevelus). Face aux aléas du climat futur, des hypothèses de **gestion pluri-annuelle** des réserves en eau stockées sont envisageables, surtout si l'on se projette au-delà de 2050, les impacts du changement climatique prenant de l'ampleur.

D'autres pistes comme la réalimentation artificielle des nappes, le pompage supplémentaire en aquifères profonds ou le stockage de l'eau dans le sol n'ont pas pu être évaluées dans cette étude. Ces solutions potentielles peuvent passer par des actions de type :

- Faciliter la recharge des nappes d'accompagnement, alimentant de façon diffuse le fleuve l'été (suite à des premiers tests dans les années 1990, un état de l'art a été lancé début 2014 à l'Agence de l'eau Adour-Garonne) ;
- Tester un captage raisonné des nappes d'eau fluvio-glaciaires (cette opinion est une hypothèse dont les contours sont à confirmer) ;
- Diminuer, à grande échelle sur le bassin, le ruissellement au profit de l'infiltration et de la rétention, au moins temporaire de l'eau, dans les sols ;
- Tester la faisabilité de transferts hydrauliques (à l'instar d'Aqua Domitia en régions PACA et Languedoc Roussillon).

Mobiliser des ressources non-conventionnelles

De multiples autres **solutions technologiques** sont sans doute mobilisables localement et pourraient contribuer à une partie des solutions envisageables : la réutilisation des eaux pluviales et des eaux usées, le dessalement d'eau de mer sur la façade littorale, le transfert hydraulique, le pompage à grande profondeur de ressources souterraines plus ou moins captives ou la recharge artificielle de nappes alluviales permettant un soutien « naturel » des cours d'eau au moment de l'étiage... Au regard de l'état des connaissances, ces ressources dites non-conventionnelles pourraient correspondre localement

à des besoins précis mais sont souvent très consommatrices en énergie et ne semblent pas de nature à répondre à l'enjeu global du bassin. Il serait néanmoins nécessaire d'évaluer précisément ces solutions et de comparer leur opportunité, leurs impacts, leurs bénéfices et leur faisabilité en termes d'acceptabilité sociale et de coût (notamment dans une perspective d'évolution forte du contexte énergétique).

Augmenter la résilience des écosystèmes aquatiques

Vu l'évolution rapide et l'amplitude des phénomènes attendus, l'intervention humaine apparaît légitime et justifiée, notamment au travers du principe de compensation, pour favoriser la résilience de la nature. Néanmoins, les mesures opérationnelles envisagées sur le volet quantitatif ne doivent pas faire oublier l'ambition de disposer d'**une ressource de bonne qualité**. Opter pour des mesures préventives dans le domaine des pollutions ponctuelles et diffuses permet d'éviter les perturbations, les risques d'irréversibilité et les surcoûts liés aux mesures curatives. Dans un contexte de raréfaction de la ressource, **la restauration des milieux aquatiques** pour favoriser leurs fonctionnalités apparaît une nécessité forte, quelle que soit l'option choisie.

Raisonner conjointement « eau et énergie »

Cette étude prospective illustre également les nombreuses interdépendances entre les politiques publiques de l'énergie et de l'eau. Lors des renouvellements prochains des **concessions hydro-électriques**, des arbitrages seront particulièrement déterminants. Mais la question dépasse la problématique de la production hydroélectrique et renvoie même à **la cohérence entre les options d'atténuation et d'adaptation**.

Gérer collectivement la ressource et pour l'intérêt général

Face à ces tensions futures, l'enjeu de mobiliser des acteurs publics pour garantir une gestion collective de l'eau stockée, dans le souci de **l'intérêt général** et de favoriser des lieux de régulation locale des conflits potentiels est importante. Autrement, le risque est réel d'une forme d'appropriation des ressources par une multiplicité de petites infrastructures, et d'une croissance des conflits d'usage. La réflexion peut aussi porter sur la définition des seuils objectifs d'étiage, différents selon les bassins et les saisons, tenant davantage compte des régimes par exemple.

Recouvrer les coûts auprès des bénéficiaires

En parallèle, devant les montants importants estimés en première analyse pour les investissements imaginés dans tous les scénarios pour la gestion de l'eau, il est pertinent de mettre en place des systèmes vertueux de financements mixtes publics-privés et d'accélérer le principe de recouvrement des coûts instauré par la DCE et le SDAGE. La définition même de bénéficiaires est renouvelée par l'étude, dépassant la notion d'usagers que nous connaissons aujourd'hui.

Les choix les moins coûteux pour la gestion de l'eau (Tableau 7) déplacent

la question du financement et de l'acceptabilité sociale sur les secteurs agricole ou énergétique. Dans les scénarios qui apparaissent le plus en rupture (transition vers un modèle agricole moins dépendant de l'irrigation ; stockage de l'énergie sous une forme accessible), l'équilibre entre besoins et ressources en eau dépend alors de changements structurels dépassant le cadre de la politique de l'eau et celui du bassin Adour-Garonne.

Anticiper et innover

Le besoin d'acquérir des connaissances et le soutien à l'innovation constituent un autre enseignement majeur de cette étude prospective : au-delà de la poursuite des travaux sur le climat, de nombreuses études et des travaux de recherche apparaissent comme des prolongements indispensables à l'étude. Citons à titre d'exemple des questionnements qui méritent d'être approfondis :

- Les ressources souterraines pourraient-elles être des alternatives crédibles ?
- Que peut-on attendre, en termes de stockage d'eau dans les sols, de techniques agronomiques dites « alternatives » comme l'agroforesterie, le semis sous couvert ou le Bois Raméal Fragmenté ?
- Quel potentiel d'économie d'eau et quelles conditions d'utilisation pour les nouvelles technologies d'irrigation de type goutte à goutte en grandes cultures ?
- Quelles conséquences concrètes auront l'évolution des régimes hydrologique et thermique sur la dispersion des polluants ?
- Quelles conséquences concrètes auront l'évolution des régimes hydrologique et thermique sur les milieux aquatiques (hydromorphologie des cours d'eau, zones humides, activité hydro-sédimentaire de l'estuaire), sur la faune... ?
- Au-delà de la problématique de l'eau, qu'est-ce que ces changements annoncés auront comme conséquences en termes d'aménagement du territoire et d'impacts socio-économiques ?
- Comment préparer les évolutions de notre économie locale ? Et en particulier quelle émergence de nouveaux modèles agricoles ?

Déterminante tant pour les activités humaines que pour le fonctionnement des écosystèmes, la ressource en eau est d'ores et déjà l'objet de fortes tensions sur ce territoire quant à sa disponibilité. L'incidence des changements globaux sur la ressource en eau est tel qu'il nous impose de sortir des schémas anciens, d'intensifier le rôle joué par les connaissances et les innovations, notamment en assurant la valorisation et le transfert des bonnes initiatives.

Au terme de l'exercice prospectif, malgré la complexité et les imprécisions critiquables, il apparaît indispensable de quantifier le devenir de la ressource. Tout d'abord, la quantification est rendue nécessaire par la réglementation actuelle, *via* le calcul des volumes prélevables ou le respect d'un débit seuil ou objectif pour protéger les écosystèmes par exemple. Elle répond aussi à la nécessité, pour les acteurs, de dimensionner des investissements lourds (irrigation, retenues collinaires, barrages...). La construction d'objectifs « mesurables » est inhérente à l'étude du devenir quantitatif de la ressource en eau mais limite la portée de l'exercice prospectif. **Les valeurs ne sont pas plus vraies que les histoires et l'ensemble devrait être surtout appréhendé en valeur relative.** Ces expressions quantitatives dépendent du contexte dans lequel elles sont formulées. Elles sont souvent le reflet de conflits déjà à l'œuvre, jeux d'acteurs qui influencent ainsi la construction des exercices prospectifs, en les comparant notamment systématiquement aux références actuelles.

