

Projet SUDOE-AQUIFER

E 3.3.1 Caractérisation des cycles hydrologiques des zones pilotes

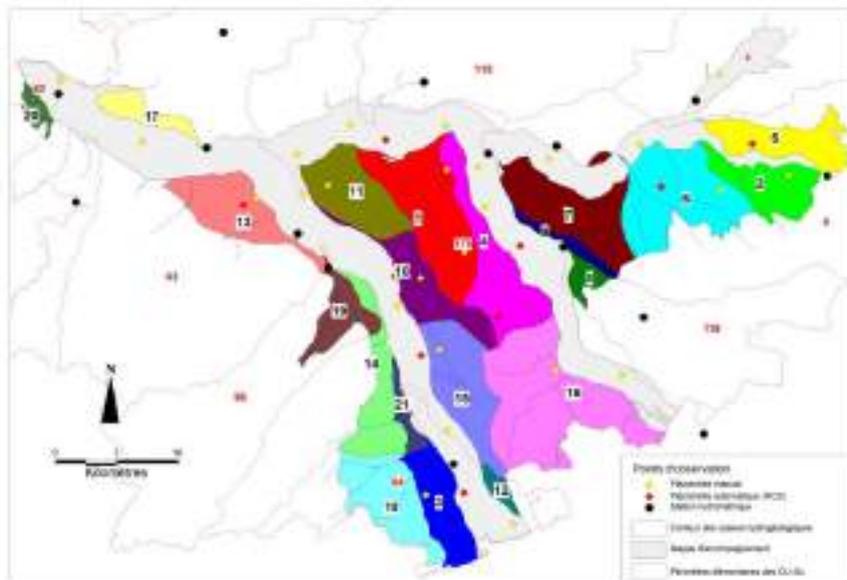


Table des matières

1. Introduction	2
2. Caractérisation du cycle hydrologique.....	2
2.1. Contexte climatique	3
2.2. Contexte géologique et hydrogéologique.....	4
2.3. Usages des eaux superficielles et souterraines.....	5
2.4. Bilan hydrologique du secteur d'étude.....	7
3. Gestion des prélèvements en eau souterraine	9
3.1. Problématique et historique	9
3.2. La mise en place d'un suivi du niveau de la nappe	10
3.3. La refonte du modèle hydrodynamique	11
3.4. Un outil pour l'allocation annuelle de la ressource en eau	12
3.5. Différenciation entre les droits à l'eau et l'attribution de l'eau.....	13
4. L'émergence d'une gestion collective.....	14
5. Pratiques innovantes pour améliorer la gestion des volumes prélevables dans les eaux souterraines	16
6. Bibliographie	17

1. Introduction

La compréhension des cycles hydrologiques est essentielle pour une prise de décision éclairée par les autorités compétentes dans le domaine de la gestion des ressources en eau. Outre celles-ci, il est également jugé opportun que la société civile, et notamment les différents utilisateurs des ressources en eau, soient en mesure de comprendre le fonctionnement des cycles hydrologiques sur leur territoire.

Pour que les résultats des travaux menés dans chaque zone pilote puissent être correctement interprétés et transmis entre les différentes régions et pays, il est essentiel que ces résultats soient encadrés en tenant compte des caractéristiques et du fonctionnement des cycles hydrologiques dans chacune des zones étudiées. Ainsi, dans le cadre du projet, l'enquête et la caractérisation des différents cycles hydrologiques de chacune des zones pilotes ont été réalisées.

2. Caractérisation du cycle hydrologique

L'étude de cas française étudiée par le BRGM dans le projet SUDOE AQUIFER est localisée dans la plaine alluviale du département de Tarn-et-Garonne. Elle couvre une surface de près de 1 000 km², représentant 30 % de la superficie du département. Elle se situe à la confluence de trois grands cours d'eau : la Garonne, le Tarn et l'Aveyron. L'altitude de ce territoire varie entre 50 et 210 m. La plaine est encadrée par les coteaux molassiques de Lomagne et du Quercy Blanc et, à l'est, par les plateaux karstiques du causse de Caylus, faisant partie des causses du Quercy (Figure 1).

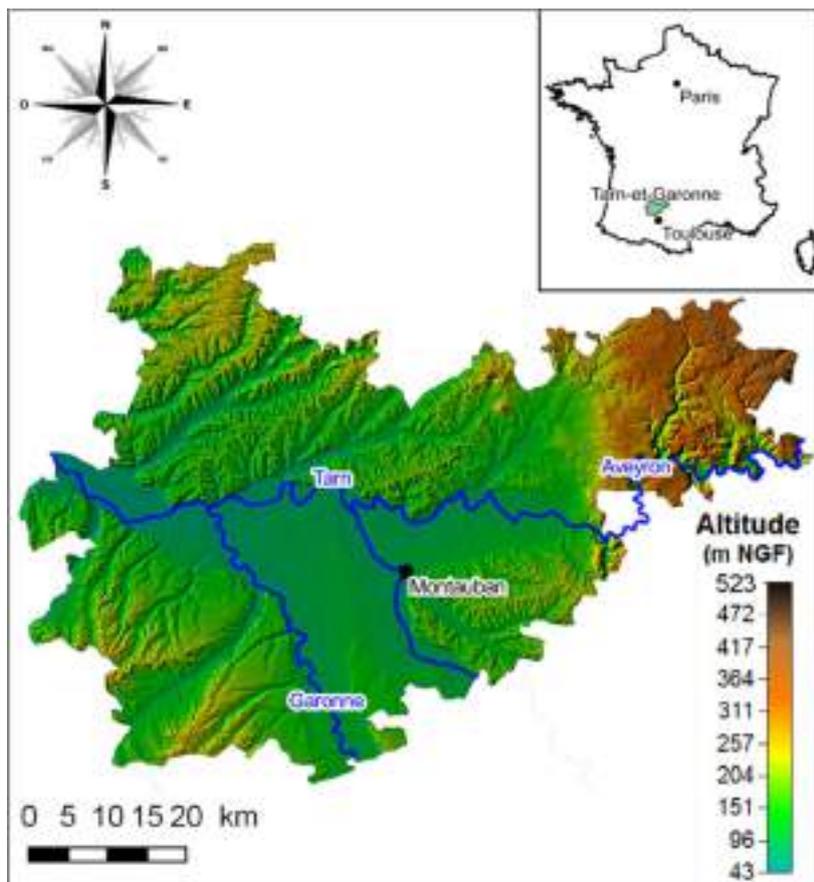


Figure 1. Positionnement et topographie du département de Tarn-et-Garonne

Il s'agit d'un territoire agricole, où l'irrigation des cultures représente le principal usage de l'eau, et notamment de l'eau souterraine. La connaissance du cycle hydrologique de la zone d'étude est la clé pour exploiter durablement les ressources hydriques disponibles et garantir les différents usages et services de l'eau sur ce territoire (alimentation en eau potable, services écologiques, irrigation, industrie).

2.1. Contexte climatique

Le climat de Tarn-et-Garonne est influencé par le climat montagnard du Massif Central et le climat plus doux et tempéré de la Gascogne. Il bénéficie également de la double influence des masses d'air issues de l'Atlantique et de la Méditerranée, ce qui lui confère un climat de type océanique dégradé. Les hivers y sont doux et humides et les étés chauds et généralement secs. Les pluies, essentiellement apportées par les vents d'ouest sont de l'ordre de 700 mm/an. Leur variabilité spatiale est limitée sur l'emprise de la plaine alluviale, avec une influence de la topographie : de 850 mm/an au nord-est à 630 mm/an au sud-ouest, avec des précipitations plus importantes sur les coteaux. Elles sont par contre caractérisées par une variabilité interannuelle importante : de 426 mm en 1967 à 1007 mm en 1959, à la station de Montauban (Figure 2).