D'autres problèmes connexes à la gestion quantitative de la ressource en eau ont été insuffisamment évoqués dans cette étude, alors qu'ils peuvent conduire à une sous-estimation des tensions en jeu et des problèmes à venir. Pollution bien sûr, mais aussi érosion des sols et de la biodiversité, morphologie des cours d'eau, etc., autant de facteurs essentiels impactés et impactant les volumes d'eau disponibles pour les divers usages.

Au final, l'étude ne s'étant pas penchée spécifiquement sur les questions de gouvernance, elle ambitionne surtout de **mettre en lumière les termes du débat**, dont on ne peut plus faire l'économie sur le bassin. Au-delà des efforts rendus nécessaires pour chaque secteur d'activité, l'étude soulève en creux une question importante, celle des **modes d'arbitrage et de conciliation** entre les différents usages, et donc de l'accès, qui sera de plus en plus stratégique, à la ressource en eau, patrimoine essentiel de notre bassin.

6. Annexes

6.1 Cinq scénarios pour débattre dans une phase exploratoire

Dans un contexte de changement climatique (toile de fond de la réflexion des acteurs ayant participé aux ateliers), l'étude Garonne 2050 a consisté à construire différents scénarios s'appuyant sur diverses hypothèses. Ces hypothèses concernent l'évolution des consommations en eau potable, celle des activités économiques, des productions et consommations énergétiques ou encore celle de l'agriculture.

Les acteurs ont proposé cinq scénarios pour donner à voir, en valeur relative, l'étendue des possibles et leurs conséquences probables :

- Un abandon partiel des politiques environnementales, au profit d'une politique économique ; il s'agit du scénario que l'on qualifie de tendanciel : le déficit en eau se creuse, le bon état écologique prôné par la directive cadre sur l'eau n'est pas atteint ;
- Une adaptation par l'augmentation des ressources disponibles du fait de nouveaux stockages d'eau ; les usages anthropiques sont privilégiés, l'objectif de continuité écologique est abandonné et la définition du bon état écologique modifiée ;
- Un contexte économique qui impose une baisse drastique des consommations (sobriété), notamment domestiques et agricoles ; l'agriculture locale périclité, les milieux aquatiques et les usages qui ne prélèvent pas en profitent un peu mais le débit minimum reste faible ;
- Une croissance verte décentralisée basée sur du volontarisme très localisé pousse à l'autonomie des territoires : dans le domaine de l'eau, la solidarité amont/aval est abandonnée ;
- Un développement dit « ultralibéral » où l'eau est devenue un bien marchand ; les politiques publiques sont devenues permissives, la directive cadre est abandonnée et l'agence de l'eau Adour-Garonne ferme. Sans régulateur, même si l'eau est devenue chère, le déficit n'est pas comblé.

À l'issue de cette phase de l'étude, une quinzaine de réunions d'échanges ont permis de partager le diagnostic et de débattre sur les futurs possibles. Aucun scénario n'est apparu aux participants, acceptable en l'état. Ces scénarios tranchés ont par contre servi à fonder un diagnostic partagé, base préalable à la phase finale de l'étude : ils ont été un guide pour définir collectivement une image consensuelle du futur.

La commission planification du 27 mars 2013, ainsi que le comité de pilotage et l'atelier d'acteurs du 17 avril 2013 ont recentré le débat, en simplifiant la problématique à la question de l'offre et de la demande en eau, à l'échéance 2050.

Pour servir d'éclairage à la décision publique, les scénarios se sont focalisés sur des hypothèses d'évolution de la demande en 2050 selon deux grandes variables : **le niveau de compensation face à la baisse des débits naturels (ou débit minimum souhaité) et le volume attribué à l'agriculture...**

6.2 Rappel des hypothèses retenues pour les simulations

La consultation a permis de fixer quelques données d'entrée, communes à tous les scénarios. Elles concernent :

- Ressources disponibles (en 2050) :
 - réduction de moitié des débits naturels d'étiage du fait du changement climatique (modélisation hydrologique bénéficiant de données de 7 modèles climatiques différents pour la période 2045-2065)
 - 1 000 Mm³ de réserves hydroélectriques existantes (Lot, 557, Tarn-Aveyron 324, Ariège 85, Neste 75 et Garonne 37)
 - 300 Mm³ de retenues dédiées à du soutien d'étiage (intégrant les projets de retenues (au total 25 Mm³) devant voir le jour d'ici à 2021, date de la mise en œuvre effective de la réforme des volumes prélevables)
 - 200 Mm³ de lacs collinaires servant à l'agriculture
 - 118 Mm³ au sein d'accord de déstockage estival de ressources dédiées à l'hydroélectricité (il s'agit d'une hypothèse d'inscription dans le cahier des charges des concessions en 2050 d'une partie de ce qui est actuellement conventionné avec EDF : 163 Mm³)

Hypothèses des scénarios 2050 à l'échelle du bassin versant de la Garonne

Variable	Tous scénarios
Volume Soutien d'étiage (Mm ³)	323.50
Volume Collinaires (Mm ³)	223.60
Volume Mixte (Mm ³)	118.00
Volume hydroélectrique (Mm ³)	1 117.90
Prélèvement AEP brut (Mm ³ / an)	364.60
Prélèvement AEP net (Mm ³ / an)	99.00
Prélèvement IND net (Mm ³ / an)	48.00

- Population : 5,5 millions d'habitants sur la zone d'étude en 2050 (soit 1 million de plus qu'actuellement)
- Utilisation domestique : 130 l/j/habitant en 2050 (contre 150 l/j/habitant aujourd'hui)
- Prélèvements industriels et amélioration des rendements de réseaux de distribution : considérés comme négligeables par rapport au niveau de précision du modèle et des ordres de grandeur des incertitudes.

Hypothèses 2050 concernant les volumes stockés (en Mm³)¹⁶

Ensemble élémentaire	Hydroélectrique	Soutien d'étiage	Mixte	Collinaires
NESTE_AM_SARR	74.73	0.00	48.00	0.00
GARONNE_AM_TOUL	37.22	4.80	5.00	1.71
ARIEGE	118.98	61.32	12.00	13.75
HERS_MORT_GIROU	0.00	29.63	0.00	7.65
GARONNE_TOUL_LAMA	0.00	17.88	0.00	25.21
ARRATS	0.00	10.00	0.00	7.30
GIMONE	0.00	30.00	0.00	7.30
SAVE	0.00	3.00	0.00	7.30
AGOUT	100.78	53.80	20.00	11.82
TARN_AM_MILL	0.00	0.00	0.00	0.00
TARN_MILL_VILL	42.39	0.00	0.00	9.80
TARN_AV_VILL	0.00	4.00	0.00	8.58
AVEYRON_AM_LAGU	186.68	6.50	0.00	6.57
AVEYRON_AV_LAGU	0.00	32.05	0.00	12.02
GARON_LAMA_TONN	0.00	5.16	0.00	16.27
GELISE_OSSE_BAISE	0.00	32.52	0.00	20.41
GERS	0.00	4.90	0.00	20.41
LOT_AM_TRUYERE	22.22	9.10	0.00	0.20
TRUYERE	534.93	0.00	33.00	0.18
LOT_AV_TRUYERE	0.00	2.40	0.00	19.53
GARON_TONN_BEC	0.00	2.05	0.00	17.33
DROPT	0.00	14.40	0.00	10.27
TOTAL	1 117.92	323.50	118.00	223.61

Les hypothèses à tester pour 2050, variables selon les scénarios concernent les deux enjeux apparus les plus significatifs : le débit minimum d'étiage (face à la baisse annoncée de moitié des débits naturels d'étiage, les scénarios varient selon le niveau de compensation adopté) et le volume attribué à l'agriculture.

- Débit minimum d'étiage (référence actuelle : DOE du SDAGE 2010-2015) :
 - Le scénario du laisser-faire (ne pas compenser l'évolution des débits naturels) ; *DOE 2050 = 50% du DOE d'aujourd'hui*
 - Le scénario volontariste (compenser totalement l'évolution des débits naturels) ; *DOE 2050 = 100% du DOE d'aujourd'hui*
 - Le scénario intermédiaire (compenser partiellement l'évolution des débits) ; *DOE 2050 = 75% du DOE d'aujourd'hui*

¹⁶ C'est ici que sont comptabilisées les hypothèses de création d'ouvrages prévus d'ici à 2021, dans le cadre de la réforme des volumes prélevables. C'est pour cette raison que les données diffèrent de celles du tableau 1.

Débits objectifs en 2050 à l'aval des ensembles élémentaires de modélisation (m³/s) selon 3 hypothèses de niveau de compensation des débits¹⁷

Ensemble élémentaire	Compenser à minima 50 % DOE	Compenser totalement 100 % DOE	Compenser partiellement 75 % DOE
NESTE_AM_SARR	2.03	4.05	3.04
GARONNE_AM_TOUL	24.45	48.90	36.67
ARIEGE	10.23	20.46	15.34
HERS_MORT_GIROU	0.81	1.62	1.21
GARONNE_TOUL_LAMA	42.50	85.00	63.75
ARRATS	0.14	0.28	0.21
GIMONE	0.20	0.40	0.30
SAVE	0.35	0.70	0.52
AGOUT	2.93	5.86	4.40
TARN_AM_MILL	1.00	2.00	1.50
TARN_MILL_VILL	11.04	22.07	16.55
TARN_AV_VILL	12.50	25.00	18.75
AVEYRON_AM_LAGU	1.60	3.20	2.40
AVEYRON_AV_LAGU	2.09	4.18	3.13
GARONNE_LAMA_TONN	55.00	110.00	82.50
GELISE_OSSE_BAISE	1.26	2.52	1.89
GERS	1.92	3.85	2.88
LOT_AM_TRUYERE	1.79	3.59	2.69
TRUYERE	2.71	5.41	4.06
LOT_AV_TRUYERE	5.00	10.00	7.50
GARONNE_TONN_BEC	55.50	111.00	83.25
DROPT	0.18	0.36	0.27

- Volume dédié à l'agriculture (VP 2021 : 400 Mm³ pour l'ensemble du bassin de la Garonne)
 - VP 2050 = 100% du VP actuel, 400 Mm³
 - VP 2050 = 120% VP actuel, 480 Mm³
 - VP 2050 = 80% du VP actuel, 320 Mm³

L'activité agricole représente aujourd'hui 3,1 millions d'hectares de SAU (dont 360 000 sont irriguées) et 2,5 milliards de valeur ajoutée (hors Gironde). On compte aujourd'hui 65 000 exploitations agricoles et 110 000 emplois directs. La valeur économique de l'eau pour l'agriculture avait été estimée sur cette zone en 2000 à 635 millions d'euros (source : Tardieu H, 2000. La valeur de l'eau en agriculture irriguée).

¹⁷ Rappelons que les DOE du SDAGE sont extrapolés à l'aval des sous-ensembles de modélisation, certains points nodaux étant positionnés en amont des points remarquables du réseau hydrographique (confluences). Les valeurs prises en compte dans la modélisation peuvent donc être légèrement différentes des valeurs inscrites dans le SDAGE.

Volumes attribués à l'agriculture en 2050, en Mm³
(VP = volumes prélevables en cours d'eau ou nappes d'accompagnement)

Ensemble élémentaire	100 % VP	80 % VP	120 % VP
NESTE_AM_SARR	0.05	0.04	0.06
GARONNE_AM_TOUL	27.14	21.71	32.57
ARIEGE	39.52	31.62	47.43
HERS_MORT_GIROU	2.59	2.07	3.11
GARONNE_TOUL_LAMA	33.93	27.14	40.71
ARRATS	8.37	6.70	10.05
GIMONE	10.22	8.18	12.26
SAVE	12.25	9.80	14.70
AGOUT	12.66	10.13	15.19
TARN_AM_MILL	0.31	0.24	0.37
TARN_MILL_VILL	17.31	13.85	20.78
TARN_AV_VILL	19.82	15.86	23.79
AVEYRON_AM_LAGU	0.62	0.50	0.75
AVEYRON_AV_LAGU	13.87	11.10	16.65
GARONNE_LAMA_TONN	19.58	15.66	23.49
GELISE_OSSE_BAISE	44.81	35.85	53.77
GERS	17.76	14.21	21.31
LOT_AM_TRUYERE	1.18	0.94	1.41
TRUYERE	0.00	0.00	0.00
LOT_AV_TRUYERE	36.38	29.11	43.66
GARONNE_TONN_BEC	72.37	57.89	86.84
DROPT	9.25	7.40	11.10
TOTAL	400.00	320.00	480.00

En parallèle, rappelons quelques données-clé sur la création de réserves. Sur l'ensemble du bassin Adour-Garonne, on estime que les volumes disponibles dans tous les types d'ouvrages de stockage (de l'ordre de 3,6 milliards de m³) représentent aujourd'hui entre 8 et 10 % de la pluie efficace (les 35 milliards participant aux écoulements de surface et à l'alimentation des nappes). Voir pour plus de détail, l'annexe 6.3., ci-après.

6.3 Rétrospective du stockage sur le bassin

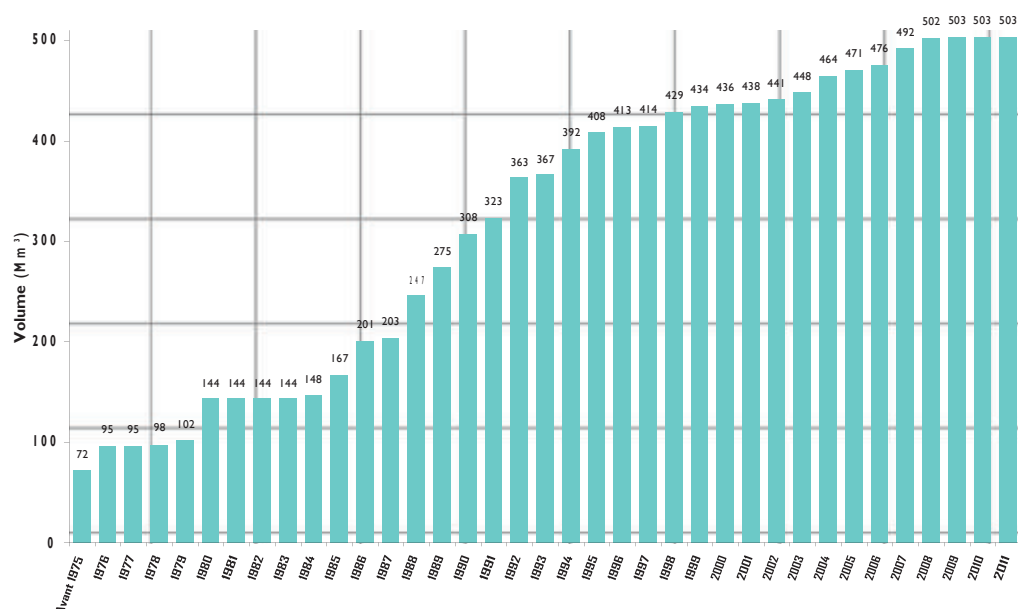
Indépendamment des réserves hydroélectriques, pour s'affranchir des aléas climatiques, la création de réserves dédiées qui permettent de stocker l'eau l'hiver et la restituer au plus fort des besoins en été est un moyen très utilisé dans le bassin :

- **640 Mm³ sont stockés dans des réserves en hiver** (350 Mm³ dans des réserves de réalimentation et 290 Mm³ dans des réserves collinaires agricoles), dont 380 construites avec l'aide de l'Agence depuis 25 ans (140 M€ d'aides).
- Ajoutés à la mobilisation possible des ouvrages hydroélectriques, ce sont près de **800 Mm³ de capacité de stockage qui sont disponibles dans les réserves** en Adour-Garonne, pour un investissement cumulé de près de 170 M€ de l'agence de l'eau depuis 25 ans.