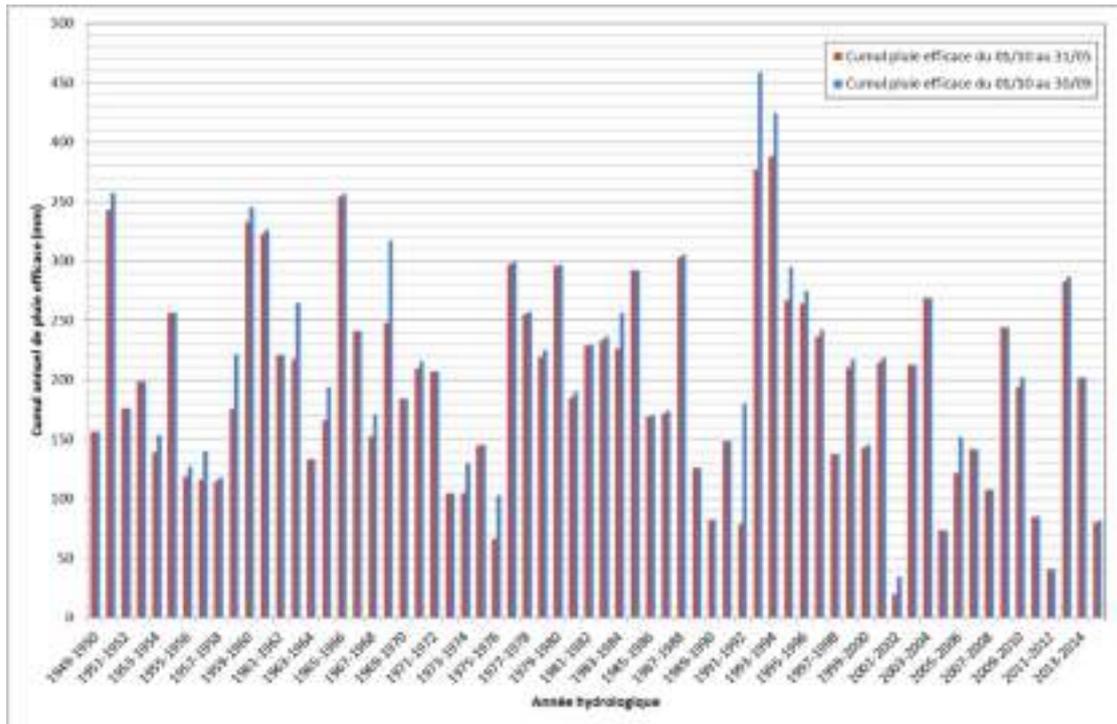


Figure 2. Cumuls annuels (du 01/10 au 30/09) de précipitations à la station de Montauban

2.2. Contexte géologique et hydrogéologique

La confluence de la Garonne, du Tarn et de l’Aveyron a constitué un ensemble de dépôts alluviaux quaternaires sablo-graveleux de grande extension, qui repose sur des formations molassiques tertiaires argilo-calcaires considérées comme peu perméables (Bouroullec, 2013). Le système alluvial est organisé en terrasses étagées créés par une succession de phases glaciaires et interglaciaires. Le plus souvent, sous l’influence de l’érosion, ces terrasses sont séparées par des affleurements de talus molassiques, provoquant l’apparition de sources de déversement (Figure 3).

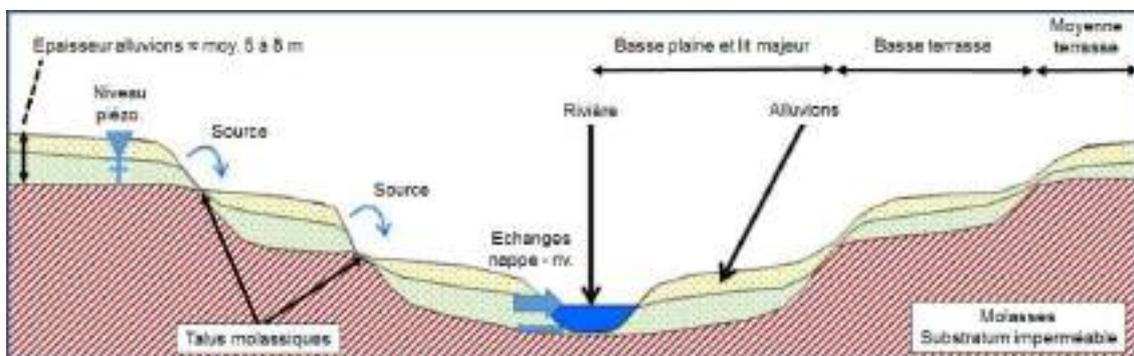


Figure 3. Coupe schématique du système de terrasses étagées

Les alluvions de ces différents niveaux de terrasses, dont l'épaisseur moyenne est comprise entre 5 et 8 m, contiennent des nappes d'eau souterraine libres. Ces nappes sont alimentées essentiellement par l'infiltration des apports pluviométriques et contribuent à la réalimentation des cours d'eau. La nappe alluviale dans le département de Tarn-et-Garonne contribue ainsi en moyenne à 3 % du débit total des cours d'eau, un apport qui monte à 8 % en période d'étiage.

2.3. Usages des eaux superficielles et souterraines

Le Tarn et la Garonne représentent des ressources en eau superficielle relativement abondantes pour le département. Entre 2003 et 2012, 84 % des besoins moyens en eau du territoire (soit 87 millions de m³, hors prélèvement pour le refroidissement de la centrale nucléaire de Golfech) ont été satisfaits par les eaux superficielles tandis que les eaux souterraines répondaient à 16 % des besoins (16 millions de m³). L'usage des eaux souterraines a fortement décliné depuis la fin des années 1990 où la somme des prélèvements s'élevait alors à 35 millions de m³ par an.

Les nappes alluviales sont principalement utilisées par l'agriculture pour l'irrigation des cultures (71 % des prélèvements), pour l'alimentation en eau potable (26 %) et par quelques industries (3 %) (

Tableau 1 et Figure 4).

L'agriculture représente une activité importante pour l'économie de Tarn-et-Garonne. Le secteur de la production fruitière, principalement localisé dans la plaine alluviale, représente 11 % de la surface agricole du département mais génère 33 % de la production agricole en valeur. Les cultures fruitières sont systématiquement irriguées, principalement à partir des grands cours d'eau (Garonne, Tarn et Aveyron) ou à partir des eaux souterraines dans les secteurs sans accès aux eaux de surface. L'eau est utilisée en été pour l'irrigation mais également au printemps pour la lutte contre le gel (aspersion des arbres en période de gel au stade floral).

Tableau 1. Volumes prélevés en eau superficielle et souterraine dans la plaine de Tarn-et-Garonne, par usage (en milliers de m³ par an). Moyenne des prélèvements de 2006 à 2012 (Source : Bardeau et al, 2016)

<i>Secteur</i>	<i>Eau souterraine</i>	<i>Eau superficielle</i>
Eau potable	4 370	10 968
Industrie	1 016	550
Agriculture (irrigation)	10 848	36 289
Total	16 235	87 465

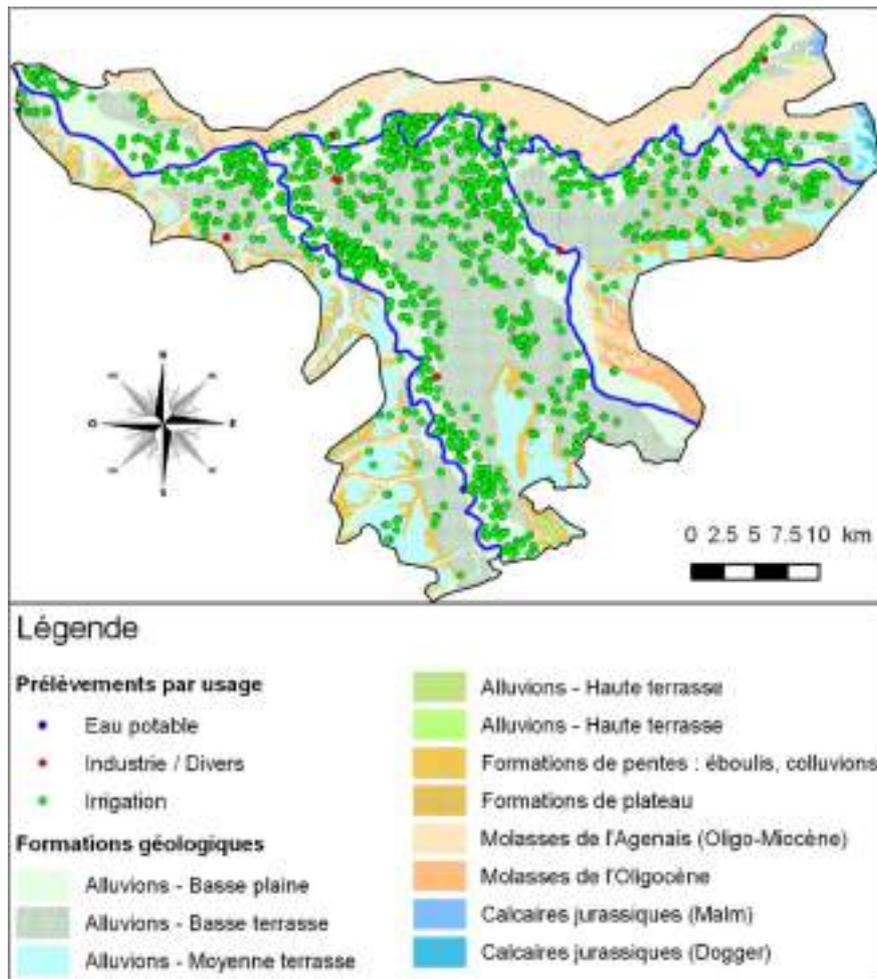


Figure 4. Répartition géographique et par usage des prélèvements en eau souterraine dans les nappes alluviales de Tarn-et-Garonne en 2015.

Les exploitations spécialisées en grandes cultures (céréales, maïs) représentent 40 % des exploitations agricoles du département mais ne produisent que 22 % de la production en valeur. L'irrigation des grandes cultures est très développée, bien que la culture en sec soit encore pratiquée. L'irrigation concerne principalement la culture du maïs mais aussi des céréales (une ou deux irrigations au printemps pour la levée des semis), du tournesol et du soja. La culture sans irrigation des céréales et du maïs reste possible sur les sols caractérisés par une bonne réserve utile.

Comme dans la plupart des régions françaises, les exploitations restent des entreprises familiales, y compris pour les plus grandes qui peuvent représenter plus de 350 ha de vergers. Les moyennes et grandes exploitations occupent 86 % du territoire agricole utilisé et réalisent 95 % de la production en valeur du département.

2.4. Bilan hydrologique du secteur d'étude

Pour contribuer à la bonne gestion de l'aquifère alluvial et des prélèvements en eau souterraine, un modèle hydrodynamique a été développé par le BRGM dès les années 1990 et a été amélioré et mis à jour plusieurs fois depuis. Il a permis de dresser un bilan hydrologique du secteur d'étude (Figure 5. Histogramme des éléments des bilans hydrologiques annuels (en millions de m³) Figure 5 et Figure 6).

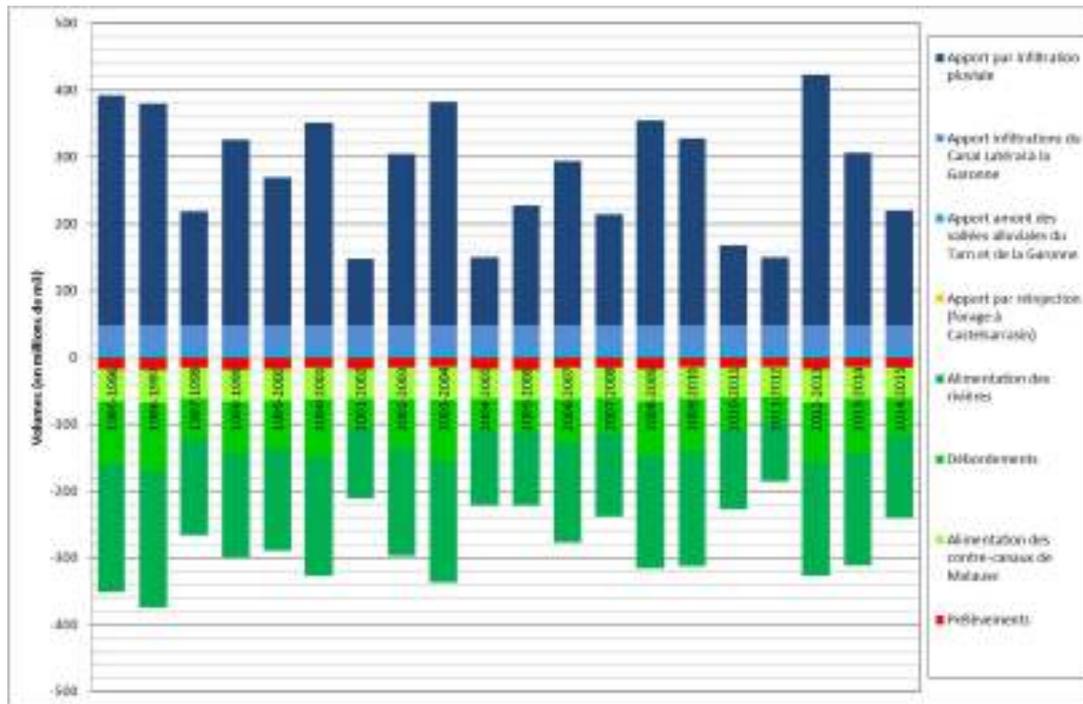


Figure 5. Histogramme des éléments des bilans hydrologiques annuels (en millions de m³)