	Avant 1984	De1984 à 2011				Total
	Volume (hm³)	Nbre d'opérations	Volumes (hm³)	Coût (M€)	Aide agence (M€)	Volumes arrondis (hm³)
Economies d'eau				104	21	
Déstockages hydroélectriques	48	5	118	78	33	160
Barrages réservoirs	101	40	250	410	112	350
Retenues collinaires	?	1900	130	231	26	290 (1)
Total arrondi	150		490	823	192	800

(1) le nombre total de retenues collinaires est estimé à 15 000 sur le bassin

Capacité de soutien d'étiage cumulée (hors collinaires) sur l'ensemble du Bassin Adour-Garonne



Pour mémoire, les pluies sur l'ensemble du bassin Adour-Garonne représentent **90 milliards de m³**. Si l'on tient compte de l'évapotranspiration actuelle, le bassin dispose en moyenne de **35 milliards de m³ de pluies efficaces** (celle qui participe aux écoulements de surface et à l'alimentation des nappes). À l'heure actuelle, les volumes stockés, tous usages confondus, représentent **3,6 milliards de m³**.

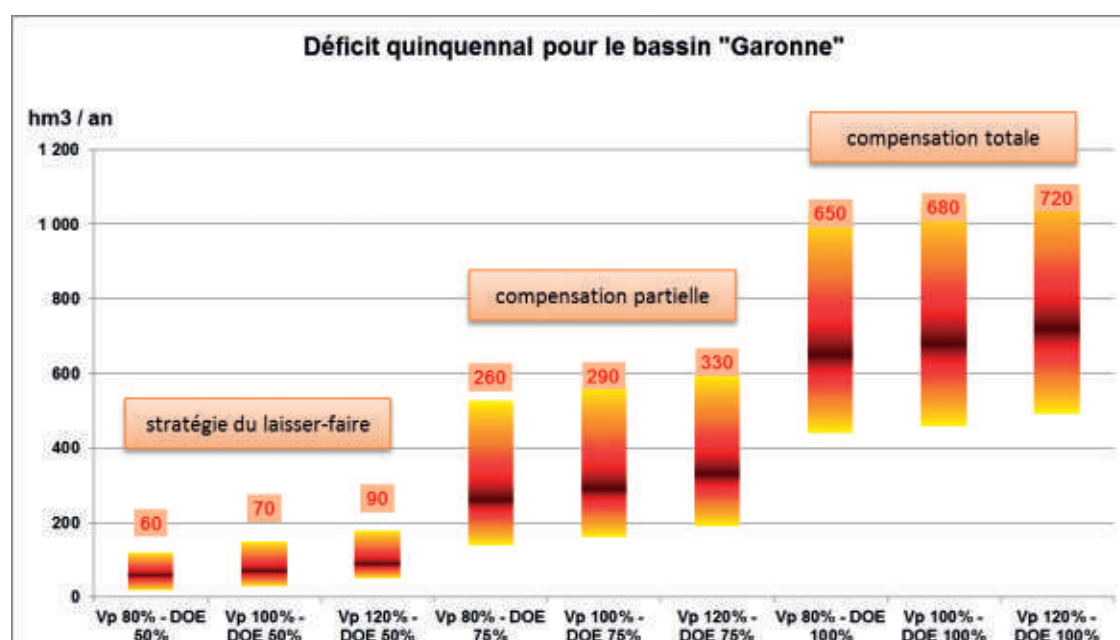
6.4 Résultats par grand sous-bassin

L'analyse globale des résultats de simulation a été présentée dans le rapport grâce à l'indicateur principal de **déficit quinquennal à l'échelle de l'ensemble du bassin de la Garonne** pour chacun des scénarios. Sans aller jusqu'à l'échelle du sous bassin élémentaire, il est cependant possible de détailler l'analyse à l'échelle du bassin versant du Lot, du Tarn et de l'Aveyron.

6.4.1 Le bassin de la Garonne

On s'intéresse ici à la zone d'étude amputée des bassins du Lot et de Tarn-Aveyron.

Estimation du déficit quinquennal, en fonction des ambitions des débits objectifs d'étiage et des volumes dédiés à l'agriculture



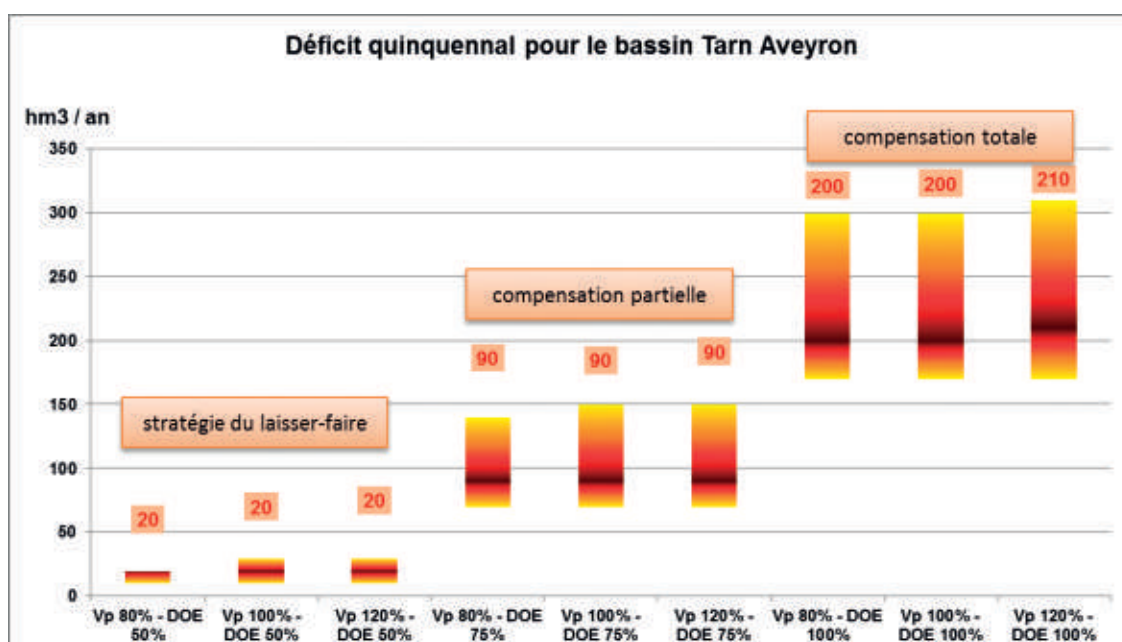
Les résultats sont de même nature que sur le bassin global. Le déficit est légèrement inférieur du fait notamment de la non prise en compte du bassin du Tarn, lui-même déficitaire. Cela dit, au regard de la taille du bassin versant considéré (50 % environ du bassin global), le déficit est très important : **l'axe Garonne constitue la zone la plus problématique à l'horizon 2050.**

Par rapport au déficit actuel, cela apparaît sans surprise. On retrouve à peu près les mêmes écarts relatifs entre les trois groupes de scénarios variant selon le principe de compensation de l'évolution des débits naturels sous changement climatique. De plus, les variations en termes de volumes prélevables pour l'irrigation n'induisent que des variations du second ordre sur le déficit.

6.4.2 Le bassin Tarn-Aveyron

Le bassin Tarn-Aveyron est très sensible au niveau d'ambition de l'objectif environnemental (compensation) et inversement très peu impacté par les variations de volumes prélevables pour l'irrigation.

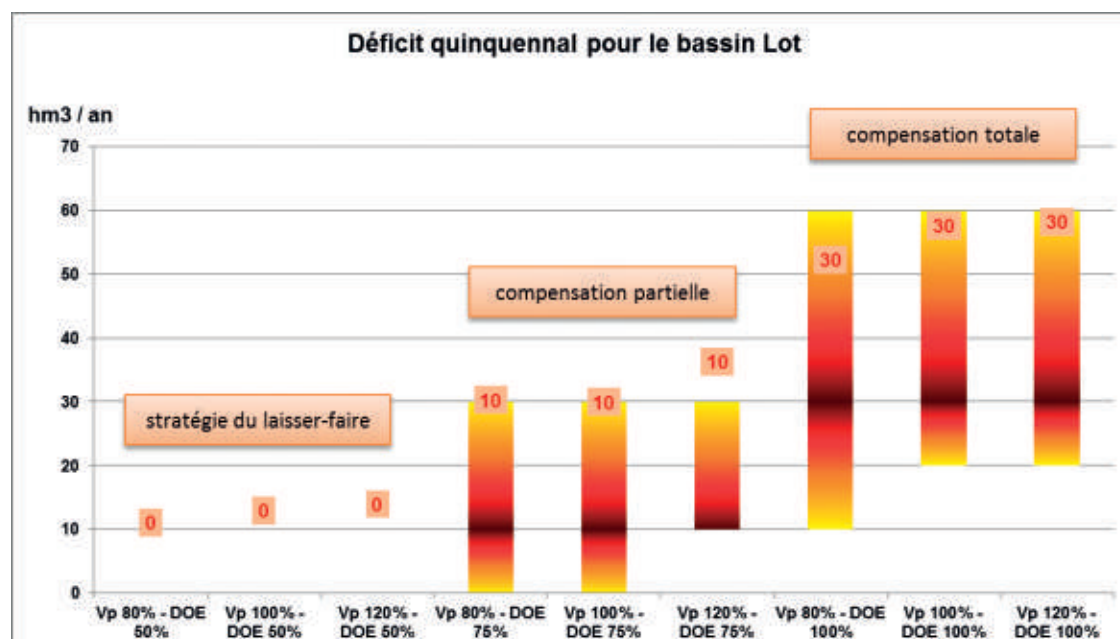
Estimation du déficit quinquennal, en fonction des ambitions des débits objectifs d'été et des volumes dédiés à l'agriculture



Les déficits relatifs sont légèrement inférieurs (eu égard à la taille du bassin versant, un peu moins de 30 % du bassin) que pour le bassin global : le bassin Tarn-Aveyron est sensible au changement climatique, mais dans une moindre mesure par rapport à l'axe Garonne. Tout au moins, aujourd'hui c'est un bassin considéré à l'équilibre, avec des débits de référence actuels que l'on tient en général en période d'été. Les seuls déficits estimés sont dus au changement climatique.

6.4.3 Le bassin du Lot

Estimation du déficit quinquennal, en fonction des ambitions des débits objectifs d'été et des volumes dédiés à l'agriculture



Le bassin du Lot est le bassin le moins impacté de tous par l'évolution de l'hydrologie due au changement climatique. Y compris pour des objectifs environnementaux élevés, le déficit est relativement faible pour un bassin versant représentant près de 20 % du bassin global. Ce bassin paraît mieux doté, avec plus de marges de manœuvre. Il est difficile de conclure sur l'impact du changement climatique car la compensation s'estimant par rapport aux DOE actuels, il suffit que ces derniers soient moins bien calés ici que sur les autres bassins pour biaiser notre analyse.

L'exutoire du bassin du Lot étant situé très en aval du grand bassin de la Garonne, les marges de manœuvre, si elles existent, ne sont pas vraiment exploitables « naturellement » pour compenser les déficits de l'amont du bassin. Une des solutions artificielles envisageables serait d'imaginer des **transferts hydrauliques** par l'amont des différents sous-bassins de la Garonne. Cette solution technologique très coûteuse et, déjà décriée dans le bassin Rhône Méditerranée et Corse, n'a pas été retenue dans les scénarios littéraires.

Globalement sur l'ensemble du bassin versant de la Garonne, pour compenser le déficit mis en évidence par les différentes simulations, une des solutions éprouvée, consiste à augmenter les capacités de **stockage**. Néanmoins, tous les bassins ne seraient pas propices à ce genre d'aménagements vu les conditions climatiques du futur. Cette remarque vaut également pour la création des stations de transfert d'énergie par pompage. Il faut trouver des zones qui permettent un fonctionnement « normal » des barrages en termes de garanties de remplissage et de mobilisation des ressources en été.

Les difficultés de **remplissage** sont liées :

- A la baisse moyenne des apports naturels d'une part mais surtout à leur variabilité interannuelle ;
- Mais également à la sollicitation extrême des retenues (simulation) : si on disposait de davantage de retenues, en volume et en nombre, on les solliciterait moins en été et on pourrait donc globalement mieux capter les pluies des hivers humides : la ressource « pluie » serait ainsi mieux valorisée du fait d'une meilleure répartition spatiale et temporelle des besoins de remplissage.

Tous les bassins risquent de voir leurs quantités de précipitations liquides augmenter en amont, la neige se transformant en pluie en hiver en climat futur. À cet égard, l'amont des bassins du Lot et de la Garonne, et dans une moindre mesure celui du Tarn, semblent être pertinents pour la création de réserves, si l'on retient exclusivement ce critère.

Remarquons que les simulations concernant la Garonne sont moins favorables sur ce bassin : c'est là où s'expriment les plus grandes difficultés de remplissage, en ne considérant que les capacités actuelles. Comme c'est le bassin le plus déficitaire, c'est aussi celui qui nécessite le plus de déstockage en vue d'une réalimentation.

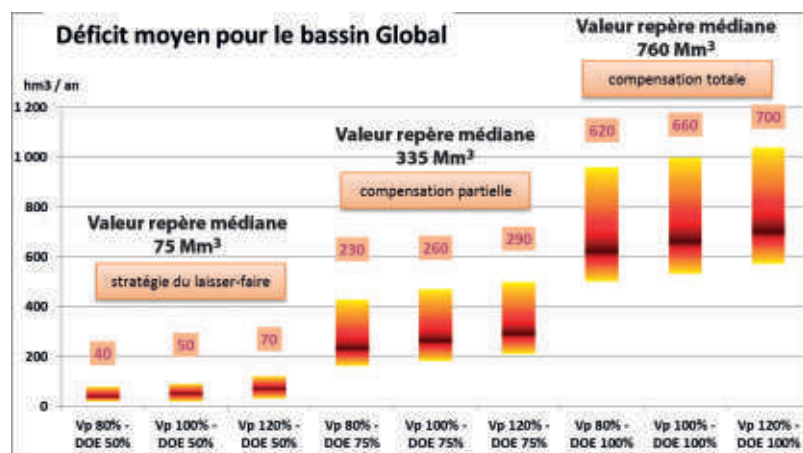
L'étude prospective n'a pas pour vocation d'identifier des sites potentiels propices à la création de réserves. La création de capacités de stockage supplémentaire en priorité sur le bassin du Lot peut également être entendue comme la mobilisation supplémentaire des sites existants mais destinés aujourd'hui à de la production hydroélectrique d'hiver. La contrainte inhérente au positionnement en aval du bassin de la Garonne demeure : l'intérêt serait limité pour la satisfaction des débits aux points nodaux mais l'intérêt serait peut-être pour la gestion équilibrée de l'estuaire, par ailleurs victime d'une augmentation de la salinité.

D'autre part, notons que le scénario 1 « compenser à minima - DOE 50 % » ménage évidemment des marges de manœuvre supplémentaires sur l'ensemble des bassins. **La réalimentation est surtout questionnée si l'objectif environnemental est ambitieux.**

Cette piste d'adaptation devrait donc faire l'objet de réflexions complémentaires (non accessibles via les simulations de cette étude) dans le but d'une part de localiser les projets là où la ressource serait la plus abondante mais également en intégrant l'ensemble du potentiel du bassin en vue d'une optimisation des déstockages et donc des potentialités de remplissage.

D'autres pistes comme la réalimentation artificielle des nappes ou le pompage supplémentaire en aquifères profonds n'ont pas été évaluées dans cette étude.