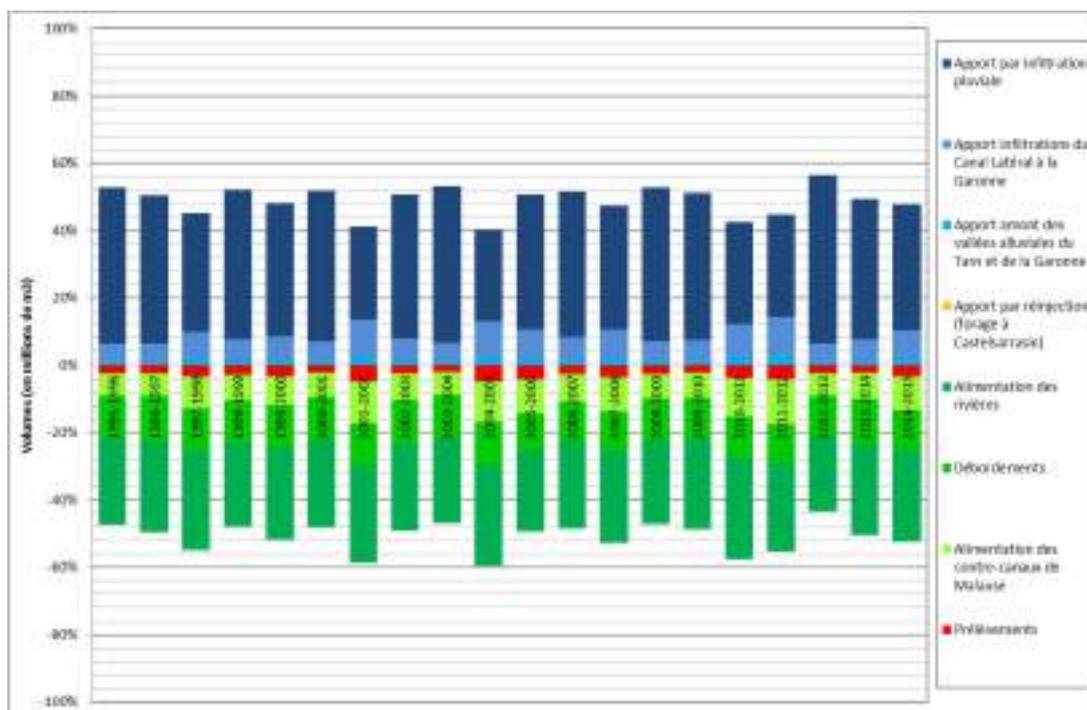


Figure 6. Histogramme des éléments des bilans hydrologiques annuels (en %)

Dans le bilan hydrologique, les éléments positifs correspondent aux volumes d'eau entrant dans le système (aquifère alluvial modélisé). Il s'agit de :

- L'apport par infiltration de la pluie (recharge de la nappe) ;
- L'apport par la continuité de la nappe alluviale aux limites amont de la zone modélisée (alluvions du Tarn et de la Garonne) ;
- L'apport par les infiltrations dues aux fuites du canal latéral à la Garonne ;
- L'apport lié à la réinjection d'eau dans un forage à usage industriel à Castelsarrasin (volume plus anecdotique).

Les éléments négatifs correspondent aux volumes d'eau sortant du système. Il s'agit :

- Des débordements de la nappe donnant naissance aux cours d'eau autochtones, intégrés explicitement dans le réseau hydrographique ou non ;
- Du drainage de la nappe par les rivières et les contre-canaux construits autour de la retenue de Malause ;
- Des prélèvements dans la nappe pour les différents usages (AEP, industrie, irrigation).

La principale contribution positive au bilan est la recharge de la nappe par l'infiltration des eaux pluviales tandis que les prélèvements restent très minoritaires devant la contribution des nappes aux écoulements de surface (alimentation des rivières, débordements générant des sources au pied des terrasses, alimentation des contre-canaux de l'aménagement hydro-électrique de Malause-Golfech).

Sur la période 1995-2015, le stock d'eau dans la nappe alluviale, bien que fluctuant fortement d'une année sur l'autre, est resté globalement constant (Figure 7).



Figure 7. Histogramme de l'évolution du stockage de la zone modélisée (en millions de m³)

La Figure 8 schématise le cycle hydrologique dans la zone d'étude du point de vue de l'aquifère alluvial sur la période 1995-2015.

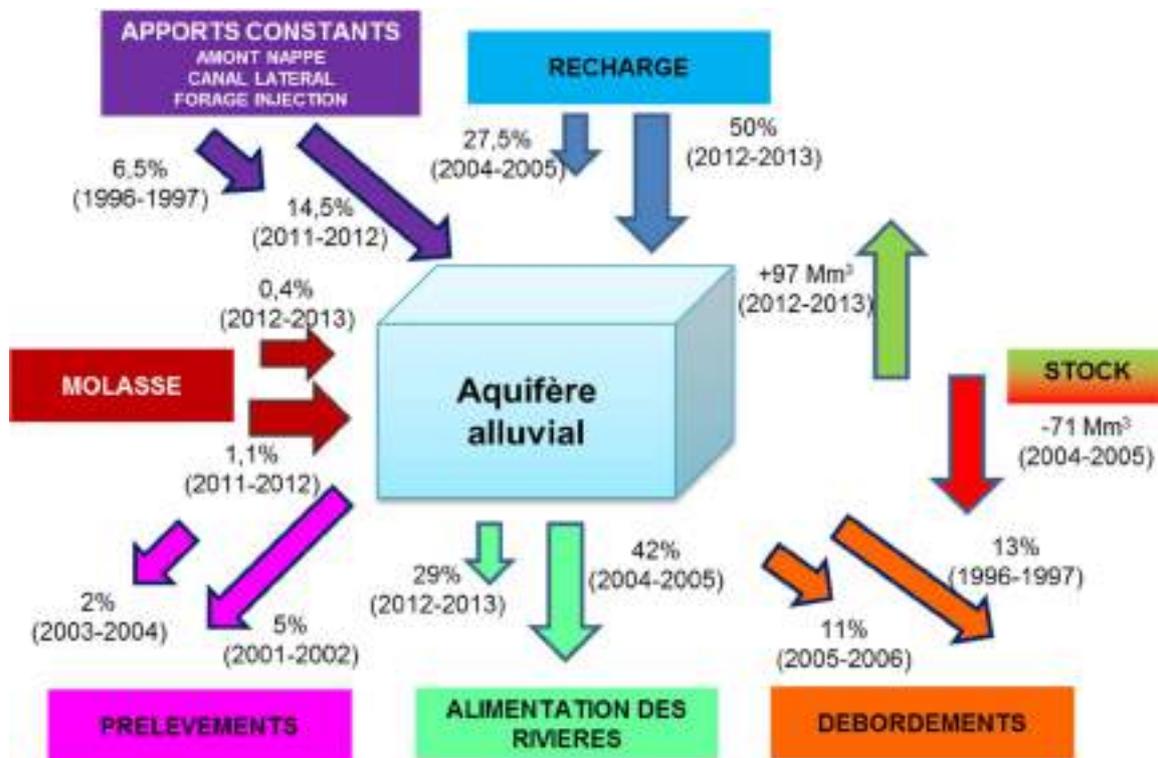


Figure 8. Schéma de synthèse du bilan hydrologique sur la période 1995-2015

3. Gestion des prélèvements en eau souterraine

3.1. Problématique et historique

La ressource étant constituée de nappes alluviales peu épaisses, elle est donc très sensible aux fluctuations climatiques interannuelles, qui sont relativement fortes dans le département. Lors des années sèches, la baisse des niveaux d'eau occasionne un tarissement de certains puits et l'apparition de conflits d'usage localisés. Par ailleurs, les prélèvements réalisés en nappe constituent un volume d'eau qui fait défaut aux rivières, ce qui accentue les problèmes d'étiage des trois grands cours d'eau qui traversent le département. Néanmoins, cet impact reste relativement peu visible, car le débit des cours d'eau de Tarn-et-Garonne est en très grande partie déterminé par des barrages situés en amont de la zone d'étude. L'apport des nappes à ces cours d'eau est donc relativement marginal par rapport à l'amont.