6.5 Influence du niveau de sécurisation des besoins sur le niveau de déficit

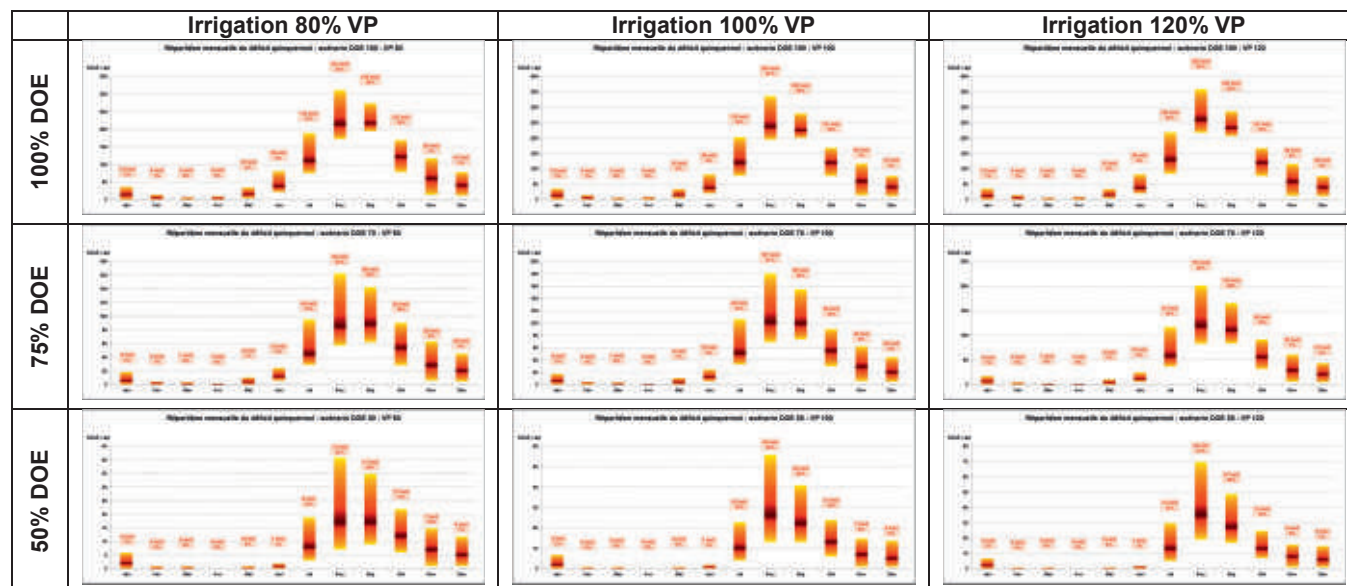


C'est l'analyse du déficit quinquennal qui a servi à décrire les principaux résultats présentés dans le rapport.

Ces déficits représentent les volumes d'eau qu'il faudrait avoir pour satisfaire l'ensemble des usages (y compris les besoins du milieu) au moins 4 années sur 5.

Évolution du déficit quinquennal, en fonction du niveau de compensation de l'évolution de l'hydrologie et des prélèvements agricoles à partir des rivières

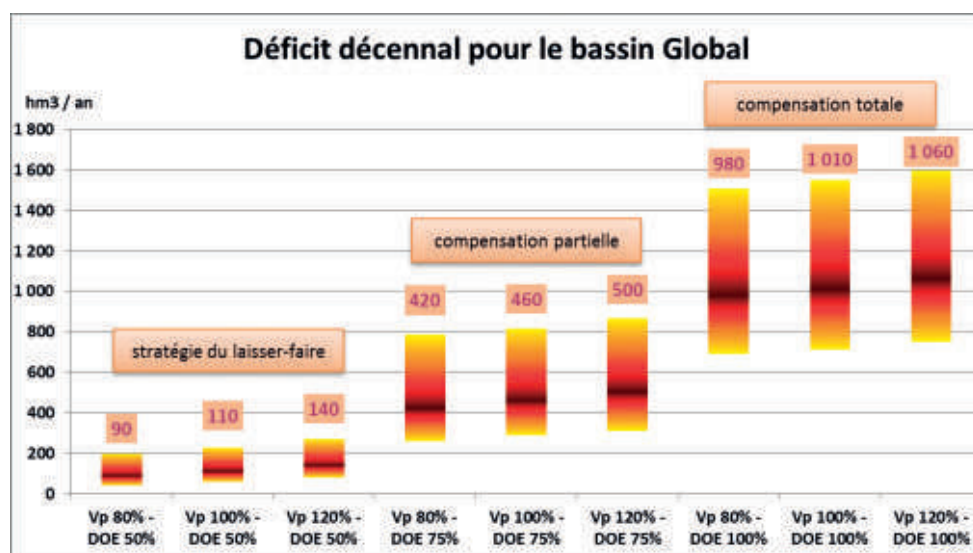
Répartition mensuelle du déficit quinquennal pour 9 principales simulations



Dans ces scénarios, la répartition des cultures irriguées entre l'été et le printemps correspond à la situation actuelle (90 %-10 %) Le changement d'assolement permet de limiter les déficits en période de crise forte (juillet et août) mais ne répond pas au problème du déficit automnal.

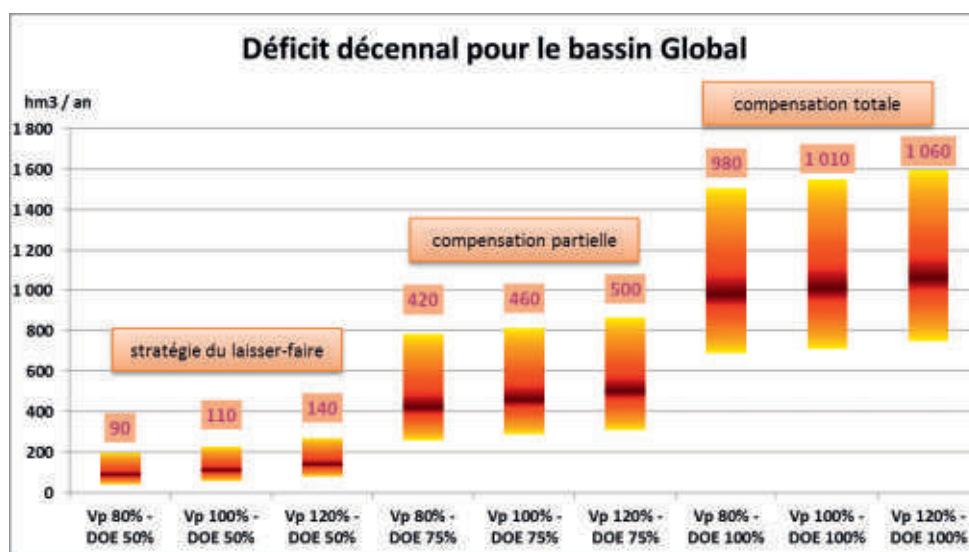
L'analyse des déficits de fréquence quinquennale sèche représente les volumes qu'il faudrait avoir pour satisfaire l'ensemble des besoins au moins 4 années sur 5. Évidemment, si l'objectif n'était que la satisfaction des besoins une année sur deux, le volume nécessaire serait moindre. Inversement, si l'ambition est plus grande (par exemple pour satisfaire les besoins au moins 9 années sur 10), il faut pouvoir mobiliser davantage de ressources complémentaires aux débits naturels.

Déficit maximal une année sur deux



Cette figure permet de visualiser le fait que dans l'ensemble des scénarios le déficit n'est plus un phénomène réservé aux années extrêmes, mais qu'au-delà des résultats chiffrés et de la gamme des incertitudes, **un déficit structurel demeure présent en année moyenne (avec les hypothèses de la demande décidées par les acteurs).**

Déficit décennal



Abréviations

AEP : Adduction d'Eau Potable
CACG : Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne
CNRS : Centre National de Recherche Scientifique
COP 21 : 21^e Conférence des Parties de la convention cadre des Nations Unies
DCE : Directive Cadre Européenne sur l'Eau
DCR : Débit de Crise
DOE : Débit Objectif d'Étiage
DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
Mm3 : millions de mètres-cube
ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SAU : Surface Agricole Utile
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SMEAG : Syndicat Mixte d'Études et d'Aménagement de la Garonne
STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage
UMR : Unité Mixte de Recherche
VP : Volume Prélevable

Bibliographie indicative

Documents et Sites Internet consultés

- Agence de l'eau Adour-Garonne – Rapport intermédiaire 1 : Scénarios globaux : présentation des résultats des ateliers de prospective pour Garonne 2050 – Décembre 2011
- Agence de l'eau Adour-Garonne – Rapport intermédiaire 2 : quantification des scénarios caricaturaux pour Garonne 2050 – Novembre 2012
- Agence de l'eau Adour-Garonne : **synthèse de la Journée d'échanges Garonne 2050 du 20 juin 2012**
- Agence de l'eau Adour Garonne : **synthèse de la Conférence "La Garonne du futur, les futurs de la Garonne" du 13 décembre 2012.**
- Agence de l'eau Adour-Garonne – Rapport final détaillé - Novembre 2013
- ONEMA, 2013. Évolutions observées dans les débits des rivières en France.
- Explore 2070 : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>
- Climsec : <http://www.cnrm-game-meteo.fr>
- ONERC
- Drias, climat du futur
- CLIMATOR
- MEDCIE GSO, 2011
- Henri Tardieu - « La valeur de l'eau en agriculture irriguée » – CACG 2000 - http://www.economie.eaufrance.fr/spip.php?rubrique44&id_mot=42
- Patrick Hurand – 1995 – « La nouvelle Pac et l'irrigation des grandes cultures » Académie d'Agriculture volume 81
- REYNAUD A et LEENHARDT D, 2008
- Expertise sécheresse de l'INRA

Rapport du garant scientifique de l'étude Garonne 2050

Denis Salles, Membre du conseil scientifique du comité de bassin Adour-Garonne et sociologue à Irstea ETBX, Centre de Bordeaux

Ce rapport d'observation a été réalisé dans le cadre d'une mission confiée par l'Agence de l'eau à Denis Salles (sociologue, directeur de recherche à Irstea) dans son rôle de membre du conseil scientifique du Comité de Bassin Adour-Garonne. Cette mission d'observation visait à porter un regard extérieur sur le bon déroulement de l'étude Garonne 2050 et de veiller à ce que soient assurés les principes de participation, de pluralisme, d'impartialité et de transparence nécessaires à la qualité de l'étude. Il s'agit donc moins ici de développer des commentaires sur le fond et les résultats de l'étude que de proposer des remarques sur la forme et le déroulement de la démarche innovante de prospective participative revendiquée pour cette étude. La présence systématique d'un ou de plusieurs observateurs spécialistes, dans les futures études d'importance significative de l'Agence est une préconisation du conseil scientifique du comité de bassin dont Garonne 2050 a constitué la première expérience concrète. Pour les études à venir il conviendrait que le CS définisse mieux la mission d'observateur afin de mieux préciser leur rôle.

Les remarques figurant dans ce rapport d'observation reposent sur un suivi continu des 5 phases de la démarche Garonne 2050, par D. Salles assisté de V. Marquet (doctorant Irstea ETBX) : suivi des comités de pilotage et des comités techniques (phases 1 à 5) ; suivi des ateliers prospectifs (phase 1) et de la construction des scénarios exploratoires (phase 2) ; suivi des restitutions publiques (phase 3), observation partielle de la phase de sensibilisation consultation (Phase 4), information sur les résultats de la phase de finale de modélisation et quantification. À noter, l'absence des observateurs à la commission planification du 27 mars 2013 qui a conduit à l'orientation vers les 3 scénarios « plus réalistes » ayant fait l'objet de la quantification finale.

Des objectifs ambitieux et novateurs

En affichant son ambition de répondre aux objectifs du SDAGE « comprendre les enjeux et l'impact des changements globaux », « proposer une stratégie d'adaptation aux changements globaux » l'étude Garonne 2050 s'inscrit parfaitement dans la problématique d'une approche prospective qui doit être considérée comme une démarche originale et alternative aux formes d'expertise classiques utilisées pour la gestion de l'eau. À ce titre, la question posée « *Quel débit souhaitons-nous dans nos rivières l'été et que sommes-nous en capacité de faire ?* » indique bien qu'il s'agissait de recueillir conjointement des faits, des éléments de mesure, des valeurs, des aspirations et des visions du futur.

Dès l'origine de Garonne 2050, l'agence de l'eau a assumé la particularité et l'originalité d'une étude cherchant à articuler démarche prospective et participation du public. Les prospectives participatives sont désormais de plus en plus mobilisées pour chercher à construire collectivement des visions du futur sur des sujets marqués par une grande incertitude et pour lesquels les formes classiques d'expertise ne peuvent apporter de réponses

définitives ou suffisantes. À ce titre, la discussion des usages de l'eau sur le territoire de la Garonne dans le contexte du changement climatique constitue un sujet qui se prête particulièrement bien à cet exercice de prospective participative.

Le rapport final présente explicitement « Garonne 2050 » comme étude prospective sur la ressource quantitative en eau sur le bassin de la Garonne en 2050 appuyée sur des scénarios articulant ateliers participatifs, la quantification via un modèle de gestion « besoins-ressources » au travers des dimensions de changement de climat, de démographie, d'énergie, d'agriculture et de leurs impacts quantitatifs sur la ressource.

Une démarche participative assumée

La dimension participative de Garonne 2050 s'est exprimée dans deux phases distinctes (phase 1 et phase 3). D'une part, les ateliers de prospective participative (phase 1) ont réuni une diversité d'acteurs représentant les usages du bassin, avec une absence notable des élus qui se sont peu impliqués dans l'ensemble, et de la profession agricole qui a boycotté les ateliers collectifs de la phase 1 et qui a bénéficié ultérieurement d'une audition particulière pour réaliser l'exercice de prospective.

D'autre part, les restitutions des scénarios « caricaturaux » ont réuni un public nombreux dans une configuration classique de réunions publiques (forum juin 2012 et soirée débat décembre 2012). Les divers commentaires lors de ces réunions ont mis en évidence qu'aucun des scénarios initiaux n'était considéré comme recevable en tant que tel et qu'il convenait de poursuivre la recherche de scénarios de compromis.

La mobilisation continue du public représente une des difficultés récurrentes des procédures participatives à la laquelle Garonne 2050 n'a pas échappé.

Une démarche méthodologique pragmatique

Garonne 2050 a représenté une démarche inédite et originale de prospective participative pour répondre aux enjeux de l'eau imposés dans le futur par le changement climatique. À ce titre, plus qu'une méthode cadrée et éprouvée, le phasage de Garonne 2050 a été réalisé de manière pragmatique et a été réajusté tout au long du déroulement de la démarche, à l'initiative de l'équipe de travail (Agence, bureau d'études...) et sous le contrôle du comité de pilotage.

Une animation soutenue

La démarche qui a fait l'objet d'une animation soutenue de l'agence de l'eau, s'est déroulée en 5 phases. Phase 1 : ateliers participatifs de prospective exploratoire ; phase 2 : construction des micro-scénarios et définition de 5 scénarios globaux caricaturaux ; phase 3 : présentation publique en forum des 5 scénarios ; phase 4 : sensibilisation et consultation de 8 mois auprès des acteurs du premier cercle de l'eau et mobilisation des partenaires (acteurs, commission planification et comité de pilotage) pour produire des scénarios plus réalistes. Phase 5 : ultime exercice de quantification des scénarios du futur.