A la fin des années 1990, dans un contexte de plus en plus tendu, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, la région et l'Etat se sont engagés dans un programme d'action visant à améliorer la connaissance de la ressource souterraine, puis à en modéliser le fonctionnement. Cette

connaissance a permis de développer un outil d'allocation de l'eau, qui est utilisé pour délivrer aux agriculteurs les autorisations annuelles de prélèvements. La principale originalité de cet outil est qu'il permet d'ajuster les volumes alloués aux usagers en début de chaque année, en tenant compte des conditions climatiques et de la recharge de la nappe.

Le premier mécanisme de gestion mis en place entre 1996 et 2006 reposait sur l'attribution d'autorisations de prélèvement exprimées en débits (Gandolfi et al., 1997). Il a été remplacé ensuite par une gestion volumétrique, reposant sur le calcul d'un volume maximum prélevable et son partage entre les usagers, sous forme de quota individuels.

Initialement sous la seule responsabilité des services de l'Etat, le processus d'allocation a évolué avec l'émergence d'une gestion collective, reposant sur la création d'associations d'usagers auxquelles l'Etat transfère la responsabilité de la gestion des prélèvements.

C'est dans ce contexte que le BRGM a travaillé dès 1995 avec l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et les services de l'Etat pour développer un modèle hydrodynamique et un premier mécanisme de gestion reposant sur l'attribution d'autorisations de prélèvement exprimées en débits. Après l'entrée en vigueur de la loi sur l'eau de 2006, l'Etat doit mettre en place une gestion volumétrique des prélèvements dans tous les bassins ayant été classés Zones de Répartition des Eaux (ZRE, zones de restriction). L'outil de gestion alors utilisé en Tarn-et-Garonne pour attribuer les autorisations de prélèvement (en débit) ne permettant pas de répondre à cette nouvelle exigence, le modèle et l'outil de gestion ont donc été mis à jour, ce qui nécessita la collecte de nouvelles données.

3.2. La mise en place d'un suivi du niveau de la nappe

Jusqu'en 1996, le niveau des eaux souterraines était mesuré en un seul point, ce qui était notoirement insuffisant pour mesurer les fluctuations saisonnières et interannuelles de la nappe, et *a fortiori* pour développer un modèle transitoire.

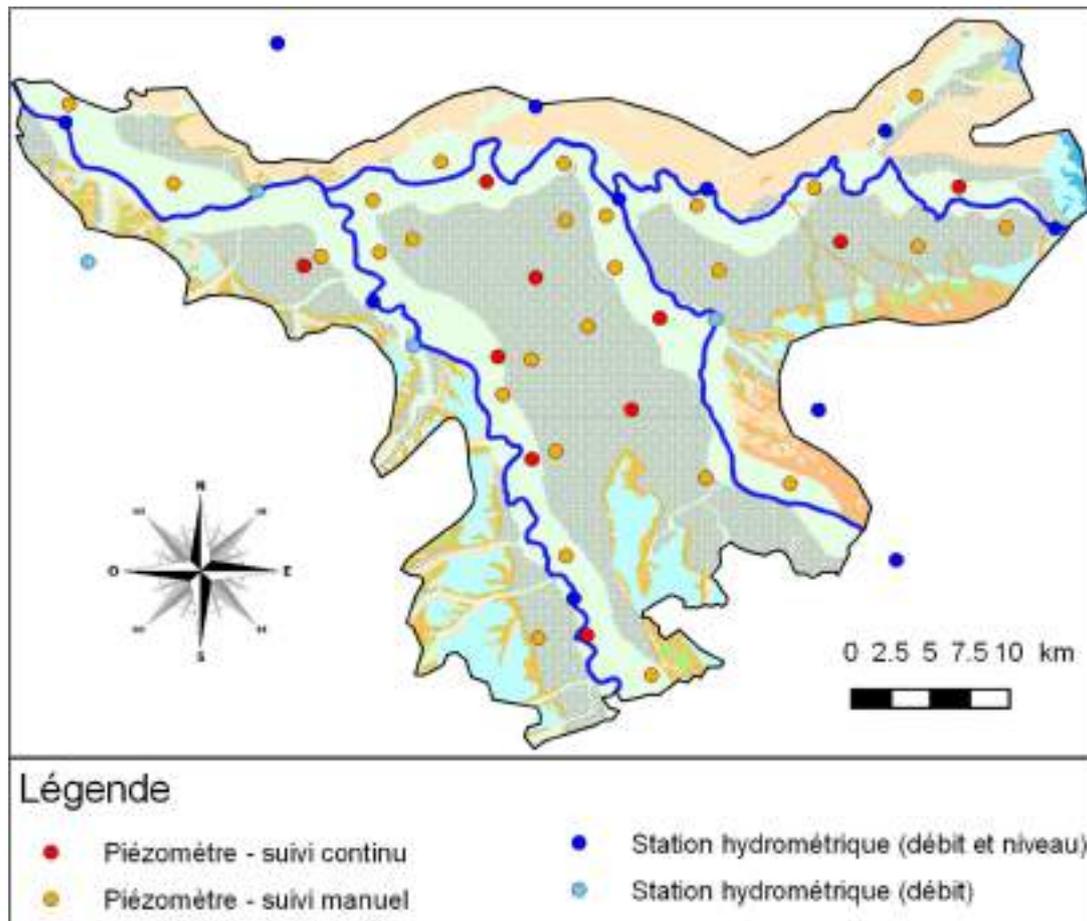


Figure 9. Carte du réseau de suivi de la nappe et des cours d'eau (source : Bardeau et al., 2016)

Pour pallier à ce déficit, deux réseaux de mesures piézométriques ont donc progressivement été mis en place (Ricard, 1998, Ricard et Tilloloy, 1999). Le premier, créé entre 1996 et 2005, mesure et enregistre le niveau d'eau en continu dans dix puits existants, équipés en télémétrie. Le second réseau comprend 26 autres puits (dont 16 sont suivis régulièrement) sur lesquels l'Etat réalise des mesures ponctuelles avec une fréquence bimestrielle (Figure 9). Le suivi des niveaux de la nappe a été complété par le suivi des niveaux et débits des principaux cours d'eau, en utilisant les stations hydrométriques automatiques, complété par des mesures manuelles sur les trois principaux cours d'eau (Garonne, Tarn, Aveyron).

3.3. La refonte du modèle hydrodynamique

Ces données ont permis le développement d'un nouveau modèle en régime transitoire¹, qui permet d'estimer la ressource en eau disponible chaque année à partir de 2007 (Ghyselinck-Bardeau, 2004a, 2004b, 2007). Ce modèle permet de reproduire les fluctuations saisonnières et interannuelles des niveaux d'eau, en tenant compte de la variabilité des précipitations et des

¹ Le calage du modèle sur les chroniques piézométriques a été réalisé sur la période 1996-2005, avec un pas de temps bimestriel, soit un état de la nappe simulé tous les deux mois, les prélèvements pour l'irrigation étant affectés sur les mois de juin-juillet et août-septembre.

prélèvements observés. La résolution spatiale du modèle est également améliorée, avec un maillage de 250 mètres de côté.

Douze scénarii de recharge annuelle ont ensuite été élaborés à partir des données climatiques de la station de Montauban, mesurant les précipitations depuis 1949. Sept scénarii de prélèvements basés sur les prélèvements de l'année 2005 augmentés ou diminués de 0 à 30 % ont également été construits. En combinant ces scénarii, 84 simulations ont été réalisées, prédisant chacune le niveau de la nappe à la fin de la période d'irrigation. Ces simulations ont été utilisées pour définir le volume et le débit prélevables pour 12 scénarii de recharge. Les nouvelles valeurs de débits et de volumes prélevables estimés avec ce modèle sont en moyenne plus élevées que dans l'outil fonctionnant depuis 1996.

3.4. Un outil pour l'allocation annuelle de la ressource en eau

Les résultats de l'ensemble de ces simulations sont intégrés dans un outil d'aide à la décision utilisé par la Mission Inter-Services de l'Eau (MISE), mission des services déconcentrés de l'Etat, pour délivrer les autorisations annuelles de prélèvements. Cet outil, toujours développé sous Excel, contient deux modules utilisés successivement par la MISE pour délivrer les autorisations administratives de prélèvements (en janvier) puis les volumes effectivement disponibles en juin (Saplaïroles, 2005).

En janvier, lorsque l'administration doit délivrer les autorisations d'usages, la recharge annuelle de la nappe n'est pas encore terminée. Les agriculteurs souhaitent cependant déjà disposer d'une information pour planifier les cultures et les surfaces qu'ils vont implanter. La MISE saisit alors dans l'outil de gestion les données de cumul de recharge de la nappe entre octobre et janvier, en se basant sur les précipitations observées. Elle précise ensuite une hypothèse relative à la recharge attendue dans les trois mois à venir. La somme des deux fournit une hypothèse de recharge annuelle probable. Cette hypothèse est comparée aux 12 scénarii de recharge pré-calculés. Le scénario le plus proche des conditions de l'année en cours est utilisé pour déterminer le volume maximum prélevable. La MISE compare ensuite ce volume prélevable aux demandes de prélèvements des agriculteurs et des services d'eau potable. Elle applique ensuite un schéma décisionnel (cf. paragraphe suivant) pour définir les volumes attribués à chaque demandeur dans l'autorisation qu'elle leur délivre. Le volume spécifié dans cette autorisation est un volume prévisionnel, susceptible d'être révisé si les précipitations printanières sont moins élevées que prévu.

Le second module est utilisé au début du mois de juin, lorsque commence la période d'irrigation. Les précipitations efficaces pour l'intégralité de l'année hydrologique sont alors connues (à de rares exceptions près, les précipitations estivales ne génèrent pas de recharge) et une estimation de la recharge annuelle peut être fournie à l'outil de gestion. Comme précédemment, le scénario le plus proche des conditions de l'année en cours est utilisé pour fournir le volume prélevable pour chacune des 58 zones de gestion définies en 1996. Dans le cas d'une recharge printanière plus faible qu'escomptée, les volumes prélevables effectivement alloués sont inférieurs à ceux qui avaient été précisés dans l'autorisation annuelle, établies par anticipation en janvier.

3.5. Différenciation entre les droits à l'eau et l'attribution de l'eau

Une fois le volume prélevable estimé, il est partagé entre les usagers au prorata du débit qu'ils sont autorisés à prélever. Il s'agit en effet d'un droit d'usage valable dans le long terme qui donne accès à une fraction de la ressource disponible. L'allocation est le volume annuel, qui est estimé chaque année à l'issue du calcul du volume prélevable, tel qu'il a été présenté ci-dessus.

Le Tableau 2 présente la manière dont les allocations individuelles sont estimées chaque année. Au début de l'année N, les usagers informent le gestionnaire de leur projet d'irrigation. Ils déclarent ainsi la partie de leur droit d'usage qu'ils souhaitent activer (1) et ce qu'ils ne comptent pas utiliser (2). Le gestionnaire calcule alors la demande totale maximale pour l'année N (5), sur la base d'un plafond d'allocation unitaire fixé par grand bassin hydrographique (4). Si cette demande totale dépasse le volume prélevable admissible (6), un coefficient de réduction devra être appliqué pour définir l'allocation réelle (9). A noter que les usagers ayant ajourné l'utilisation d'une partie de leur droit d'usage une année peuvent sans contrainte l'activer l'année suivante.

Les deux exemples présentés dans le Tableau 2 illustrent le raisonnement appliqué pour l'année 2015 à une zone de gestion sur-allouée (Zone 13, bassin de la Garonne) et une sous-allouée (Zone 14, bassin du Tarn). Dans la zone 13, la somme des droits d'usage s'élève à 1 048 m³/h. Les usagers ne peuvent pas recevoir l'allocation maximale (833 m³/m³/h) car le volume total auquel cela correspondrait (872 984 m³) dépasse nettement le volume prélevable admissible (VPA), estimé à 284 954 m³ en 2015 avec l'outil de gestion. L'allocation effectivement attribuée aux usagers est réduite à 358 m³/m³/h, ce qui correspond au VPA divisé par le droit d'usage activé pour cette année 2015. En revanche, dans la zone 14, les usagers peuvent recevoir l'allocation maximale, qui est de 686 m³/m³/h, car la zone ne souffre pas d'un problème de sur-allocation historique.

Tableau 2. Justification de l'évaluation de l'allocation annuelle (source : DDT Tarn-et-Garonne, 2015)

Opération	Libellé	Zone 13 Garonne	Zone 14 Tarn	Unité
1	Droits d'usage activés pour l'année N	797	235	m ³ /h
2	Droits d'usage non activés (possiblement activé pour année > N)	251	27	m ³ /h
3 = 1 + 2	Total des droits d'usage	1 048	262	m ³ /h
4	Allocation maximale dans la zone	833	686	m ³ /m ³ /h
5 = 3 x 4	Volume maximum demandé (année N)	872 984	179 732	m ³
6	Volume Prélevable Admissible (VPA) pour année N	284 954	249 637	m ³
7 = Max(5 - 6, 0)	Dépassement de la demande en volume	588 030	0	m ³
8 = 5 / 6	Taux d'exploitation de la nappe	306 %	72 %	% du VPA
9 = Min(6 / 1, 4)	Allocation pour l'année N	358	686	m ³ /m ³ /h

4. L'émergence d'une gestion collective

La mise en œuvre de la loi sur l'eau de 2006 a conduit à la création d'associations d'usagers agricoles, appelées Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC). Leur mise en place a été accompagné de l'annulation de toutes les autorisations individuelles de prélèvement et leur remplacement par une autorisation unique, correspondant à la somme des anciennes autorisations individuelles, attribuée à l'OUGC. Celui-ci est ensuite chargé d'élaborer ses propres règles pour effectuer le partage entre ses membres.

Dans le département de Tarn-et-Garonne, la mise en place de ces associations s'est traduite par un découpage du territoire occupé par la nappe alluviale en 5 OUGC, ce découpage correspondant aux bassins versants des principales rivières traversant le département. Le nombre de zones de gestion a été réduit à 21 et leur contour géographique adapté à celui des OUGC (Figure 10). Les prélèvements réalisés dans la nappe d'accompagnement continuent d'être gérés comme de l'eau superficielle.

Le modèle hydrogéologique a fait l'objet de nouvelles améliorations² qui ont permis d'affiner le calcul des Volumes Prélevables Admissibles. L'une des principales modifications est la prise en compte, dans le calcul, d'un niveau minimum de la nappe qui ne doit pas être franchi. Ce niveau, fixé dans chaque maille du modèle, correspond à une année sèche de référence.

² Les améliorations concernent la géométrie du réservoir ; le calcul de la recharge ; la prise en compte des fluctuations du niveau d'eau dans les rivières et une réduction du pas de temps de 2 mois à 10 jours (Bardeau et al., 2016 ; Thiéry, 2014). Le calage du modèle a également été repris en utilisant les données issues du suivi de la nappe sur la période 2005-2015 ; il a été validé sur la période 1995-2015.

Le résultat des nouvelles simulations réalisées pour des années climatiques très contrastées montre que les volumes disponibles pour l'irrigation varient de 14 (en 2001-2002) à 130 millions de m³/an (en 1992-1993) pour l'ensemble des nappes alluviales du département. En comparant, sur la période 2006-2012, les demandes de prélèvements agricoles cumulées par zone de gestion aux VPA, le modèle montre que les trois scénarii climatiques les plus secs (recharge minimale, vicennale sèche et décennale sèche) provoqueraient des réductions drastiques (jusqu'à 83 %) sur une à cinq zones de gestion. Les zones de gestion n°17 et 21 sont les plus vulnérables à une faible recharge annuelle. Pour toutes les autres années de recharge plus humides (de la quinquennale sèche à l'année de recharge maximale jamais observée), les demandes de prélèvements agricoles actuelles peuvent être satisfaites sur toutes les zones de gestion (Figure 11; *Error! No se encuentra el origen de la referencia.*).

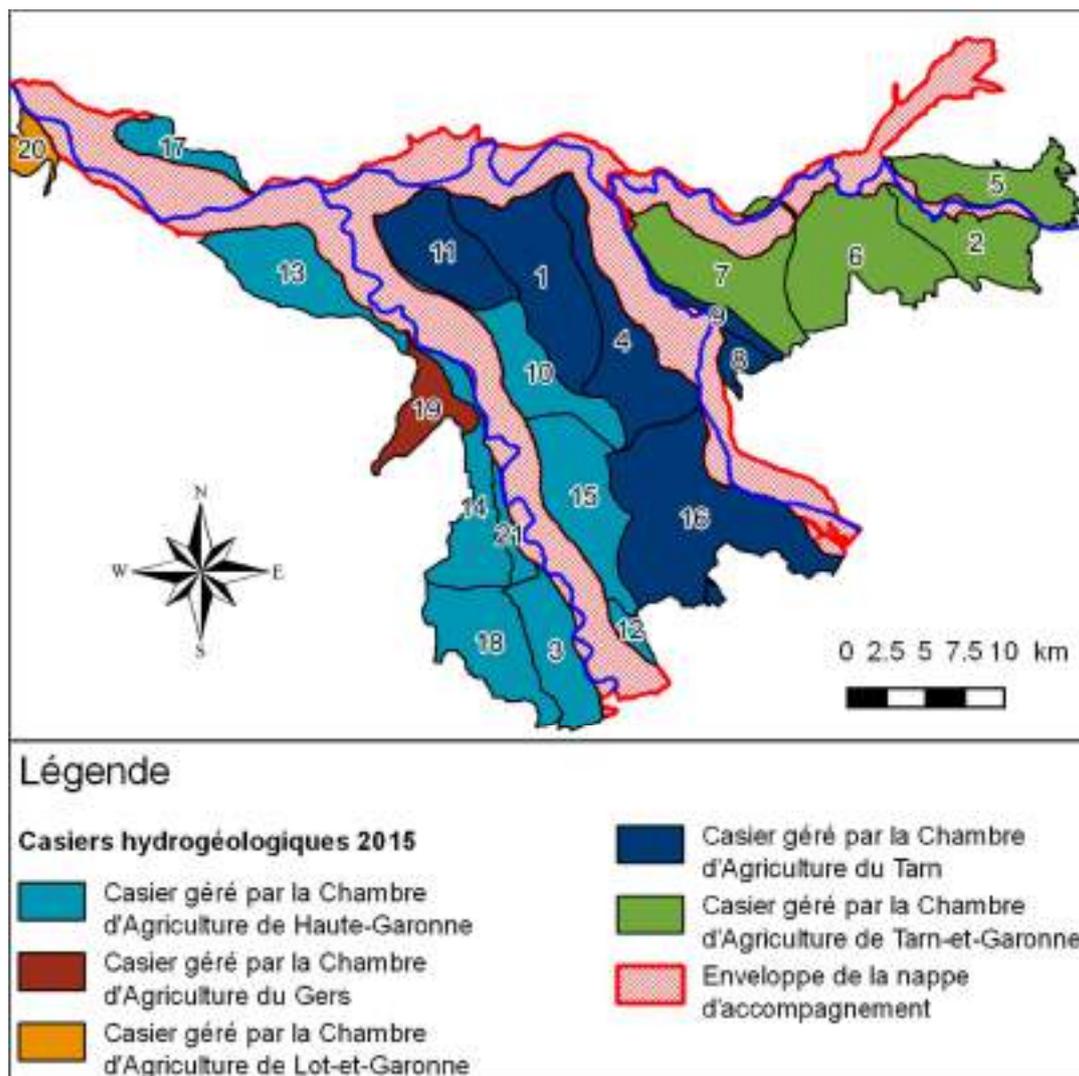


Figure 10. Carte des 21 zones de gestion gérés par les OUGC, ici, les Chambres d'Agricultures départementales (source : Bardeau et al., 2016)

L'outil de gestion a également été amélioré. Le calcul de la recharge a été intégré à l'outil, à qui l'utilisateur doit simplement fournir les données de précipitation et d'évapotranspiration. La nouvelle version permet également d'estimer les volumes prélevables à trois moments

distincts : fin janvier (au moment de la réception des projets d'irrigation), fin mars (avant l'attribution des autorisations) et début juin (pour vérifier que les volumes autorisés sont cohérents avec la ressource disponible).

Cet outil, qui n'était jusqu'alors utilisé que par les services de l'Etat, a été transféré aux cinq OUGC, qui peuvent l'utiliser pour allouer les volumes prélevables à leurs membres. Les règles d'allocation précédemment utilisées par l'Etat pour partager le volume ont été reconduites par les OUGC.

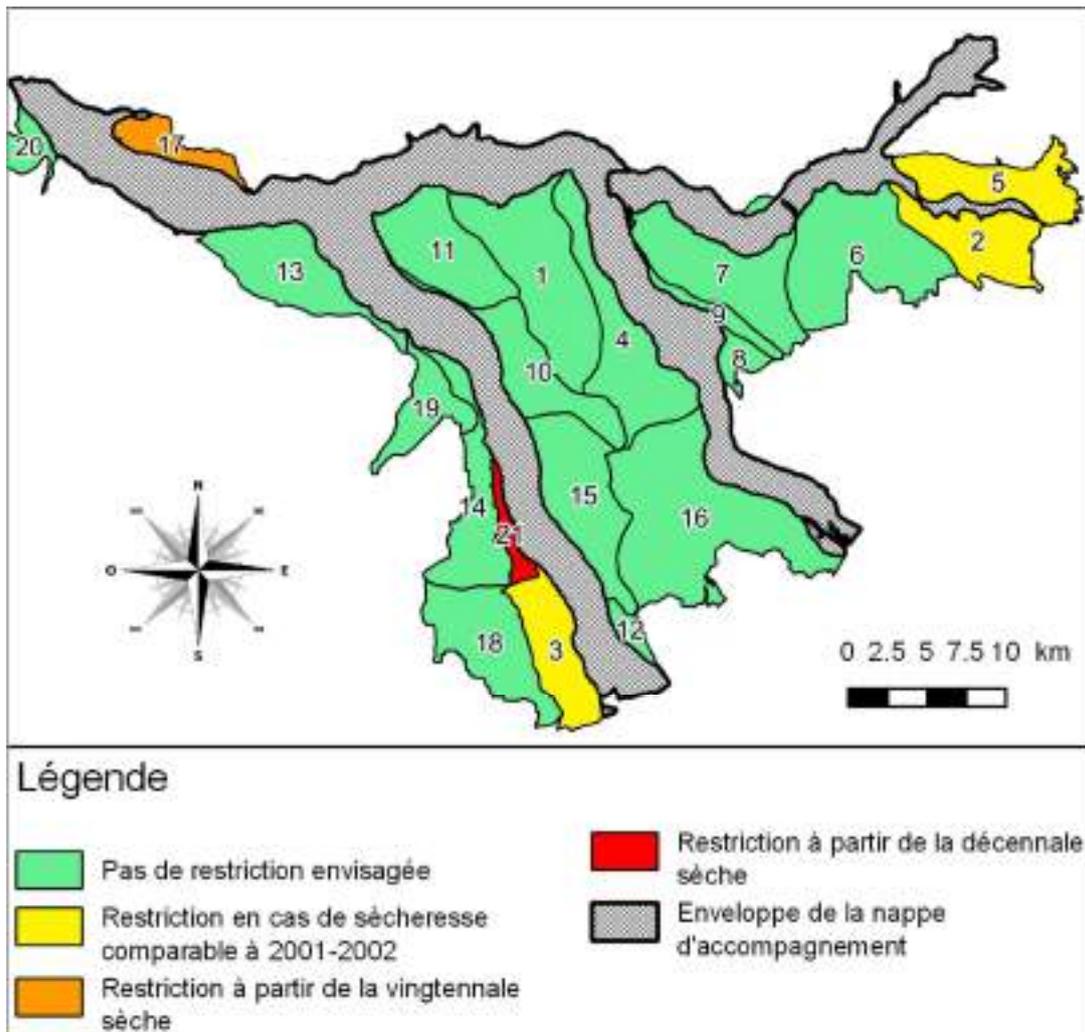


Figure 11. Carte des restrictions prévisibles sur la base de prélèvements comparables à ceux de la période 2006-2012 (source : Bardeau et al., 2016)

5. Pratiques innovantes pour améliorer la gestion des volumes prélevables dans les eaux souterraines

Le projet SUDOE AQUIFER se concentre sur les instruments innovants pour la gestion intégrée de la pénurie croissante des ressources en eau. Dans le cas d'étude centré sur la plaine alluviale

de Tarn-et-Garonne, plusieurs actions ont été entreprises pour améliorer le suivi de la nappe et la gestion des volumes prélevables.

Tout d'abord, le réseau piézométrique de suivi a été complété par le forage de 4 nouveaux ouvrages et l'installation de 8 nouveaux enregistreurs de niveau, température et conductivité dans les 4 nouveaux ouvrages ainsi que dans 4 ouvrages existants, précédemment suivis manuellement (Activité 1.2 du projet SUDOE AQUIFER). Ces 8 nouvelles sondes ont été implantées dans 8 zones de gestion qui ne disposaient pas encore d'un suivi automatisé et pour lesquelles les prélèvements connus dans les eaux souterraines étaient les plus importants. Désormais, 13 des 21 zones de gestion sont suivies en continu, et seules les zones les moins prélevées restent à équiper.

Dans un second temps, l'ensemble des points de suivi disposant d'une chronique d'au moins 15 ans de mesures en continu ont fait l'objet d'une modélisation prédictive des niveaux de nappe, permettant d'anticiper les niveaux piézométriques en fin d'étiage (Activité 2.2 du projet SUDOE AQUIFER). Ces modélisations seront disponibles sur la plateforme MétéEAU Nappes (<https://meteeanappes.brgm.fr/fr>, Mougin et al., 2020).

Enfin, ces modélisations serviront à alimenter un nouvel outil de gestion, dans lequel seront définis des seuils piézométriques associés à des volumes prélevables dans chaque zone. Ces volumes seront déterminés à l'aide du modèle hydrodynamique. L'outil sera disponible en ligne comme démonstrateur d'une gestion durable de la ressource, bénéficiant des nouveaux outils permettant d'accéder aux données en temps réel (Activité 3.1 du projet SUDOE AQUIFER).

6. Bibliographie

Bardeau M., Le Cointe P. (2016). Gestion des systèmes aquifères alluviaux dans le bassin Adour-Garonne – Résultats de la modélisation et outil de gestion des prélèvements dans le Tarn-et-Garonne. Rapport BRGM/RP-65583-FR.

Bouroullec I. (2013). Carte géologique harmonisée du département du Tarn-et-Garonne. Rapport BRGM/RP-61974-FR.

Gandolfi J.M., Danneville L., Petit V., Tilloloy F. (1997). Connaissance, évaluation et protection des aquifères alluviaux de Tarn-et-Garonne (82). Rapport BRGM/R-39543.

Ghyselinck-Bardeau M. (2004a). Etude des aquifères alluviaux du Tarn-et-Garonne – Modélisation nappe-rivière en régime transitoire (Garonne, Tarn et Aveyron) – Rapport intermédiaire – Année 2. Rapport BRGM/RP-53207-FR.

Ghyselinck-Bardeau M. (2004b). Etude des aquifères alluviaux du Tarn-et-Garonne – Modélisation nappe-rivière en régime transitoire (Garonne, Tarn et Aveyron) – Rapport final – Année 2. Rapport BRGM/RP-53406-FR.

Ghyselinck-Bardeau M. (2007). Gestion des systèmes alluviaux dans le bassin Adour-Garonne – Modélisation de la nappe alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le département de Tarn-et-Garonne – Rapport final. Rapport BRGM/RP-55315-FR.

Mougin B., Nicolas J., Vigier Y., Bessière H., Loigerot S. (2020). « MétéEAU Nappes » : un site Internet contenant des services utiles à la gestion des étiages. La Houille Blanche, numéro 5, p. 28-36. <https://doi.org/10.1051/lhb/2020045>

Ricard J. (1998). Gestion des systèmes alluviaux dans le bassin Adour-Garonne – Appui à la Police de l’Eau en Midi-Pyrénées – Mise en place des réseaux d’acquisition de données sur les aquifères alluviaux du Tarn-et-Garonne en vue de la réalisation d’un modèle en régime transitoire (phase 2 – tranche 1). Rapport BRGM/R-40364.

Ricard J., Tilloloy F. (1999). Gestion des systèmes alluviaux dans le bassin Adour-Garonne – Appui à la Police de l’Eau en Midi-Pyrénées – Réseaux d’acquisition des données sur les aquifères alluviaux du Tarn-et-Garonne (phase 2 – tranche 2). Rapport BRGM/R-40731.

Saplaïroles M. (2005). Etude des aquifères alluviaux du Tarn-et-Garonne – Présentation de l’outil de gestion issu de la modélisation en régime transitoire. Rapport BRGM/RP-54309-FR.

Thiéry D. (2014). Logiciel GARDÉNIA, version 8.2. Guide d’utilisation. Rapport BRGM/RP-62797-FR, mise à jour : Juin 2021 (version 8.8).

Thiéry D. (2021). Code de calcul MARTHE – Modélisation 3D des écoulements dans les hydrosystèmes – Notice d’utilisation de la version 7.8. Rapport BRGM/RP-69541-FR.