De la participation du public à l'expertise des acteurs de l'eau

À la phase 3, a succédé une réorientation par la commission planification (mars 2013) puis par le comité de pilotage et l'atelier d'acteurs (17 avril 2013) vers 3 scénarios « plus réalistes » qui ont servi de base au travail de quantification. L'inflexion significative du contenu de l'étude opérée par la commission planification représente une appropriation appréciable de l'étude par une des instances de l'Agence. À ce titre les résultats finaux présentés dans le rapport Garonne 2050 sont davantage redevables aux experts de la gestion de l'eau (commission planification, bureau d'études, premier cercle de l'eau) qu'au public dont la contribution s'est trouvée limitée aux 5 scénarios « exploratoires » et « caricaturaux » de la phase initiale.

La modélisation comme outil de formalisation

La démarche de modélisation qui est au cœur de l'étude s'est appuyée sur le logiciel RIO MANAGER mobilisé pour la quantification des scénarios. Cet « outil d'aide à la gestion de bassins hydrologiques étendus qui agit en comparant ressources et besoins » ne faisant pas l'objet de références scientifiques académiques dans le champ de la modélisation ou de la modélisation multicritères, un regard extérieur aurait été nécessaire et bienvenu pour crédibiliser la méthode et éviter la critique d'un effet « boîte noire ».

Les capacités de l'outil logiciel mobilisé ont conduit à fortement orienter la problématique vers un questionnement qui porte exclusivement sur « deux enjeux apparus les plus significatifs » à savoir le débit minimum d'étiage et le volume attribué à l'agriculture. Si la simplification et l'incertitude inhérentes à la modélisation en termes de capacités de prévision sont clairement assumées, en revanche l'étude, par sa dimension participative, aurait pu prétendre à intégrer davantage des aspects de conflits d'usages et de gouvernance de l'eau.

Des éléments écartés

Au-delà des éléments clairement non pris en compte dans l'étude (qualité, pollution, biodiversité) le volet portant sur les calculs économiques énonce des résultats qui semblent hors du champ initial de l'étude Garonne 2050 et relèveraient plutôt d'une étude plus spécifique sur la valeur économique de l'eau d'irrigation. La sélection de variables dans la démarche de modélisation conduit à une forme de réductionnisme du social qui évacue de la réflexion des éléments de prospective essentiels (la sociologie du monde agricole, la prise en compte des vulnérabilités des activités du territoire).

L'infographie comme véhicule de diffusion de messages

Dans la lignée des études récentes qui cherchent à mobiliser acteurs partie-prenantes et grand public sur des sujets complexes et incertains comme le changement climatique, Garonne 2050 a eu recours à des techniques d'infographie et à des animations pour présenter de manière pédagogique les scénarios du futur. À l'observation, on constate que le rapport final de

l'étude exprime un message plus « radical » sur l'urgence de la situation que ne le reflètent les infographies des scénarios et les animations. À ce titre, en fonction des modes de présentation, le message de Garonne 2050 a tendance à varier sensiblement selon les espaces et les publics auxquels il est présenté (comité de bassin, acteurs partie-prenante, comité de pilotage...). Pour alerter les décideurs sur la nécessité d'agir sans délai pour préparer le futur, l'ensemble des livrables de Garonne 2050 devrait tenir un message homogène sur la nécessité de considérer les alertes et les menaces pour les activités du bassin qui figurent dans les projections de Garonne 2050.

Garonne 2050 : quel lien à la décision ?

Quel sera le devenir de l'étude Garonne 2050 ? Le statut prospectif et participatif revendiqué pour cette étude lui confère-t-il un rôle particulier dans le processus de prise de décision ? S'il est légitime de renvoyer la construction des compromis sur l'adaptation au changement climatique aux instances représentatives du bassin il convient de suivre attentivement comment les élus du comité de bassin vont s'approprier les résultats et les débats qui ont animé Garonne 2050. À défaut de cette appropriation, G2050 resterait un exercice formel et sans réelle portée. Une note du comité de pilotage sur ce point pourrait à bon escient attirer l'attention du comité de bassin.

Il est à ce stade difficile de considérer les effets potentiellement différés d'une telle étude à laquelle il convient de « laisser trouver son chemin » parmi les acteurs de l'eau et dans la société. Des événements (comme des événements climatiques extrêmes, ou encore politiques comme l'organisation de la COP21 en France en 2015) pourraient lui donner une audience nouvelle. Autre interrogation classique des études prospectives, les horizons proposés sont-ils un moteur ou un frein pour l'action ? La projection d'une réduction significative de la ressource disponible en 2050 peut conduire i) soit à différer les changements jusqu'à un horizon plus lointain, arguant de la nécessité de régler les problèmes actuels, ii) soit à proposer des bifurcations plus radicales à plus ou moins long terme pour sortir de la tendance actuelle, iii) soit proposer des actions d'ajustement et de mesures « sans regret » qui infléchissent progressivement la tendance actuelle. 2050 semble représenter un horizon trop éloigné pour une prise en compte politique immédiate, ce qui plaide pour la définition de scénarios intermédiaires (2040 ; 2030 et 2020).

Les pistes d'adaptation

Les pistes d'adaptation retenues à l'issue de l'étude font partie du répertoire classique de l'adaptation au changement climatique (économie d'eau / création de réserves / innovations technologiques / résilience des milieux / levier des redevances / développement de la recherche) ; en revanche on peut déplorer l'absence de réflexion sur des expérimentations d'options d'adaptation, sur les capacités d'innovation d'usagers de l'eau, sur l'émergence de modèles agricoles territoriaux alternatifs, sur de nouvelles formes de gouvernance de l'eau dont les impacts du changement climatique seraient le principe directeur.

Pour répondre à la question posée « que peut-il advenir et que sommes-nous prêts à faire ? », Garonne 2050 accorde une place limitée à des conjectures -nécessairement plus qualitatives- sur les vulnérabilités des activités et des territoires, sur l'évolution des pratiques sociales et des modes de consommation des usagers, des modèles agricoles et des modes de gouvernance. De même l'énoncé « Les décideurs politiques locaux prennent au sérieux cette évolution de la disponibilité en eau » présenté comme un postulat de l'étude nécessiterait plutôt d'être interrogé comme une des conditions clé de changement.

En conclusion, la démarche Garonne 2050 reflète une certaine hésitation -certainement résultat de son caractère pionnier- entre d'une part, faire réaliser des conjectures sur les futurs possibles et souhaitables par des collectifs d'acteurs diversifiés dont la réflexion commune donne alors une valeur à l'exercice de prospective et d'autre part, une expertise de planification par de la modélisation qui prétend à une certaine robustesse en termes de quantification. Il faut assumer qu'au stade actuel des connaissances et des niveaux d'incertitude sur ce qui adviendra en 2050 aucune des deux méthodes ne puisse prétendre disposer d'un avantage décisif sur l'autre en termes de prévision. C'est donc bien au travail politique, éclairé par ces éléments partiels, de prendre le relais.



En réponse à une délibération du comité de bassin Adour-Garonne, l'étude prospective "**Garonne 2050**" contribue à mieux comprendre les enjeux et impacts des changements globaux. Centrée sur la ressource en eau, principalement du point de vue quantitatif, l'étude intègre le changement du climat, facteur majeur d'évolution, et les évolutions possibles de la démographie, de l'énergie et de l'agriculture, sur le bassin de la Garonne.

Elle associe des scénarios littéraires, forgés par des ateliers participatifs, à une phase de quantification, notamment par l'utilisation d'un modèle de gestion "besoins-ressources". Le facteur qui a le plus d'impact dépend principalement du choix sociétal qui répondra à la double question : **quel débit souhaitons-nous dans nos rivières l'été et que sommes-nous en capacité de faire ?** Les principaux scénarios sont construits en fonction des choix que feront les gestionnaires de la ressource. Les éléments quantifiés, au moins en valeur relative, et les conclusions, robustes quel que soit le scénario, éclaireront le débat et aideront à la décision pour anticiper les enjeux et les impacts des changements globaux.



Agence de l'eau Adour-Garonne
90 rue du Férétra - CS 87801
31078 Toulouse Cedex 4
www.eau-adour-garonne.fr



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE
ETABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE