

A photograph of a waterfall cascading over rocks in a lush green forest. The water is white and foamy as it falls. The surrounding vegetation is dense and green. A large white circle is overlaid on the center of the image, containing the title text.

# **Disponibilité de l'eau et changement climatique**

.....

**Coordination : Alain Dupuy, Henri Etcheber, Denis Salles**

**Contributeurs "Eau de surface" : Bruno Coupry, Frederic Montigny, Éric Sauquet**

**Contributeurs "Eau souterraine" : Olivier Cabaret, Fabrice Compère, Alexandra Courtin-Nomade, Hugo Delottier, Olivier Douez, Bruno de Grissac, Emmanuel Joussein, Nicolas Pédrón, Gilles Porel, Alexandre Pryet, Moumtaz Razack, Marc Saltel, Arnaud Wuilleumier**

**Contributeurs "Gouvernance de l'Eau" : Benoît Labbouz, Vincent Marquet, Jean-Christophe Pereau, Nicolas Rocle, Mathilde Chaussecourte**

.....

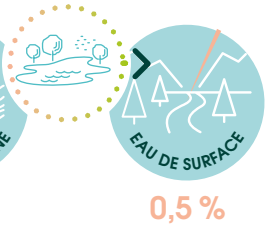
*Régionalement, le changement climatique se traduit par une élévation de la température de l'air, une variabilité de la pluviométrie annuelle et par une augmentation globale de l'évapo-transpiration. Ce chapitre aborde la caractérisation des eaux de surface, des eaux souterraines et les orientations de la gouvernance de l'eau sous contrainte du changement climatique. Cette vision hydroclimatique intégrée repose sur trois principes : l'unicité de la ressource en eau ayant vocation à satisfaire durablement et équitablement usages et fonctionnalités écologiques ; la spécificité des ressources en eau par leur origine, leur quantité et leur renouvellement ; le besoin de renouveler les modes de gouvernance de l'eau pour accompagner les défis du changement climatique. Pour les eaux de surface, si les multiples cours d'eaux de la région présentent des différences très prononcées, une diminution de leur disponibilité est prévisible dans les prochaines décennies, accompagnée de transformations des cycles hydrologiques.*

*La disponibilité de l'eau souterraine peut évoluer du fait d'une variation des conditions hydrologiques. Les aquifères de socle du Limousin présentent des risques d'étiages sévères plus fréquents et intenses. Sur les aquifères libres de Poitou-Charentes déjà fortement sollicités pour l'agriculture irriguée, les variations piézométriques sont largement influencées par la pluviométrie et les températures marquent une tendance à la hausse. Des expertises hydro-climatiques systématiques par territoires et par types de cours d'eau et d'aquifères sont désormais nécessaires pour anticiper les effets socio-économiques et écologiques du changement climatique. L'anticipation du changement climatique doit s'appuyer sur l'évaluation d'expérimentations et d'initiatives innovantes portées par une diversité d'acteurs de la société et sur un accompagnement par des collectifs dédiés (science-politique-économie-société civile) pour assurer la transition socioécologique des territoires régionaux. La gouvernance adaptative doit anticiper les contraintes et les opportunités en satisfaisant les usages et le respect de la qualité des milieux hydriques.*

# UNICITÉ DE LA RESSOURCE

# PROBLÉMATIQUE HYDROCLIMATIQUE

## 3 TYPES D'EAU DOUCE MONDIALE

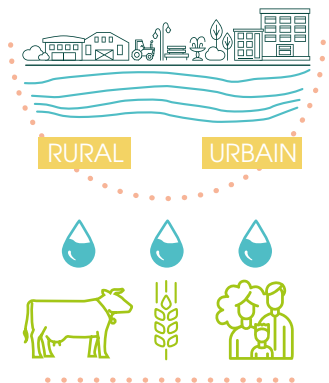


74 000 km de cours d'eau  
1,5 milliards de m<sup>3</sup> D'EAU DOUCE prélevés en 2015 en Nouvelle-Aquitaine

- 46 %** agriculture
- 34 %** eau potable
- 12 %** industrie
- 8 %** énergie

- 1 **ÉTIAGES** + SÉVÈRES + LONGS  
**CYCLE** ↓↑ **HYDROLOGIQUE** perturbé
- 2 **-20 % à -40 %** DE DÉBITS DES RIVIÈRES  
↓↑ **SUREXPLOITATION** des eaux souterraines
- 3 **+1°C → +1,6 %** D'EAU POTABLE consommée

## DE L'EAU POUR LES TERRITOIRES ET LES MILIEUX



**SOLIDARITÉ**

Élargir le cercle des participants

**MIX HYDRIQUE**



**Anticipation** du changement climatique

# 1 INTRODUCTION

Dans le premier rapport AcclimaTerra [1], la question de l'eau en Aquitaine face au changement climatique avait fait l'objet de chapitres distincts qui abordaient **la vulnérabilité de l'eau** face au changement climatique, **la disponibilité des eaux de surface et des eaux souterraines**. Les effets du changement climatique sur l'évolution de la disponibilité en eaux [2], constituent un enjeu majeur auquel la région Nouvelle Aquitaine est déjà confrontée. Evaluer la quantité d'eau disponible, sa répartition dans l'espace mais aussi en termes de saisonnalité, la manière de la partager, est indispensable pour définir correctement des stratégies d'adaptation. Toutefois, si le changement climatique s'impose comme un important facteur de risques pour la disponibilité en eau, il vient se surajouter aux impacts anthropiques, aux facteurs socio-économiques et aux problèmes de gouvernance de l'eau que traverse la gestion de l'eau depuis plusieurs décennies.

L'objectif de cette contribution est d'ouvrir une réflexion transversale sur le mix hydrique en Nouvelle-Aquitaine à l'horizon 2050 : le mix hydrique – en référence au concept de mix énergétique – peut être défini par plusieurs dimensions :

- une combinaison raisonnée de différentes ressources en eau (eaux souterraines, eaux de surface, re-usage, recharge) pour satisfaire les usages et respecter les fonctionnalités écologiques ;
- une combinaison de leviers (scientifique/ technique/économique/social/politique) qui permet de déterminer la gouvernance de l'eau sur le territoire régional. La définition d'un mix hydrique nécessite d'aborder de manière intégrée la question des effets du changement climatique à l'échelle territoriale en articulant les aspects

hydrologiques, hydrogéologiques, écologiques avec les dimensions socio-économiques, normatives et politiques concernant les usages et les modes de gouvernance de l'eau.

Cette analyse transversale de la « disponibilité de l'eau » repose sur trois principes, le premier affiche l'unicité de la ressource en eau ayant vocation à satisfaire durablement et équitablement usages et fonctionnalités écologiques ; le deuxième considère la spécificité des ressources en eau par leur source, leur quantité et leur renouvellement ; le troisième souligne le besoin de renouveler les modes de gouvernance de l'eau pour accompagner les défis du changement climatique.

Le chapitre est organisé en trois sections. Après un bref rappel des prélèvements en eau en Nouvelle-Aquitaine, la première et la deuxième section visent à établir un diagnostic actualisé de la situation des eaux de surface et des eaux souterraines à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine. La troisième section aborde l'incursion récente et croissante du changement climatique dans la gouvernance territoriale de l'eau. La conclusion énonce quelques principes utiles à la définition du mix hydrique optimum pour la région dans le contexte du changement climatique.

## PRÉLÈVEMENTS D'EAU EN NOUVELLE-AQUITAINE

Pour satisfaire les usages domestiques, les besoins des activités industrielles et agricoles, des services ainsi que de production d'énergie, des prélèvements sont effectués dans les eaux de surface et les eaux souterraines.

En 2014, 29,9 milliards de m<sup>3</sup> d'eau ont ainsi été prélevés en France. Les consommateurs d'eau potable ont utilisé 5,4 milliards de m<sup>3</sup> soit environ 18 % du total prélevé.

L'industrie et l'irrigation occasionnent des prélèvements comparables, autour de 3 milliards de m<sup>3</sup>. Le secteur de l'énergie prélève quant à lui 18,8 milliards de m<sup>3</sup> (près de 63 % du total prélevé).

Ces prélèvements se font en majorité dans les eaux de surface (81 %), sauf pour l'eau potable pour laquelle le recours aux eaux souterraines est fréquent à cause de leur meilleure protection vis-à-vis du risque sanitaire. Ces 10 dernières années, la tendance des prélèvements pour ces quatre usages est à la baisse. Cette évolution reste toutefois très dépendante des conditions climatiques et des pratiques de production, notamment agricoles.

Les prélèvements ne représentent que très partiellement les pressions réelles exercées par les activités humaines sur la ressource en eau. En effet, il est important de distinguer le prélèvement (quantité soustraite au milieu à un instant donné) et la consommation (différence entre la quantité prélevée et la quantité restituée dans le milieu ou encore les volumes qui, après usage, ne sont pas restitués au cycle de l'eau continental).

C'est la consommation qui traduit donc véritablement la pression exercée sur le milieu. Elle est variable selon les usages. La consommation d'eau peut donc conduire à des déséquilibres locaux, occasionnels ou chroniques, compromettant le respect du « bon état » des milieux aquatiques et des eaux souterraines ainsi que la satisfaction de besoins futurs.

En 2015, les prélèvements en eau en Nouvelle-Aquitaine, tous usages confondus, s'élèvent à 1,5 milliards de m<sup>3</sup> (hors centrale nucléaire de production d'électricité de Blayais qui prélève dans les eaux saumâtres).

Avec 500 millions de m<sup>3</sup> prélevés, la part des volumes pour les besoins en eau potable est de 34 % (Figure 1). Ces volumes se sont stabilisés malgré une augmentation de la population.

Les prélèvements agricoles sont estimés à 674 millions de m<sup>3</sup> (46 % des volumes prélevés). Ils sont très dépendants des situations pluviométriques annuelles. En Nouvelle-Aquitaine, les prélèvements agricoles pour l'irrigation sont réalisés à 65 % dans les eaux souterraines (contre environ 35 % pour la France).

Le secteur industriel prélève 174 millions de m<sup>3</sup> (12 % du volume total). Les prélèvements sont en baisse régulière, le niveau de consommation est relativement faible du fait d'un rejet systématique des eaux après usages. Les prélèvements effectués dans les eaux de surface sont à hauteur de 77 %. Les eaux stockées pour l'énergie hydroélectrique peuvent être mobilisées pour le soutien d'étiage en période critique. Les enjeux du secteur industriel portent davantage sur le traitement des rejets et les impacts sur la qualité des milieux. Les eaux prélevées pour la production d'énergie (refroidissement de la centrale nucléaire de Civaux) se montent à 109 millions de m<sup>3</sup> (8 % du volume prélevé). Les quantités prélevées d'année en année sont stables.

La tendance des prélèvements est à la baisse mais des problèmes persistent en période estivale sur certaines parties du territoire. La coïncidence des étiages (période de plus basse eau des rivières et des nappes) avec l'importance des besoins en eau (irrigation agricole et usages domestiques en particulier) peuvent susciter des problèmes structurels (déficit chronique de la quantité d'eau).



Répartition des volumes d'eau douce prélevés 2015 par usage et hors production d'énergie du Blayais

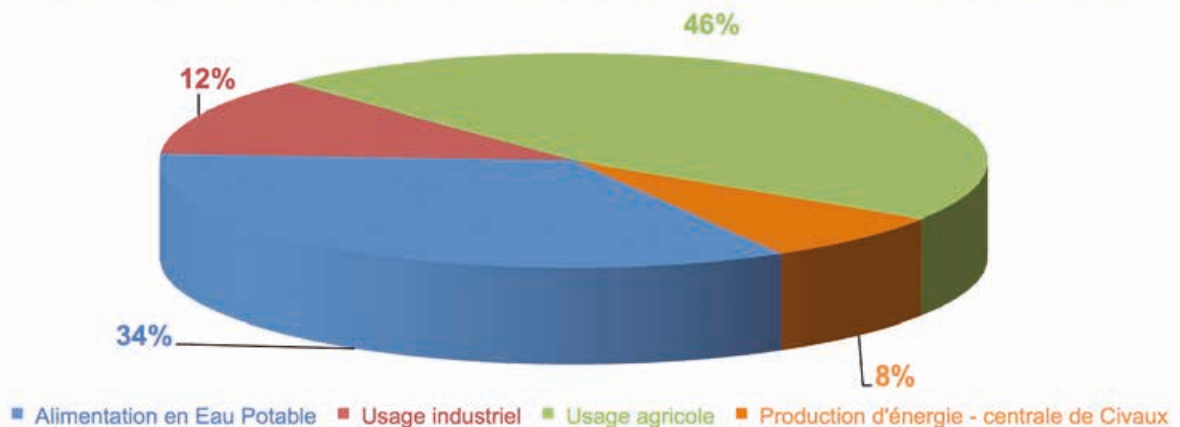


Figure 1: Répartition de volumes d'eau douce prélevés en Nouvelle-Aquitaine en 2015 par usage et hors production d'énergie du Blayais. Données source: Agences de l'eau Adour-Garonne et Loire-Bretagne - EDF; Traitement: ARB NA.

# 2 LA DISPONIBILITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES

La problématique concernant les eaux de surface, traitée lors de l'ouvrage de 2013 ([1] chapitre 8.2), est renouvelée ici en prenant en compte d'une part, l'extension de la dimension géographique de la région Nouvelle-Aquitaine dont le réseau hydrographique se trouve agrandi; et d'autre part, les avancées des recherches hydro-climatiques, tant du point de vue théorique [3] que du point de vue des résultats de terrain.

Les objectifs visés et les approches utilisées, strictement identiques à ceux présentés dans l'ouvrage 2013, sont rappelés dans l'encadré ci-dessous.

## OBJECTIFS ET MÉTHODES

La hausse des températures et les évolutions des précipitations affectent la totalité du cycle de l'eau d'un bassin versant: extension du manteau neigeux, processus d'évapotranspiration, d'infiltration, de stockage dans les nappes et de ruissellement des eaux sont tous concernés. S'ajoutent à cela les prélèvements d'eaux de surface (et d'eaux souterraines) liés à l'action humaine (irrigation, industrie, alimentation en eau potable). Cet ensemble de problèmes qui affecte directement les fluctuations temporelles des débits des fleuves et rivières en Nouvelle-Aquitaine, pose les questions suivantes :

- Quelles sont les tendances d'évolution des débits des rivières en Nouvelle-Aquitaine ?
- Peut-on bénéficier de projections suffisamment fiables sur leur devenir au cours du XXI<sup>e</sup> siècle ?
- Quelles conséquences doit-on attendre sur l'évolution de la quantité, de la qualité des eaux de surface, des cycles biologiques des milieux aquatiques et des usages de l'eau ?
- Peut-on remédier à des évolutions qui pourraient sembler négatives et comment ?
- Pour mesurer les effets du climat sur l'hydrosystème, deux approches complémentaires peuvent être mobilisées :
  1. L'approche statistique (méthode rétrospective) basée sur l'analyse de séries chronologiques longues, permet de dégager des tendances passées et présentes à la lecture des principales variables du cycle de l'eau (précipitations, température et débit examinés sur différents pas de temps (mois, saison ou année)). Cette analyse permet de comprendre les origines des variations par rapport à leur environnement (phase d'attribution à une cause possible) ; cette démarche permet la mise en évidence d'une relation entre le climat et l'évolution des paramètres examinés ;
  2. La modélisation (méthode prospective) propose une simulation de l'évolution future des principales variables relatives au cycle de l'eau et à la gestion de la ressource à partir d'un modèle de fonctionnement de l'hydrosystème validé par des données enregistrées en temps présent. La modélisation climatique est réalisée à grande échelle par les Modèles de Circulation Générale (GCMs). Pour des échelles de gestion plus fines, des méthodes de descente d'échelle (down scaling) visent à représenter des phénomènes météorologiques d'extension géographique limitée. À cette difficulté à décrire le climat à l'échelle spatio-temporelle fine, s'ajoute une connaissance très disparate des actions anthropiques locales, concernant la mesure des prélèvements et de la consommation en eau.

## LE RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE

Aux fleuves et rivières (Adour, Garonne, Dordogne) prenant pour la plupart leur source dans des régions limitrophes (déjà documentées en 2013 [1]), s'ajoutent au nord de la Nouvelle-Aquitaine les cours d'eaux majeurs de la Charente et de la Vienne (affluent de la Loire) et des rivières et affluents de moindre importance (Boutonne – affluent de la Charente, Seudre, Sèvre Niortaise).

Le réseau hydrographique de la Nouvelle-Aquitaine, pris dans son ensemble, présente un panel très diversifié de fleuves et rivières aux caractéristiques très tranchées (Tableau 1, Figure 2) à cause de l'origine et de l'altitude de leur source (Massif Central, Pyrénées...), leur superficie de bassin versant, la nature géologique des sols traversés, leur pente moyenne et leurs débits. Des régimes hydrologiques différenciés (nival, pluvio-nival, pluvial, océanique) et des spécificités locales très prononcées tant des points de vue climatiques, géologiques (variabilités des apports souterrains diffus le long des berges) que des activités anthropiques ajoutent à la complexité des modèles régionaux à mettre en place pour cerner l'évolution future de ce réseau hydrographique.

FLEUVES ET RIVIÈRES	ALTITUDE SOURCE (m)	SUPERFICIE BASSIN VERSANT (km <sup>2</sup> )	LONGUEUR (km)	PENTE (m/km)	Q (m <sup>3</sup> /s)	QS (L/s/km <sup>2</sup> )
Gaves Réunis	1 500	5 030	193	7,7	184	36,7
Nive	1 000	870	79	12,7	31	36
Nivelle	502	165	39	12,9	5	31
Garonne	1 870	51 500	575	3,3	615	12
Adour	1 800	8 900	335	5,4	107	12
Dordogne	1 500	15 000	470	3,2	280	18,6
Vienne	977	21 100	433	2,3	193	9,7
Dropt	174	1 350	132	1,3	4,5	3,7
Isle	380	6 570	255	1,5	65	9,8
Dronne	480	2 820	200	2,4	25	8,9
Midouze	240	2 500	151	1,6	22	8,8
Leyre	106	1 700	116	0,9	19	11,2
Charente	310	9 830	380	0,8	61	8,3
Boutonne	97	1 320	169	0,6	5,5	4,2
Seudre	30	780	71	0,4	1,4	1,8
Sèvre niortaise	11	3 340	246	< 0,1	12	3,6

**Tableau 1 :** Diversité des caractéristiques générales des fleuves et rivières majeurs de la région Nouvelle-Aquitaine (Q: débits, moyennes interannuelles aux exutoires; QS: débits spécifiques par unité de surface).

(Données DREAL-Aquitaine, Midi-Pyrénées).

Trois grands types de fleuves et rivières sont répartis sur sept principaux bassins versants hydrographiques à l'échelle du territoire parcouru par 74 000 km de cours d'eau, dont 12 000 km de cours d'eau principaux :

1. Garonne, Adour, Dordogne et Vienne, rivières aux longs cours, issues de sources en altitude des Pyrénées ou du Massif Central, présentant des débits spécifiques de l'ordre d'une à deux dizaines de L/s.km<sup>2</sup>;
2. Les rivières pyrénéennes du sud de la région Nouvelle-Aquitaine (Gaves, Nive, Nivelle), de longueur très limitée et de sources en altitude, affichant des débits spécifiques de l'ordre de la trentaine de L/s.km<sup>2</sup>;
3. Les rivières, représentant la majorité de celles de la zone d'extension géographique de la région Nouvelle-Aquitaine, de longueurs moyennes et de sources de basse altitude, associées à des débits spécifiques faibles à très faibles, de l'ordre de la dizaine à quelques unités de L/s.km<sup>2</sup>.

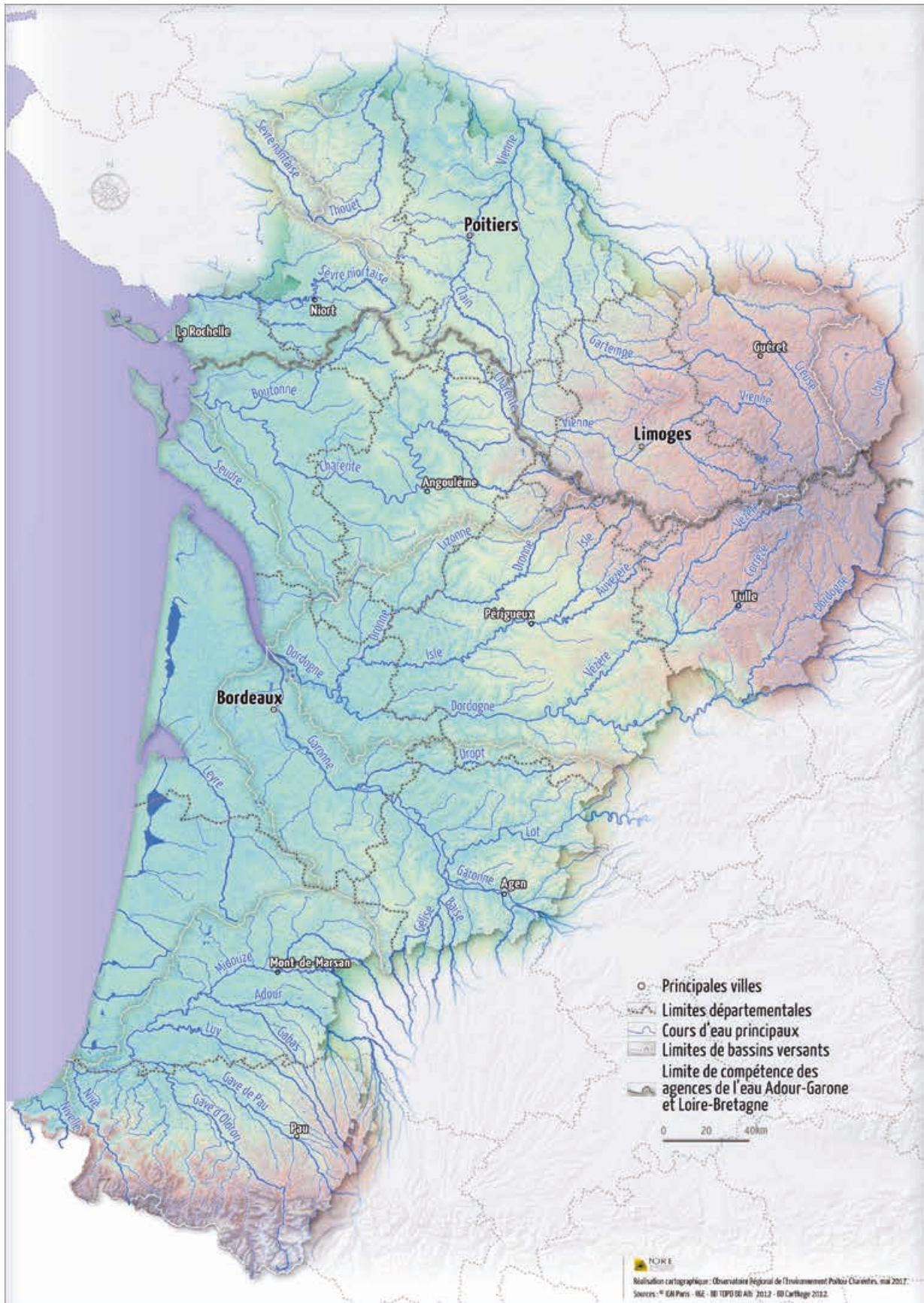


Figure 2: Le réseau hydrographique de Nouvelle-Aquitaine. Source: ARB NA.

Les caractéristiques de ces cours d'eau régionaux auront une influence primordiale sur leur vulnérabilité aux changements globaux (climat et pressions anthropiques).

Pour compléter le tableau, la région Nouvelle-Aquitaine compte également de nombreuses zones humides, notamment d'intérêt communautaire, en particulier dans les têtes de bassin ou à l'extrême aval des systèmes. Le réseau hydrographique est aussi localement parsemé d'étangs et de lagunes, à l'image des étangs du territoire limousin et des étangs littoraux girondins et landais.



## LES ÉVOLUTIONS HYDRO-CLIMATIQUES

Dans la région Nouvelle-Aquitaine, les tendances actuelles d'évolution climatique s'inscrivent dans la lignée de celles observées en France :

- Croissance tendancielle de la température moyenne annuelle, particulièrement marquée au Sud de la région et sur la période estivale ;
- Décroissance globale des précipitations, surtout en période estivale et beaucoup moins nette en hiver, où se dessine toutefois une tendance à une concentration des précipitations hivernales ;
- Augmentation de l'évapotranspiration, assortie d'un assèchement des sols.

Précisons que le signal du changement climatique est plus robuste sur l'évolution de la température que sur celle des précipitations [4].

Les études menées sur la Charente [5] confirment bien ces tendances :

- Nette tendance à l'augmentation de la température moyenne sur la période Juin à Octobre (1,5 °C) sur près de 40 ans, mais également de la température moyenne annuelle ;
- Signal peu marqué et hétérogène de l'évolution des précipitations selon les sites présents dans le bassin : légère diminution sur les 40 dernières années à Cognac, semblant d'évolution à la hausse à Marthon et pas de tendance à Nuaillé-Sur-Boutonne ;
- Augmentation du cumul annuel d'évapotranspiration de l'ordre de 200 mm sur 40 ans.

Ce dernier facteur d'évapotranspiration est primordial, car il impacte la végétation, régit les transferts vers les cours d'eau et les nappes souterraines et peut induire un besoin d'irrigation accru des cultures. Aussi fait-on appel à la notion de pluie efficace (pluie – ETR), qui permet d'évaluer la quantité d'eau qui reste potentiellement disponible à la surface du sol, pouvant alimenter nappes et cours d'eau.

La tendance des cumuls de précipitations efficaces est à la baisse de façon très marquée sur ces 40 années, cette évolution n'ayant fait que se renforcer durant la dernière décennie.

Au vu des résultats sur la Charente [5] et de ceux acquis par des études réalisées sur les bassins versants des cours d'eau de Midi-Pyrénées (Garonne 2050), apparaît clairement la nécessité de s'appuyer sur les études de vulnérabilité en cours sur les cours d'eau majeurs de la région Nouvelle-Aquitaine (Adour 2050, Dordogne 2050, Charente 2050).

## LES TENDANCES ACTUELLES D'ÉVOLUTION DES DÉBITS

Les tendances actuelles d'évolution des débits des cours d'eau de la région Nouvelle-Aquitaine s'inscrivent globalement dans celles des fleuves et rivières français. On observe d'années en années :

- Une baisse des moyennes annuelles des débits de la quasi-totalité des cours d'eau (la **Figure 3** montre cette baisse avec les courbes de tendance linéaire pour la Vienne, la Charente et la Sèvre) ;
- Peu d'évolution nette concernant les phases de crue, tant pour leurs intensités que pour leurs fréquences ;
- Des étiages plus sévères en intensité et en durée.

Ce dernier point souligne la nécessité d'une meilleure anticipation des situations d'étiage dans la région Nouvelle-Aquitaine, notamment du fait de l'importance des besoins en eau pour l'activité agricole à l'étiage. Pour les bassins versants de l'Adour et de la Garonne, près de 70 % des prélèvements d'eau en période d'étiage sont destinés à l'irrigation. Savoir dans quelles conditions l'agriculture irriguée pourra rester une activité économique majeure dans un climat plus chaud et plus sec, et quels sont les changements de pratiques ou les évolutions technologiques nécessaires constitue des questions primordiales pour le futur des deux fleuves.



Au-delà de ces tendances globales, se dégagent des spécificités locales :

- Les rivières pyrénéennes [6] connaissent une aggravation des étiages et une baisse de leur module sur la période 1967-2011. Elles subissent également de fortes modifications dans la cyclicité globale des débits clairement liées aux variabilités des rapports saisonniers pluies/ chutes de neige ;
- Le régime de la Dordogne, efficacement soutenu par la gestion de ses grands barrages amont par EDF, connaît fréquemment des débits estivaux supérieurs à ceux de la Garonne. Cependant, dans sa portion amont (Limousin), de nombreux petits cours d'eau contributeurs de faibles débits subissent des à secs redoutables ;
- Pour la Charente, les difficultés à mesurer les débits en raison de nombreux tributaires non équipés ajoutées aux problèmes pour réaliser des courbes de tarage sur des rivières à très faibles pentes, ne permettent pas de réaliser une analyse de tendance statistique à proprement parler. Cependant, le Plan de Gestion des Étiages [7] a permis de mieux cerner le fonctionnement de ce cours d'eau en prenant en compte la gestion des demandes et le fonctionnement hydrogéologique des ensembles souterrains liés à la géologie du bassin versant à dominante calcaire et à sections à lit quasi-imperméable (socle cristallin).

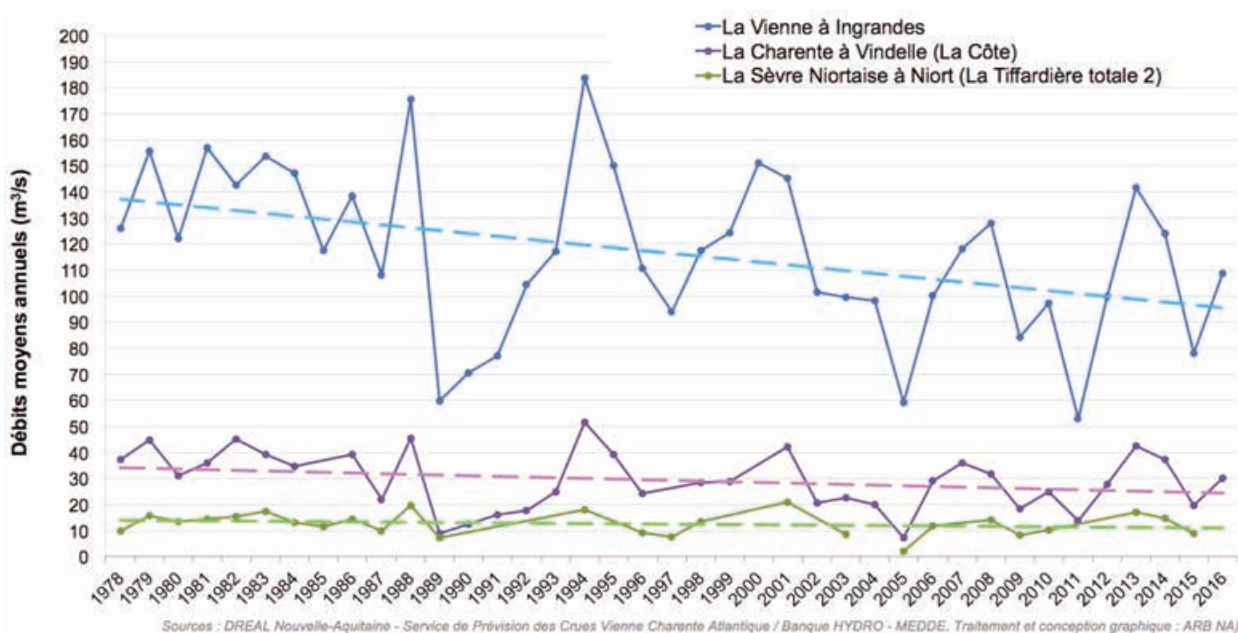


Figure 3 : Évolution des débits moyens annuels depuis presque 40 dans les cours d'eau du nord de la Nouvelle-Aquitaine (Source : ARB NA).

## PROSPECTIVE HYDRO-CLIMATIQUE POUR ANTICIPER LES CHANGEMENTS GLOBAUX

L'évolution du climat joue sur tous les bilans hydrologiques (équilibre pluie, évapotranspiration, infiltration, ruissellement), sans qu'il y ait la moindre action envisageable pour modifier l'évolution probable des températures et des précipitations.

Cerner les évolutions à venir du cycle hydrologique est donc une priorité et cela passe par l'étude d'impact du changement climatique, obligeant la mise en place de longues chaînes de modélisation, du modèle climatique au modèle d'impact en passant par la régionalisation.

Cette démarche a été adoptée à l'échelle du réseau hydrographique en Midi-Pyrénées (Le Treut, 2013) et les sources d'incertitudes accumulées dans de telles approches ont été récemment mieux cernées [3]. Les résultats des modèles régionaux, proposés sur des bassins versants d'autres régions françaises [8] [9] [10] [11], sont perçus comme satisfaisants, même si l'on estime encore que certains paramètres physiques (simulations des précipitations, par exemple) sont sensibles à de telles échelles [12].

Afin de mieux gérer les périodes d'étiage futures, l'EPTB (Établissement Public Territorial de Bassin) Charente a mobilisé des données régionalisées de scénarios climatiques du GIEC, du CERFACS, de Météo-France, qui ont confirmé les tendances climatiques pour l'horizon 2040 :

- Augmentation de la température moyenne annuelle de 1 °C;
- Évapotranspiration croissante (+ 60 mm) pour la période 2000/2040 par rapport à la période 1960-2000;
- Diminution des précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 60 à 80 mm;
- Modification du régime annuel de précipitation, les mois d'hiver étant les plus impactés par cette diminution;
- Diminution de l'ordre de 50 à 70 mm des précipitations efficaces en moyenne.

Avec l'utilisation d'un modèle pluie-débit (CycleauPE, cycle de l'eau pour la prévision des étiages), il en ressort qu'à l'échelle globale de tout le bassin versant de la Charente, les apports d'eau douce à l'estuaire et au bassin de Marennes-Oléron pourraient diminuer globalement de 20 % à moyen terme.

Cette baisse générale s'accompagnera vraisemblablement d'épisodes de crises plus intenses, notamment au cœur de l'étiage qui est la période de prélèvement majeure de l'ensemble des usages.

## PERSPECTIVES

Considérant l'impossibilité à brève échéance de peser sur une évolution rapide du climat (températures, précipitations), l'adaptation à la disponibilité future en eau de surface passera obligatoirement par une gestion optimale des débits des cours d'eau. Cette adaptation sera spécifique à chacun des sous-bassins qui présente des caractéristiques propres très diversifiées, tant du point de vue structurel que du point de vue des usages de l'eau.

Une meilleure lisibilité de l'évolution de la disponibilité de l'eau associe connaissance des impacts du climat et des facteurs anthropiques, sachant que c'est essentiellement sur ces derniers que l'on pourra agir à court et moyen terme. Les études engagées Garonne 2050, Dordogne 2050, Adour 2050, Charente 2050 doivent permettre de mieux anticiper les effets du changement climatique et de préconiser les décisions les mieux adaptées.

Pour passer à une étape d'études hydro-climatiques systématiques sur l'ensemble des cours d'eau de la région, il semble utile de dégager de façon scientifique une typologie des sous-bassins de la Nouvelle-Aquitaine selon un indice de vulnérabilité. La caractérisation proposée constitue à ce stade une base de travail à discuter :

- Rivières à faibles débits spécifiques et soumises à de fortes pressions anthropiques (dont prélèvements agricoles) (Charente, Boutonne, Seudre, Dropt...),
- Rivières à débits spécifiques modérés et soumises à de fortes pressions anthropiques (dont prélèvements agricoles) (Adour, Garonne, Isle, Dronne...),
- Rivière à débits spécifiques plutôt forts et débits régulés par la gestion des barrages EDF mais des petits tributaires amont connaissant à sec sévère (Gaves, Dordogne, Nive...).

# EAUX SOUTERRAINES EN RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE

En 2013, le premier rapport [1] était limité aux systèmes aquifères de l'Aquitaine impactés par le changement climatique, à savoir les aquifères du cœur du bassin (libres ou captifs, de sub-surface ou profonds) ainsi que ceux (fissurés ou karstiques) de la partie occidentale des Pyrénées. Dans cette partie consacrée aux eaux souterraines et aux impacts du changement climatique, l'accent est mis en priorité sur les territoires du Limousin et de Poitou-Charentes. La typologie des systèmes aquifères présents, leur mode de fonctionnement et les impacts du changement climatique sur la disponibilité des ressources seront abordés. Pour la partie Aquitaine, la description hydrogéologique ayant été réalisée dans le premier volume, l'accent est mis sur les résultats de recherches scientifiques engagées sur le fonctionnement des systèmes aquifères sous contrainte du changement climatique. Les différentes approches développées dans cette partie abordent notamment la problématique de la recharge de nappes comme celle de la satisfaction de la demande.

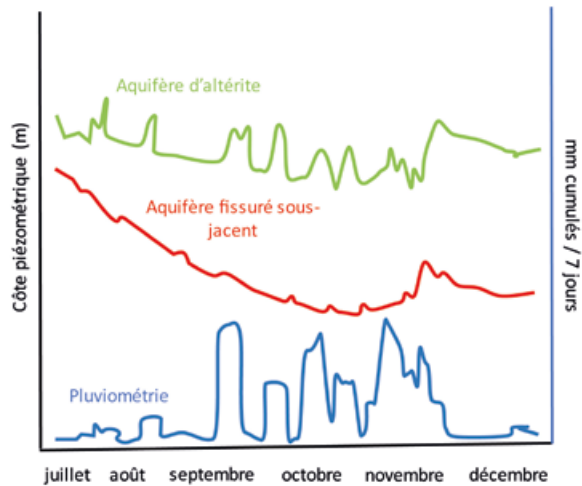
## LE LIMOUSIN ET LES AQUIFÈRES DE SOCLE

Depuis le début des années 2000, dans la tendance des observations réalisées à l'échelle nationale, l'est de la région Nouvelle-Aquitaine est confronté à une augmentation des températures par rapport aux enregistrements du début du xx<sup>e</sup> siècle. À ces épisodes de températures exceptionnelles sont associées des périodes plus déficitaires en précipita-

tions (augmentation de l'aridité et de l'indice de déficit climatique en eau) et des modifications du régime hydrologique. Cette évolution a des répercussions sur la disponibilité de la ressource en eau pour les divers usages associés (eau potable, irrigation, industries...). Les risques d'étiage sévère sont plus fréquents et plus intenses. Dans ces conditions, les réservoirs d'eau se trouvent fragilisés à la fois par une reconstitution plus difficile des stocks et par leur mobilisation pour du soutien d'étiages.

L'année 2015 a été un exemple exceptionnel d'année très déficitaire en précipitations pour trois départements localisés en tête de bassins comprenant la Corrèze, la Creuse et la Haute-Vienne<sup>1</sup>. Ces territoires de la partie occidentale du Massif Central, en raison de leurs contextes géologiques, sont naturellement dépendants des apports pluviométriques, en termes de quantité, de fréquences des épisodes de précipitations et du type de stockage associé (retenue de surface ou aquifère). Leur sous-sol est constitué à plus de 93 % de roches cristallines et cristallophylliennes (granite et gneiss principalement) dont les propriétés hydrodynamiques sont héritées des processus d'altération et de la tectonique. Ces roches de par l'extrême variabilité spatiale de leurs paramètres hydrodynamiques, composent des aquifères composites et discontinus. La partie superficielle et altérée de ces aquifères (altérites) assure la fonction capacitive (stockage de l'eau) alors que la partie fracturée plus profonde est transmissive (circulation des eaux) (Figure 4).

1 • Les travaux de recherche du laboratoire GRESE (Groupement de Recherche Eau Sol Environnement) de l'Université de Limoges apportent des connaissances sur les réserves en eau des départements les plus orientaux de la région Nouvelle-Aquitaine.



**Figure 4 :** Représentation schématique (cote piézométrique en unité métrique arbitraire) de la réponse pluviométrique pour deux ouvrages proches captant distinctement les altérites et le réservoir fissuré sous-jacent. Le signal piézométrique en réponse à ces pluies est bien distinct. Exemple de deux captages de Javerdat (Haute Vienne; année 2016-2017), GRESE.

Dans ces conditions, la réponse de la nappe est fonction de l'épaisseur de la couverture des altérites. L'impact des pluies sur la recharge sera fortement retardé par la plus faible perméabilité des premières formations rencontrées lors de l'infiltration. En conséquence, la faible réserve disponible induit un étiage très rapidement marqué pour les sources et les écoulements de surface.

Dans le cas où l'arène est saturée, les aquifères de socle sont exploitables à faibles profondeurs. Toutefois, bien que la porosité de ces aquifères (pourcentage de vide potentiellement rempli d'eau par unité de volume de matériau permettant de quantifier le stock d'eau présent) soit relativement importante, la perméabilité (conductivité hydraulique qui représente la capacité de circulation de l'eau dans le matériau) est quant à elle très hétérogène avec des valeurs relativement faibles. Compte tenu de ces caractéristiques hydrodynamiques (porosité et conductivité hydraulique), les débits de production des aquifères de socle sont modestes, compris entre 2 et 20 m<sup>3</sup>/h en moyenne dans la région Nouvelle-Aquitaine. Du fait de leur faible conductivité hydraulique de surface, les aquifères de socle « débordent » sur une grande partie de leur superficie, tout particulièrement dans les dépressions topographiques. Il en résulte une multitude d'émergences (sources) à l'intersection entre la topographie et les discontinuités subverticales. Localement, les bassins versants topographiques et souterrains coïncident particulièrement bien.

Le fonctionnement particulier et complexe des aquifères de socle, ainsi que leur faible réserve en eau disponible impose d'envisager une gestion spécifique à chaque site. Il est donc nécessaire de mieux appréhender les conditions nécessaires à la présence d'un aquifère se développant dans les horizons d'altération (horizons du sous-sol – couches, zones, parties – des formations géologiques qui ont été dégradées par altération physico-chimique, et dont les propriétés mécaniques ont évolué (par exemple un granit sain s'altère en un granit fissuré puis fracturé et continue

à se dégrader d'une part en une arène granitique siliceuse et d'autre part en argiles en toute fin de processus par hydrolyse des feldspaths)). Pour cela il est essentiel d'établir une typologie des formations de socle en termes de potentialités aquifères (lithologie favorable au développement d'un horizon fissuré, préservation et non colmatage des fissures, minéralisations), et également de corréliser cet aspect avec les caractéristiques pédologiques des sols (régulateur des transferts d'eau à l'échelle du bassin) qui ont un rôle prépondérant sur la qualité de la ressource. Une bonne connaissance des sols permet également de délimiter les zones d'influence sur la qualité des eaux (exemple des alocrisols – sols bruns acides qui jouent sur la teneur en aluminium des captages, rôle du sol sur la contamination des eaux par les pesticides...).

Les ressources en eau de ces territoires de têtes de bassin sont également liées à l'abondance des zones humides dont la qualité et la préservation toujours fragiles requièrent une meilleure gestion et des efforts de restauration. En termes de qualité de la ressource, si les aquifères de socle contiennent une eau peu minéralisée et semi-protégée des agressions de la surface, leur faible profondeur impose cependant une vigilance au niveau de la gestion parcellaire à l'échelle du bassin versant. La présence potentielle de minéralisations naturelles (veines ou fractures) à faible profondeur peut constituer un risque à plus ou moins long terme avec par exemple le dénoyage (désaturation hydrique du milieu, donc mise en contact avec l'oxygène et le CO<sub>2</sub> atmosphériques) de fissures entraînant des changements de conditions d'oxydoréductions et donc un relargage potentiel de contaminants (e.g., arsenic). Dans ce contexte, le recours à des barrages pour le soutien d'étiage dans la gestion hydrologique peut être problématique en raison de qualités dégradées d'eau liées à d'autres processus comme des problèmes d'eutrophisation, de contaminations organiques (e.g., agriculture) ou inorganiques (e.g., fond géochimique naturellement élevé, activités industrielles actuelles ou passées). Enfin ces territoires de la région Nouvelle-Aquitaine correspondent à des zones où l'habitat est dispersé, peu dense, alimenté par une multitude de petites sources vulnérables dont la protection de la ressource et de sa qualité est difficile à sécuriser. En raison de leur attractivité touristique, ces territoires font face à une augmentation estivale de consommation d'eau complexifiant les réponses à apporter tant à la satisfaction des usages qu'à la protection de la ressource.



## LE POITOU-CHARENTES ET LES GRANDS AQUIFÈRES LIBRES DU NORD DU BASSIN

Au regard de la complexité et de la spécificité des fonctionnements des têtes de bassin sur socle de l'est de la région Nouvelle-Aquitaine, l'impact des changements climatiques sur la gestion de l'eau représente un enjeu majeur afin de sécuriser qualitativement et quantitativement cette ressource alimentant en partie le Bassin sédimentaire aquitain.

L'agriculture irriguée pratiquée en ex Poitou-Charentes<sup>2</sup> nécessite une importante quantité d'eau, provenant majoritairement des nappes d'eau souterraine. D'un point de vue géologique, cette partie de la région Nouvelle-Aquitaine se déploie de part et d'autre du Seuil du Poitou qui sépare le Bassin d'Aquitaine (au sud-ouest) du Bassin parisien (au nord-est). Symétriquement par rapport à cette ligne de partage des eaux, les couches géologiques sédimentaires du Jurassique et du Crétacé forment une pile sédimentaire qui s'épaissit en direction des centres des bassins. Cette organisation sédimentaire est propice au développement de nombreux aquifères qui sont notamment particulièrement sollicités par l'agriculture pour laquelle l'irrigation représente une garantie de sécurisation du rendement des cultures.

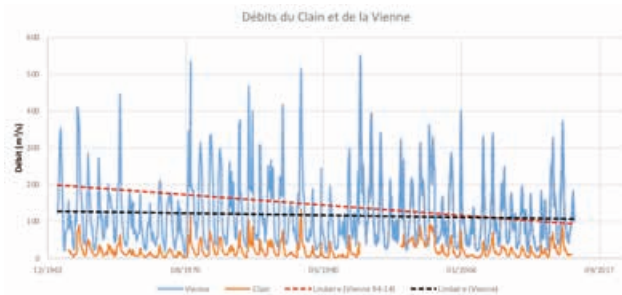
Ces conditions hydrogéologiques et anthropiques soulignent l'intérêt d'analyser la résilience des eaux souterraines face conjointement au changement global et aux pressions auxquelles elles sont soumises<sup>3</sup>. Au niveau du Seuil du Poitou, la couverture sédimentaire est peu épaisse et le Jurassique affleure. L'aquifère du Dogger qui passe de libre à captif, constitué du Bajocien et du Bathonien, représente une épaisseur comprise entre 50 à 150 m. Ses caractéristiques (épaisseur, karstification) en font un aquifère très productif et le plus exploité du département de la Vienne. Il surmonte le Toarcien (marnes imperméables) et l'Infra-Toarcien qui constitue un aquifère essentiellement captif.

À date les conclusions préliminaires suivantes peuvent être dégagées :

- Les températures marquent une tendance à la hausse qui pourrait se situer entre 2 à 3 °C/100 ans ;
- L'accroissement des températures maximales est plus accentué que celui des températures minimales. Ce résultat est corroboré par les observations générales de Météo-France ;
- Les précipitations moyennes annuelles sont fortement variables mais ne manifestent pas de tendance particulière. Ce résultat rejoint

également les observations de Météo-France sur l'ensemble de la France ;

- Les débits des deux cours d'eau (Clain, Vienne) marquent une tendance à la baisse (**Figure 5**).



**Figure 5 :** Évolution des débits du Clain (station de Dissay) et de la Vienne (station d'Ingrandes), IC2MP (Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers).

## LES AQUIFÈRES DU CENTRE DU BASSIN DE L'AQUITAINE

Sur le territoire de la Nouvelle-Aquitaine différentes études [13] [14] [15] [16] ont traité depuis plusieurs années des effets du changement climatique sur les niveaux de nappes et de cours d'eaux, en particulier à l'aide des grands modèles hydrogéologiques régionaux. Les MODèles Nord Aquitain (MONA) et Sud Adour-Garonne ont été développés pour répondre à des questionnements de gestion de nappes profondes. Le MONA a été utilisé pour évaluer l'impact du changement climatique sur les niveaux piézométriques pour différents modèles climatiques et scénarios d'exploitation en l'Aquitaine. Pour les nappes captives, moins sensibles à court terme aux effets directs des variations climatiques, la hausse des prélèvements induite par l'augmentation de population montre cependant de forts impacts sur la piézométrie.

Les modèles élaborés sur les territoires de Poitou-Charentes ont été conçus pour la gestion de nappes en forte interaction avec les cours d'eau. Les modèles hydrogéologiques du Crétacé et du Jurassique intègrent une partie du réseau hydrographique, respectivement de 900 km et 3300 km de linéaires de cours d'eau, et visent également à modéliser les débits. Le modèle hydrogéologique Jurassique (Poitou-Charentes) a quant à lui permis de simuler des niveaux piézométriques de nappes et des débits des cours d'eau selon différentes configurations de forçage climatique (scénarios GIEC). D'un point de vue tendanciel à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, sur les 16 années de la période 2000-2015, 11 présentent une pluie efficace en baisse (inférieure à la médiane calculée sur la période 1975-2015) (**Figure 6**).

2 • En Poitou-Charentes, la surface agricole couvre 73 % du territoire, alors qu'à l'échelle de la France elle est de l'ordre de 50 %.

3 • Le projet GRECPIMA, piloté par l'équipe d'Hydrogéologie de l'IC2MP (U. Poitiers). La zone d'étude en Poitou-Charentes est focalisée sur l'aquifère du Dogger dans l'interfluve Clain-Vienne jusqu'à leur confluence à Châtellerault. Le projet GRECPIMA a démarré en juin 2016 et n'en est qu'à la phase préliminaire de collecte et d'interprétation globale des données.

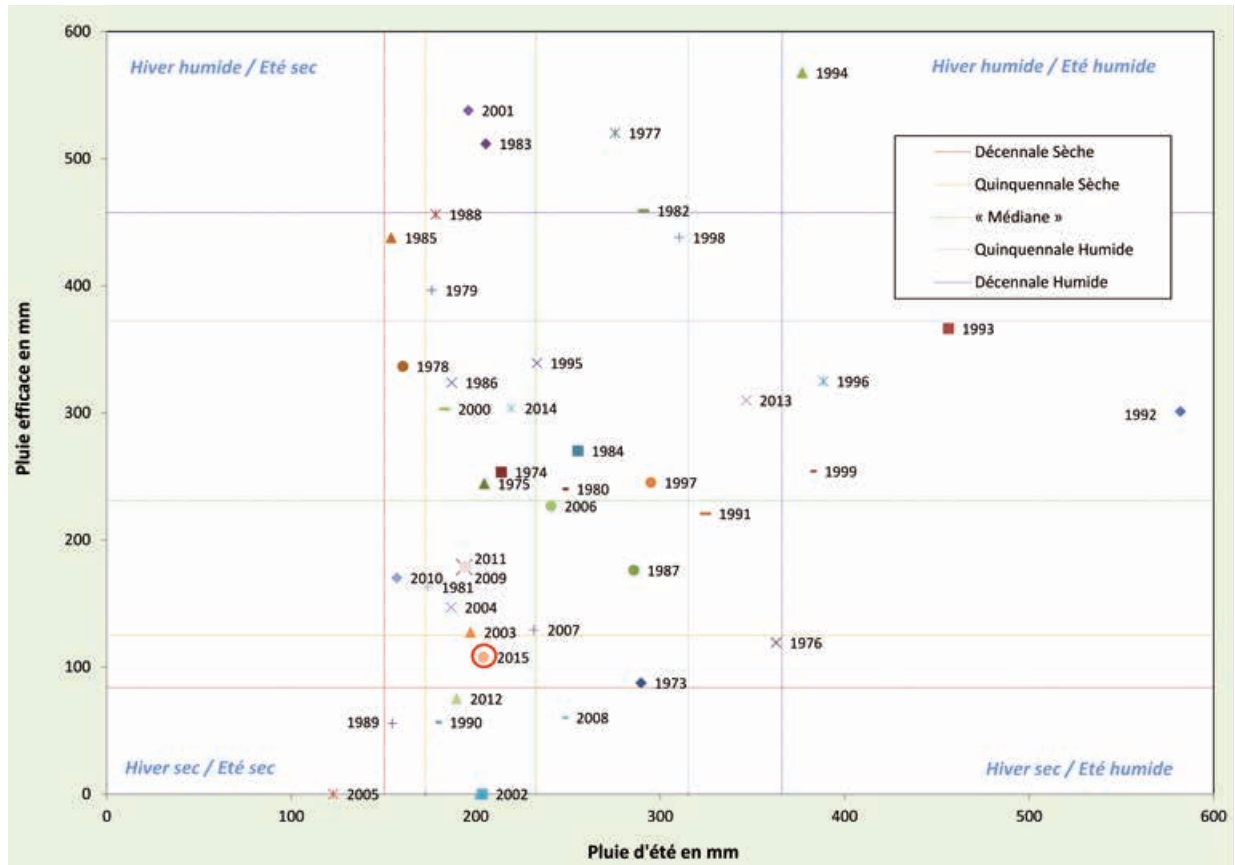


Figure 6 : Pluie efficace en mm à Mérignac (classée) période 1975-2015 – calcul des périodes de retour moyennes loi de Weibull et Gumbel (17).

L'analyse indique un déficit global de la pluie efficace et en particulier des précipitations estivales, ce qui laisse augurer un recours à des prélèvements potentiellement plus importants en nappe et en rivière au cours des périodes estivales les plus sèches. Cette variation climatique se constate également sur les niveaux de nappes où les piézomètres montrent globalement une remontée des niveaux piézométriques sur les années « humides » de 2013 et 2014. C'est le cas également pour les débits des cours d'eau.

Dans le cadre d'une réflexion portant sur la recharge des nappes appliquée au modèle MONA une analyse de séries temporelles des pluies, de l'ETP (Evapotranspiration Potentielle) et des pluies efficaces a été réalisée à partir des données journalières pour six mailles de la grille SAFRAN de MétéoFrance. Pour la pluviométrie, on observe une absence de tendance ou de rupture dans les chroniques<sup>4</sup> (1975-2015). Cependant un calcul de moyennes sur une période de 25 ans indique une légère baisse de la pluviométrie annuelle par comparaison des périodes 1959-1983 et 1990-2014.

Le résultat concernant l'évapotranspiration<sup>5</sup> fait à l'inverse apparaître une tendance à la hausse avec un indice de confiance particulièrement fort. Enfin, l'ETP moyenne annuelle sur la période 1990-2014 est bien supérieure – jusqu'à 25 % – à celle de la période 1959-1983.

En conséquence comme le niveau des nappes d'eau souterraine dépend pour beaucoup d'entre d'elles de l'infiltration des eaux météoriques (eaux de pluies, brumes, brouillards, neige, grêle, etc.) il sera donc nécessairement impacté par le changement climatique si celui-ci provoque des modifications du régime d'infiltration des pluies qui contribuent à la recharge des nappes (intensité, période de recharge).

Le critère principal permettant d'évaluer l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines à partir de l'analyse de la piézométrie est l'absence de pression anthropique sur l'aquifère, où *a minima* une pression que l'on peut considérer comme négligeable par rapport aux fluctuations naturelles du niveau de la nappe.

Un réseau de référence piézométrique pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines a été mis en place. Il se base sur la sélection de points déjà existants en ciblant des aquifères sur la base de leur usage et de leur sensibilité au changement climatique [18]. Les ouvrages sélectionnés pour évaluer cet impact doivent donc préférentiellement concerner un aquifère majoritairement libre et peu influencé par des pompages ou la proximité avec un cours d'eau.

4 • Tests statistiques (Mann-Kendall, Pettitt et segmentation d'Hubert) appliqués aux six séries temporelles.

5 • Test de Mann-Kendall appliqué aux six séries temporelles.

L'objectif de mieux appréhender la recharge des aquifères via les précipitations, et le devenir de cette recharge dans le cadre du changement climatique, a conduit à l'étude de la recharge d'un aquifère libre typique du Bassin d'Aquitaine sur une base météorologique, puis de modélisation et enfin de projection<sup>67</sup>.

Sur la période d'étude (année hydrologique 2015-2016) la lame d'eau précipitée totale était de 678 mm. En se basant sur les variations de la piézométrie de la nappe, la principale période de recharge a débuté fin décembre 2015 pour se terminer début mars 2016. Il apparaît donc que jusqu'en fin décembre 2015, une part majoritaire des précipitations a été interceptée par la couverture végétale (reprise évapotranspiratoire). Après début mars 2016, les événements pluvieux ne sont plus assez importants pour permettre une recharge et une remontée significative de la nappe (Figure 7).

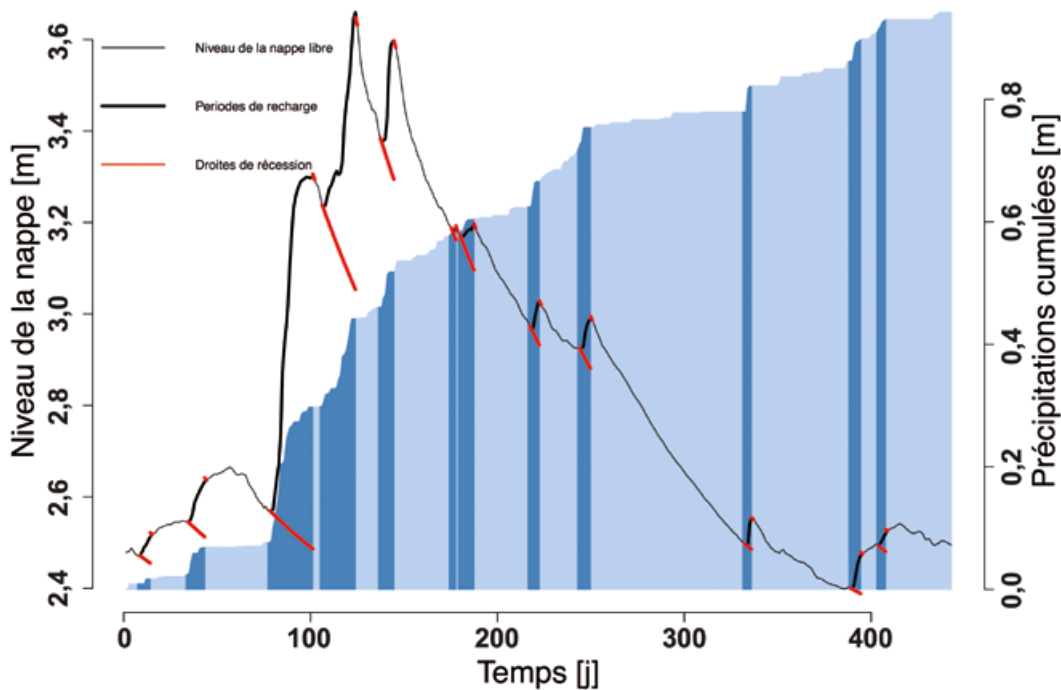


Figure 7 : Évolution du niveau piézométrique (H) avec extrapolation prograde et rétrograde de la récession naturelle de la nappe pour chaque événement de recharge identifié (19).

Sur l'ensemble de la chronique mesurée, grâce à l'étude des variations de la nappe, 17 événements de recharge ont été identifiés, avec la mesure de des précipitations associées. Les événements de recharge s'étendent en moyenne sur 11 jours – ils sont tous compris entre 3 et 50 jours – et donnent une valeur de 383 mm, soit 56 % des précipitations.

Un modèle prédictif de comportement de la recharge basé sur un couplage modèle canopée/modèle d'humidité du sol a également pu être développé.

Les deux approches, étude des variations de la nappe et modèle prédictif permettent d'estimer et d'étudier les évolutions potentielles de la recharge (avec un intervalle de confiance associé).

De façon à étendre la représentativité spatiale et temporelle des résultats, des stations expérimentales de suivi ont vocation à être répliquées sur les

6 • Le projet OPURES-Climat conduit par le laboratoire Géoressources et Environnement (G&E) de Bordeaux INP est un projet de recherche, soutenu par la Région Nouvelle-Aquitaine et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. La période d'observation qui a servi de support à l'analyse court du 20/09/2015 au 14/05/2016. Le jeu de données recueillies couvre ainsi l'intégralité de la période du processus de recharge pour l'année hydrologique 2015/2016.

7 • Cette recherche a nécessité la mise en place d'une station expérimentale installée sur la commune de Pessac au droit d'une prairie et comprenant un suivi météorologique (station météorologique, piézomètres, station de mesure de l'humidité et de la pression matricielle du sol). Sur ce site, la nappe libre phréatique locale se développe dans l'unité fluvio-glaciaire du Sablé des Landes qui couvre 44 % de l'ex région Aquitaine. Elle est d'une épaisseur locale de 6 mètres et repose sur une unité argileuse compacte qui sert de substratum. L'épaisseur de l'aquifère libre varie de 3 à 4,5 mètres. Les variations de la surface libre sont principalement contrôlées par les événements pluvieux locaux. Aucune contrainte externe de surface ou en profondeur (cours d'eau, pompage...) ne vient perturber la dynamique naturelle de la nappe.

différents types de couvertures rencontrées en Nouvelle-Aquitaine. Les résultats à venir de cette recherche seront utilisés pour prendre en compte les variations potentielles de la recharge dans les modèles de gestion hydrogéologique.

## PERSPECTIVES ET PROJECTIONS

En termes d'estimation et de projection de la demande, des études menées par le SMEGREG ont montré que la demande unitaire en eau potable des ménages diminue de manière notable en Gironde depuis 2003 sous l'influence :

- d'une tendance nationale à la baisse des consommations d'eau potable par ménage ;
- d'une politique volontariste d'économie d'eau en application du SAGE des Nappes Profondes de Gironde.

Paradoxalement, cette baisse continue de la demande représente une difficulté en matière de projection des besoins dans la mesure où le ratio unitaire est remis en cause chaque année et que l'hypothèse d'une augmentation de la demande sous l'effet du changement climatique (une consommation d'eau de confort liée à l'augmentation de la température estivale  $+1^\circ = +1,6\%$ ) est prévisible [20]. La problématique de la répartition spatiale des besoins et donc des prélèvements se pose également avec acuité.

La question de la disponibilité de l'eau souterraine présente une double dimension puisqu'elle peut évoluer soit du fait d'une variation des conditions hydrologiques (moins de ressource stricto sensu) ; soit d'une plus grande tension sur la ressource par une augmentation des conflits d'usages.

C'est ce deuxième aspect qui peut être redouté pour les nappes profondes qui pourraient être concernées par le transfert des prélèvements des eaux de surface ou de sub-surface (nappes peu profondes) vers les eaux souterraines. Cette tentation de transfert des prélèvements vers les eaux souterraines présente le risque d'une adaptation spontanée et sauvage au changement climatique, qu'il convient d'éviter par une gouvernance planifiée et organisée et également par une reconfiguration des usages et des techniques.

À titre d'illustration, en matière de bilan des nappes souterraines, le modèle dominant d'aménagement du territoire a consisté, depuis plusieurs siècles, à assainir le milieu en favorisant, par des techniques d'aménagement hydraulique (drainage, fossés, crastes), un ruissellement rapide au détriment de la stagnation des eaux et de leur infiltration vers les nappes de sub-surface. Cette réduction artificielle de la recharge des nappes par les pluies efficaces a été renforcée notamment par les politiques de remembrements fonciers agricoles (suppression des haies) et par

l'aménagement urbain (imperméabilisation des sols). Une stratégie inverse qui favorise l'infiltration lente plutôt que le ruissellement doit désormais constituer une priorité de l'aménagement du territoire. Si cette orientation d'une recharge « naturelle » des nappes exige une profonde reconfiguration des techniques hydrauliques et des mesures d'aménagement, elle devrait être complémentaire de solutions techniques déjà utilisées comme la réalimentation artificielle de nappes pour lesquelles l'attrait de l'efficacité à court terme ne résout pas fondamentalement le problème quantitatif global ni spatial.

Les eaux souterraines parce qu'elles sont invisibles à la perception immédiate des usagers, sont de ce fait d'autant plus vulnérables tant aux problèmes de recharge potentiellement limités qu'aux risques de surexploitation pour les usages qui se détournent des eaux de surfaces, que de l'occultation de leur rôle dans la préservation de fonctionnalités écologiques.

# POUR UNE GOUVERNANCE DE L'EAU FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

## LES MISES EN VISIBILITÉ DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le processus continu d'actualisation des connaissances territorialisées sur le changement climatique [21] s'accompagne depuis les années 2000 d'une montée en puissance de la question climatique dans le domaine de la gestion de l'eau [22]. Les projections hydro-climatiques prévoient des baisses annuelles de débits de toutes les grandes rivières du sud-ouest, comprises entre 20 et 40 % [23]. Plusieurs études prospectives cherchent à anticiper les évolutions futures des ressources en eau, des hydrosystèmes et des dynamiques socio-économiques à l'échelle territoriale (Explore 2070, Imagine2030, Aqua2030).

Cette diffusion rapide de la problématique de l'adaptation au changement climatique dans des politiques sectorielles et territoriales de la gestion de l'eau, historiquement fortement structurées, suscite des difficultés de conception et d'opérationnalisation. En redéfinissant des horizons temporels pour l'action (2030-2050 pour le court terme, 2100 pour le long terme), en invitant à ouvrir des voies alternatives allant au-delà de mesures d'ajustement, en fixant des seuils d'irréversibilité et en suscitant des visions d'anticipation, le changement climatique impose des modifications de références dans les expertises, dans l'état d'esprit des décideurs politiques ainsi que dans les modes de décision et de participation des usagers. Une présentation sommaire des enseignements de plusieurs expertises et recherches récentes<sup>8</sup> sur la prise en compte du changement

climatique dans la gestion de l'eau permet de dégager quelques principes structurants d'une gouvernance adaptative pour le futur.

**Le Plan de Gestion des Étiages de la Garonne-Ariège (PGE)** est un accord conventionnel qui détermine depuis 2004, les règles de partage de la ressource entre les usagers afin d'assurer, pendant la période d'étiage (1<sup>er</sup> juin-31 octobre) des Débits d'Objectif d'Étiages (D.O.E) dans les cours d'eau. La révision du PGE (2011-2017) par la Commission de concertation et de suivi du PGE Garonne-Ariège et du Syndicat Mixte d'Études et d'Aménagement de la Garonne (SMEAG) s'est appuyée sur une expertise collaborative articulant un diagnostic partagé par un panel d'acteurs et des travaux d'experts. Si les positions des acteurs participant au PGE ont globalement convergé sur le diagnostic des impacts potentiels du changement climatique, en revanche le passage à l'étape de définition des règles de partage a vu ressurgir les positionnements stratégiques d'acteurs défendant leurs intérêts. Les acteurs partie-prenante participant à l'expertise collaborative du PGE sont désormais rompus aux procédures participatives et savent en exploiter de manière stratégique les modalités ou les faiblesses [22].

L'affirmation de l'importance du changement climatique pour la gestion de l'eau dans le Sud Ouest s'est notamment appuyée sur les résultats de Garonne 2050, étude prospective sur les besoins et les ressources en eau à l'échelle du bassin de la Garonne, conduite par l'agence de l'eau de 2010 et 2013. Garonne 2050 présente « les impacts du changement

8 • La sélection de dispositifs et d'expertises sur l'eau et le changement climatique ne prétend pas être exhaustive et le choix résulte de l'existence de travaux de recherche à leur sujet : Plan de gestion des étiages de la Garonne (PGE), Garonne 2050 et les expertises en cours Adour 2050, Dordogne 2050, Charente 2050 ; Le Plan d'Adaptation au changement climatique des agences de l'eau (dont celui de Adour-Garonne), la prospective Adapteau.

climatique comme une tendance lourde qui s'impose au Bassin de la Garonne ». Trois scénarios proposent une réponse différenciée à la question : Quel débit souhaitons-nous dans nos rivières l'été et que sommes-nous en capacité de faire ?

### LES 3 SCÉNARIOS DE GARONNE 2050<sup>9</sup>

#### SCÉNARIO 1 : LAISSER FAIRE LA NATURE ET ACCEPTER DES DÉBITS BIEN MOINDRES

Des choix minima permettent d'assurer ce débit minimum 8 années sur 10. Le soutien des étiages se fait par l'intermédiaire de 75 millions de m<sup>3</sup> de nouvelles retenues et grâce à 120 millions de m<sup>3</sup> provenant d'accords de déstockage estival des réserves hydroélectriques. Les conséquences socio-économiques 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 : CONSERVER LA NATURE D'AUJOURD'HUI, EN COMPENSANT L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La compensation totale implique de très lourds investissements en termes de création de réserves, elle sécurise les activités mais est très coûteuse (réservoirs nouveaux à hauteur de 360 millions de m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> 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 : LIMITER LES VULNÉRABILITÉS EN AGISSANT PARTIELLEMENT SUR LES 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 m<sup>3</sup> 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. 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.

Dans les conditions hydro-climatiques anticipées à l'horizon 2050, le scénario d'un maintien des usages au niveau actuel exigerait de combler un déficit compris entre 750 et 1 200 millions de m<sup>3</sup> (S1-source Garonne 2050) ce qui démontre la nécessité de trouver d'autres voies pour satisfaire les usages ou de les modifier. Cependant, en dépit de ces résultats préoccupants anticipant clairement de fortes

tensions futures sur la ressource en 2050, quels que soient les scénarios considérés, les modes de gestion de l'eau restent encore marqués par une relative inertie qui tient à plusieurs facteurs [22]. Un premier facteur tient au caractère inachevé de la relation entre démarches participatives et décision [24]. Concernant Garonne 2050, une première phase de prospective participative ouverte (malgré le boycott de la profession agricole lors des premières sessions de travail collectif) a donné lieu à la production de scénarios participatifs dits « caricaturaux ». Dans une deuxième phase, la commission planification de l'Agence de l'eau a recadré Garonne 2050 autour de 3 scénarios « quantifiés » jugés plus réalistes pour la gestion reléguant au second plan la dimension participative. Deuxième facteur, en prenant comme principaux indicateurs les volumes prélevables (VP) et les débits écologiques (DOE), l'étude reprend les principes d'une gestion quantitative classique par les volumes [25] ce qui limite l'intégration de facteurs plus qualitatifs relatifs aux attentes sociales, aux transitions socio-écologiques, à la qualité de vie, aux projets alternatifs d'aménagement des territoires. Un troisième facteur concerne la relativement faible appropriation de l'étude Garonne 2050 par le Comité de Bassin davantage focalisé sur des enjeux de gestion de crise à court terme que par le temps long de l'anticipation du changement climatique.

Dans la lignée de la démarche Garonne 2050, **trois autres études prospectives sont en cours de réalisation, elles concernent Adour 2050** et le lancement prochain de Dordogne 2050 et Charente 2050. Dotées chacune d'une méthodologie spécifique, ces expertises, sans préjuger de leurs conclusions à venir et leurs contributions concrètes à la gestion de l'eau, confirment cependant l'importance croissante accordée au changement climatique dans les expertises territoriales.

#### ADOUR 2050. ANTICIPER LES ENJEUX ET IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



L'étude prospective Adour 2050 est portée par l'Institution Adour, avec le soutien de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, des Régions Nouvelle-Aquitaine et Occitanie, ainsi que des quatre départements compris dans le bassin versant de l'Adour (32, 40, 64, 65). L'objectif est de comprendre et d'anticiper les enjeux et les impacts futurs du changement climatique et des évolutions socio-économiques sur la ressource en eau sur le bassin de l'Adour et les côtes basques à l'horizon 2050.

#### POURQUOI CETTE DÉMARCHE PROSPECTIVE ?

Les effets du changement climatique marqués notamment par des étiages plus longs et plus sévères, risquent d'engendrer des conflits liés à la disponibilité de la ressource et à la qualité de l'eau et des milieux. Visant à dépasser le constat actuel, Adour 2050 propose de réfléchir différemment et d'anticiper l'impact sur la ressource en eau à long terme, pour répondre aux problématiques de demain, en évitant les pièges de la mal-adaptation.

9 • Des visualisations vidéo des scénarios ont été présentées au Comité de Bassin en 2013 et sont disponibles sur le site de l'Agence de l'eau Adour-Garonne : **Scénario 1, Scénario 2, Scénario 3.**

Adour 2050 se déroule en trois phases :

1. La première phase consiste à établir un diagnostic sur le territoire. Il s'agit de déterminer la situation prévisible de la ressource en eau d'ici à 2050, si les dynamiques actuelles de changements globaux persistent (changement climatique, évolutions socio-économiques, aménagement du territoire, aménagement des cours d'eau, etc....). Ce scénario tendanciel a été élaboré en concertation avec les acteurs du territoire, qui ont assemblé différentes hypothèses thématiques jugées représentatives de l'évolution tendancielle.
2. La deuxième phase vise à établir des scénarios alternatifs sous condition d'une modification de certaines pratiques, et à modéliser l'impact de ces différents scénarios sur la ressource en eau afin de pouvoir les comparer les uns aux autres. Ces scénarios alternatifs sont élaborés par les acteurs du territoire, qui associent différentes hypothèses d'évolutions pour proposer des futurs possibles. La modélisation de l'impact de ces scénarios alternatifs appuiera le choix des acteurs du territoire pour sélectionner le scénario le plus acceptable pour la ressource en eau et pour le contexte social, économique et politique.
3. La troisième phase de l'étude vise à développer des pistes d'adaptation, toujours en concertation avec les acteurs du territoire, pour tendre vers le scénario alternatif acceptable choisi et faciliter l'atteinte d'un futur admissible.

La mobilisation des élus et des acteurs du territoire d'étude tout au long de la démarche Adour 2050 contribue à l'émergence et à la diffusion d'une vision collective partagée sur les futurs possibles.

### QUELLE PORTÉE POUR L'ÉTUDE ?

Adour 2050 n'a pas de portée réglementaire, il s'agit d'un outil d'aide à la décision pour venir en appui à l'élaboration des documents de planification (SAGE, SCOT, PLU, etc.) à mettre en œuvre pour éviter la mal-adaptation du territoire aux changements à venir. La démarche prospective Adour 2050 permet aussi d'alimenter les réflexions autour des projets de territoire en cours sur le bassin. La finalité de l'étude n'a pas vocation à fixer une stratégie d'adaptation unique à appliquer sur tout le territoire, l'objectif est d'intégrer les pistes d'adaptation adéquates localement aux documents de planification en fonction des spécificités et des enjeux des territoires concernés.

L'étude permet aussi de développer une sensibilisation du public au changement climatique et à ses impacts sur la ressource en eau, mais aussi une sensibilisation des impacts des usages et pressions sur la ressource causés par l'homme, notamment grâce à un grand espace consacré à la concertation et au débat tout au long de la démarche de prospective.

Le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) Adour-Garonne 2016-2021 mentionne explicitement « l'anticipation des effets du changement climatique » et « l'adaptation au changement climatique » (*page 32 du SDAGE*) comme des priorités à atteindre pour « Améliorer la gestion quantitative » (Orientation C) et pour « Préserver et restaurer les fonctionnalités des milieux aquatiques » (Orientation D). A l'image des autres grands bassins hydrographiques français, l'agence de l'eau Adour-Garonne a lancé en 2016 l'élaboration d'un **Plan d'Adaptation au Changement Climatique du Bassin Adour-Garonne**. Réunissant un panel d'une trentaine d'élus du comité de bassin, d'experts des services et du conseil scientifique du Comité de Bassin de l'agence de l'eau, la démarche vise à identifier et à localiser les principaux impacts du changement climatique sur les territoires du BAG (Bassin Adour-Garonne). S'appuyant sur une expertise en modélisation hydro-climatique et en cartographie, l'objectif est d'établir un diagnostic partagé des vulnérabilités territoriales à l'échelle de sous bassins et de définir un plan d'action pour l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau. Les 6 grands Bassins hydrographiques se sont engagés dans des démarches similaires, le Plan de Bassin d'Adaptation au Changement Climatique - *PACC Rhône Méditerranée* ayant été le premier à être publié en 2014.

Dans le cadre de la **loi NOTRe** les régions peuvent intervenir dans le domaine de l'eau sur la base des compétences partagées au titre du I ter de l'article L. 211-7 CE de la loi NOTRe<sup>10</sup>. Sans préjuger d'une prise de compétence à venir et de l'articulation avec les politiques climatiques, la région Nouvelle-Aquitaine a lancé depuis mars 2017 une concertation publique dans le domaine de l'eau qui s'est ouverte le 18 avril par une conférence scientifique sur les enjeux de l'eau.

10 • *Compétences des conseils régionaux dans le domaine de l'eau. Conséquences de la loi NOTRe du 7 août 2015*

« I ter. Lorsque l'état des eaux de surface ou des eaux souterraines présente des enjeux sanitaires et environnementaux justifiant une gestion coordonnée des différents sous-bassins hydrographiques de la région, le conseil régional peut se voir attribuer tout ou partie des missions d'animation et de concertation dans le domaine de la gestion et de la protection de la ressource en eau et des milieux aquatiques mentionnées au 12° du I du présent article, par décret, à sa demande et après avis de la conférence territoriale de l'action publique mentionnée à l'article L. 1111-9-1 du Code général des collectivités territoriales ».

### CONCERTATION SUR L'EAU EN NOUVELLE-AQUITAINE

Dans le cadre de l'élaboration des nouvelles politiques publiques de la Région Nouvelle-Aquitaine et en regard avec les problématiques liées au changement climatique, une concertation dans le domaine de l'eau a été lancée en mars 2017. Cette concertation doit servir de base en vue de définir une politique régionale de l'eau rénovée et unifiée sur l'ensemble du territoire. Ce travail permettra de positionner la Région Nouvelle-Aquitaine comme partenaire incontournable des acteurs de l'eau au travers d'une politique claire, efficiente et opérationnelle. Cette réflexion transversale et pluridisciplinaire, intégrant aussi bien les questions de biodiversité et de milieux aquatiques (zones humides, poissons migrateurs...), de qualité (pollutions agricoles, micropolluants d'origines urbaines...) que d'usages économiques (irrigation, énergie, industrie...), touristique (littoral, loisir, pêche...) ou de production d'eau potable, mobilise aussi bien des chercheurs et universitaires de la grande région que des acteurs de l'eau de tous les horizons. Cette concertation se veut au plus près des territoires afin de prendre également les spécificités locales (têtes de bassins du Limousin, grandes nappes phréatiques souterraines, spécificités géologiques du Poitou-Charentes, zones littorales...).

Des recherches scientifiques ont également été proposées, aux travers de prospectives [26] [27] et de démarches par scénarios, avec différentes options d'adaptation aux changements globaux. **Adapt'eau est une prospective réalisée dans l'Environnement Fluvio-Estuarien (EFE) de la Garonne-Gironde (ANR Adapt'eau [28]).** Quatre scénarios, prenant en considération les vulnérabilités territoriales, ont été élaborés via une approche intégrative associant sciences du climat, hydrologie, analyse du fonctionnement des écosystèmes, des dynamiques sociales et des modes de gouvernance a été développée (Tableau 2).

COMPOSANTES	VARIABLES	DISCIPLINES IMPLIQUÉES
Changement climatique et hydrologie naturelle	Changement climatique et hydrologie naturelle	Climatologie, hydrologie
Fonctionnement de l'écosystème de l'EFE (ECOSYS)	Hydrologie et ressources en eau Hydro-morphologie et héritages Sources, circuits et transferts de matières et de contaminants métalliques Fonctionnalités écologiques Diversité biologique	Hydrologie, géohistoire, biogéochimie, biologie, écologie estuarienne, écologie fluviale, ichtyologie
Dynamiques sociales et territoriales de l'EFE (DYNA)	Démographie de l'EFE Occupation des sols sur l'EFE Qualité de vie des communes de l'EFE Expérience habitante du cours d'eau Usages de l'eau sur l'EFE	Géographie, sociologie, statistique, anthropologie,
Gouvernance de l'EFE (GOUV)	Mise en visibilité du changement climatique Gestion locale des risques liés à l'eau Instruments économiques pour la gestion de la ressource et des milieux aquatiques Conflits et lobbying sur l'EFE Science, expertise et référentiels de gestion Politiques environnementales européennes	Sociologie, géographie, science politique, hydrologie, économie, mathématiques appliquées

**Tableau 2 :** Composantes, variables et disciplines associées de la prospective Adapt'eau (28).

Ces quatre scénarios, contrastés dans leur vision des futurs ont dans un second temps été mis en débat public auprès des acteurs du territoire pour évaluer leur « crédibilité » et leur caractère « souhaitable ».

SCÉNARIOS PROSPECTIFS ADAPT'EAU



**SCÉNARIO N° 1 : TOUT BOUGE MAIS RIEN NE CHANGE  
– UNE ADAPTATION PAR AJUSTEMENT**

L'EFE (Environnement Fluvio-Estuarien) Garonne-Gironde connaît en 2050 une dynamique d'urbanisation voisine de celle des années 2010. Le territoire se structure autour de deux types d'espaces qui se développent et se confrontent : des villes qui s'étalent et se densifient autour des deux métropoles régionales (Bordeaux et Toulouse) et une agriculture intensive dont les prélèvements en eau sont conséquents. Malgré ses impacts avérés, le changement climatique n'est toujours pas considéré comme un enjeu central. Les organismes gestionnaires interviennent ponctuellement pour répondre à des situations de crise. L'écosystème est doublement impacté par le mode de développement territorial et par l'absence de décisions politiques proactives en faveur de l'environnement. Ainsi, les débits moyens de la Garonne diminuent et la qualité écologique se dégrade continuellement pour atteindre un état critique en 2050.

**SCÉNARIO N° 2 : PUISQU'IL FAUT DE L'EAU – UNE ADAPTATION PAR DÉVELOPPEMENT DE L'OFFRE EN EAU**

En 2050, l'agriculture irriguée est considérée comme le facteur principal de développement du territoire Garonne. En réponse aux situations de crise récurrentes, une priorité politique est accordée (notamment par la Politique Agricole Commune) aux surfaces agricoles irriguées ainsi qu'aux aménagements de stockage et de prélèvement d'eau. Les dispositifs de gestion et de gouvernance de l'eau sont contrôlés par les acteurs de la filière agro-industrielle. Les enjeux quantitatifs de la ressource monopolisent la question de l'adaptation au changement climatique. Les outils de gestion de l'eau sont mobilisés pour favoriser la mise à disposition et l'écoulement de l'eau pour satisfaire les usages.

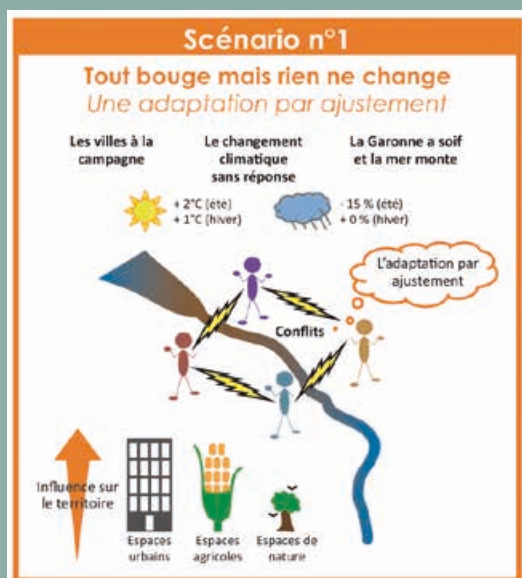
L'anthropisation de l'EFE est renforcée par des aménagements dédiés aux besoins quantitatifs de la ressource, au contrôle et à l'atténuation des événements extrêmes (crues, sécheresses...). En 2050, la Garonne-Gironde est devenue un milieu homogène dont la qualité écologique n'intéresse plus les acteurs : les espèces tolérantes de l'aval colonisent les eaux douces et l'estuaire connaît une marinsation importante.

**SCÉNARIO N° 3 : UN FLEUVE APPRIVOISÉ PAR ET POUR SES MÉTROPOLIS  
– UNE ADAPTATION PAR L'ÉCONOMIE VERTE**

En 2050, la lutte contre le changement climatique est au cœur des dispositifs de gestion de l'eau. Très interventionnistes, les pouvoirs publics mettent en œuvre des aménagements destinés à contrôler les variations des régimes hydrologiques et à contraindre la dynamique naturelle de l'EFE. Organisés autour de puissantes filières socio-économiques (agriculture, tourisme, industrie, énergie), des acteurs mettent en œuvre des options d'adaptation, dans la mesure où elles sont recevables socialement et économiquement. L'urbanisation se densifie sur une partie du territoire, et certains tronçons du fleuve sont aménagés pour offrir des services aux urbains et favoriser des options d'adaptation. Ce développement permet d'améliorer l'attractivité touristique de l'EFE tout en diminuant les prélèvements en eau par une sobriété collective. L'érosion de la qualité écologique de l'EFE ralentit, la diminution des débits moyens est enrayée et la biodiversité historique se maintient.

**SCÉNARIO N° 4 : UNE VOIX POUR L'ÉCOSYSTÈME – UNE ADAPTATION PAR LES PRATIQUES ALTERNATIVES**

En 2050, la dynamique du fleuve et ses aléas sont acceptés. Une nouvelle logique de gestion et de gouvernance est partagée sur l'ensemble du territoire : l'adaptation à la nouvelle dynamique de l'EFE s'impose et se substitue à la volonté de la contraindre. Étiages sévères et crues se succèdent pour façonner un EFE qui se régénère périodiquement et dont les débits moyens diminuent « en dents de scie ». La qualité écologique de l'EFE se transforme et reste préoccupante. La variation des régimes hydrologiques est devenue une préoccupation centrale pour la population. Les modes de vie et de consommation changent et les rares aménagements s'effectuent dans le respect de l'environnement. L'adaptation est impulsée par des pionniers dont les pratiques alternatives se diffusent puis servent de modèle sur l'ensemble du territoire. Une nouvelle approche intégrative de l'environnement est prônée par les gestionnaires qui favorisent et soutiennent la mise en œuvre d'options d'adaptation alternatives.



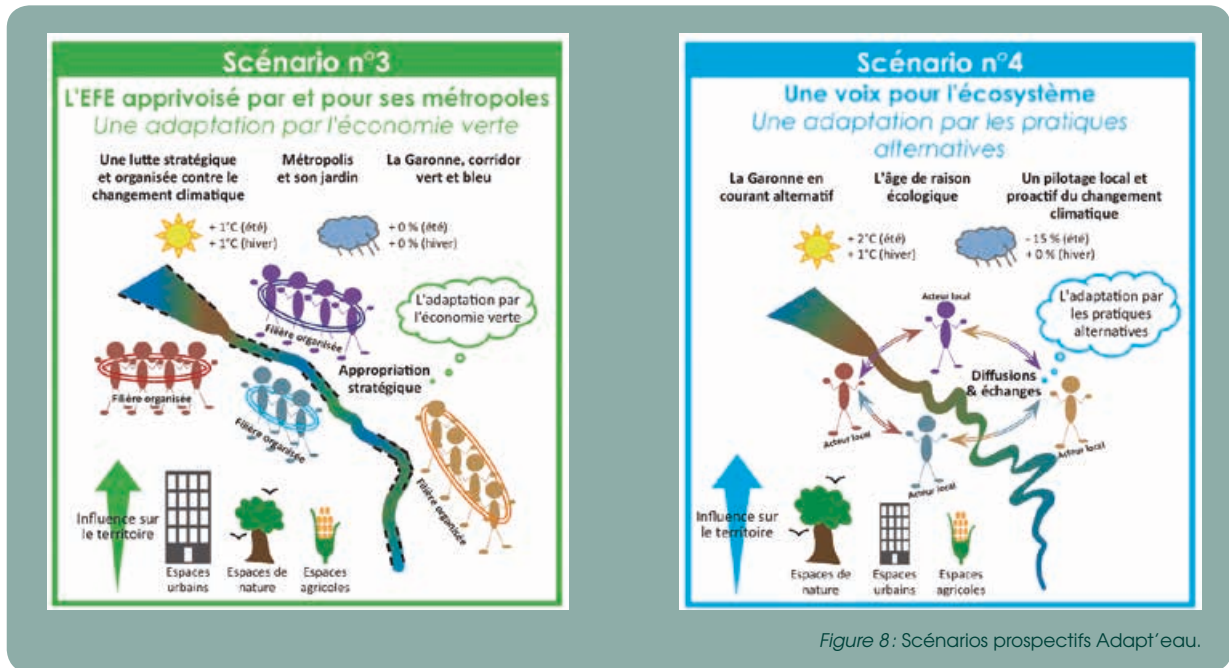


Figure 8: Scénarios prospectifs Adapt'eau.

D'un point de vue économique chaque scénario renvoie à des modes de gestion quantitative et qualitative de la ressource en eau qui s'inscrivent dans la règle générale de la politique publique de l'eau : *l'eau doit payer l'eau*. Cette règle économique applique deux principes dans la fixation du prix de l'eau : la récupération des coûts et la rémunération des services rendus. Le premier principe considère que les usagers doivent payer un service à hauteur des coûts générés par son utilisation sous une contrainte d'équilibre budgétaire. Selon le second principe - utilisateur-payeur et pollueur-payeur - les usagers de l'eau doivent supporter les coûts liés à leurs prélèvements sur la ressource et à leurs rejets polluants. Les agences de l'eau sont chargées de la collecte des redevances et de la redistribution de financements pour optimiser la gestion quantitative et qualitative de la ressource.

Le scénario 1 s'inscrit dans le prolongement de la politique passée d'approvisionnement en eau pour l'ensemble de la population grâce à la construction d'un réseau d'infrastructures financé par des subventions publiques de l'État et des collectivités territoriales. Cette politique dite d'offre atteint ses limites depuis une vingtaine d'années du fait : de contraintes financières croissantes qui pèsent sur les gestionnaires publics de l'eau, du déplacement des enjeux

de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement (Directive Eaux Résiduaires Urbaines) vers la sécurisation quantitative et qualitative de la ressource (pollutions diffuses, Directive Cadre Européenne sur l'Eau DCE-2000); du débat sociétal virulent autour de la nécessité de construire de nouvelles infrastructures de stockage [29].

Le scénario 2 se fonde également sur une politique d'offre mais suppose une modification radicale du système de péréquation entre les redevances et les usages pour assurer le financement des nouvelles infrastructures. Le système actuel ne traduit pas la hiérarchie des pressions provenant des différents usages sur la rareté de la ressource. En 2013 dans le Bassin Adour Garonne, 83 % des redevances perçues par l'Agence de l'eau étaient supportées par les usagers domestiques et assimilés, 11 % par les usagers du secteur agricole et 5 % par l'industrie. Ces contributions, rapportées aux volumes prélevés et consommés par les différents secteurs, montrent des écarts importants (Tableau 3) Selon ce modèle économique, le financement d'éventuelles nouvelles infrastructures ne pourrait résulter que d'un effort plus important des usagers non domestiques et en particulier du secteur agricole.

USAGE	VOLUME PRÉLEVÉ		VOLUME CONSOMMÉ	
	MILIARDS m <sup>3</sup>	%	MILIARDS m <sup>3</sup>	%
Production d'énergie	21,4	64	1,3	22
Industrie	3,3	10	0,4	6
Irrigation	3,0	9	2,9	48
Eau potable	5,7	17	1,4	24
Total	33,4	100	6,0	100

Tableau 3: Prélèvements et consommations d'eau par usage en France en 2009. Source : Agences de l'eau.

Le scénario 3 propose un renversement de logique économique par le passage d'une politique de l'offre à une politique de la demande visant une gestion plus efficiente de la ressource en eau. Ce scénario se fonde sur la mise en œuvre de la réforme des *Volumes Prélevables (VP)* par la création d'un système d'autorisation de prélèvement d'eau pour l'irrigation comme le prévoit l'Article 21 de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006. Cette gestion de volumes prélevables pour l'agriculture par sous-bassins versants est assurée par des Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC) désignés par les préfets. L'objectif du dispositif est d'optimiser et de garantir des quotas de prélèvement pour les irriguant tout en assurant le respect de débits écologiques (DOE) 8 années sur 10 [30]<sup>11</sup>. L'enjeu central d'une future répartition par quota sera la transparence sur le niveau des prélèvements et les critères d'allocation. En outre, le spectre de création d'un marché de quotas d'eau où les autorisations de prélèvement peuvent faire l'objet d'un échange marchand comme cela se passe dans de nombreux pays (Australie, Canada, Angleterre, États-Unis...) suscite de nombreuses réticences. La France a privilégié une logique d'allocation non marchande en privilégiant une gestion collective des VP à l'image des quotas de pêches. Ce choix s'avère questionnable tant sur le plan de l'efficacité économique que celui de l'équité puisque dans le cas de la pêche les professionnels eux-mêmes ont dénoncé des atteintes à la concurrence<sup>12</sup>.

Le scénario 4 accentue la logique d'une politique de gestion de l'eau par la demande en visant à la fois une optimisation des prélèvements, une diminution drastique de la consommation pour tous les usagers, et une nouvelle tarification des prélèvements proportionnelle aux pressions exercées sur le milieu, en s'affranchissant de la distinction entre volumes prélevés et consommés.

## LES PRINCIPES PARTAGÉS DU FUTUR MIX HYDRIQUE

Les enjeux sur la disponibilité future de l'eau à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine nécessitent de croiser des connaissances sur les eaux superficielles et les eaux souterraines avec celles sur la gouvernance de l'eau et l'expression des attentes sociétales. Le rapport « Prévoir pour agir » de 2013 indiquait déjà que le changement climatique conduirait « à penser différemment » la gestion des ressources en eau. L'affirmation continue de la problématique climatique dans le domaine de l'eau, invite à dégager quelques principes partagés par différentes expertises et conduit à des visions des modes de gouvernance.

### Du global aux territoires

Depuis les premiers travaux du GIEC dans les années 1980 la question du changement d'échelle de l'adaptation au changement climatique qui s'est affirmée dans les relations internationales a progressivement pris davantage en considération l'importance de l'échelon territorial. Parallèlement au mouvement de globalisation, s'observe une autonomisation croissante des territoires (plus particulièrement des villes). De ce double mouvement, naît « *une des questions stratégiques des prochaines décennies* » qui est la « *réinvention des solidarités entre territoires ruraux et urbains à la lumière de la question écologique.* » [31]. Ce « *moment territorial* » affiché dans les expertises hydro-climatiques conduit à penser l'adaptation au changement climatique à l'échelle des territoires de vie. La gestion traditionnellement sectorielle de l'eau (« *de l'eau pour les usages* ») doit laisser place à une gestion territoriale de l'eau (« *de l'eau pour les territoires et les milieux* »). Le changement climatique affiche de manière plus visible les interdépendances territoriales (eau des villes-eau des champs/agriculture-milieux/zones inondables-zones expansions de crues/transferts de contaminants amont-aval, rural-urbain, pollutions diffuses).

Le croisement d'expertises et de prospectives hydro-territoriales avec les projets de territoires portés par différentes partie-prenantes doit permettre d'explorer diverses voies d'adaptation au changement climatique et de peser sur les choix politiques. Les initiatives associatives, professionnelles et citoyennes pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique en Nouvelle-Aquitaine sont porteuses d'un fort potentiel d'innovation. Leur accorder une meilleure considération passe par leur inventaire, l'évaluation de leur potentiel et de leur pertinence, l'accompagnement d'expérimentations locales [32].

### Considérer l'unicité de la ressource en eau

L'eau doit être considérée comme une ressource finie et unique ce qui conduit à prendre en compte les interactions entre eaux superficielles, eaux souterraines et zones humides dans la gestion de l'eau. Les eaux souterraines par nature invisibles seront désormais davantage convoitées; elles restent trop souvent exclues d'une vision globale des ressources hydriques, ce qui met en défaut les approches surfaciques et nuit à une bonne gestion du problème. Avant d'envisager la planification d'éventuels ouvrages de stockages contestés socialement et écologiquement, il convient de mieux valoriser le potentiel des têtes de bassin et des zones humides, de favoriser l'infiltration lente et ralentir le ruissellement pour rétablir une bonne alimentation naturelle, de préciser collectivement la notion et les critères des débits écologiques acceptables, d'expérimenter et de tester la pertinence de techniques d'ingénierie écologique (ex : recharge

11 • Dans la réalité, en réponse aux revendications de la profession agricole, en 2011, l'application de la réforme des Volumes Prélevables (initialement programmée à 2015 puis 2017) a été reportée à 2021 et des autorisations dérogatoires de prélèvement ont été accordées à des zones déficitaires du Bassin de la Garonne ; maintenant l'actuel système de gestion par l'offre.

12 • Avis n° 15-A-19 du 16 décembre 2015 relatif aux effets sur la concurrence du mécanisme de répartition des quotas de pêche en France. Autorité de la concurrence.

artificielle de nappes d'accompagnement, recharge artificielle des aquifères profonds stratégiques). De même certains usages et modes de gestion conventionnels (comme par exemple le drainage des eaux superficielles de surface et souterraine) doivent être mieux évalués afin d'estimer leur impact sur le bilan hydrique global et être éventuellement modifiés.

### **Rendre visibles les impacts du changement climatique**

La « mise en visibilité » du changement climatique et de ses effets emprunte diverses voies (expertise, expérience, représentations, récits...) qui contribuent à le rendre tangible ou à le discréditer. En plus d'une connaissance fine des tendances et des processus hydro-climatiques, penser l'adaptation des territoires nécessite de mobiliser des savoirs sur les changements socio-économiques, les vulnérabilités et les capacités d'adaptation des territoires, des activités et des populations [33]. L'affirmation que la sensibilisation et l'éducation du public seraient les conditions nécessaires et suffisantes pour l'adaptation au changement climatique tend d'une part à survaloriser les savoirs des experts et à assigner les publics à un déficit supposé de connaissances [34] [35]. Concernant, par exemple le fleuve Garonne les *récits* des riverains s'accordent localement sur le constat d'une variation à la baisse des régimes hydrologiques du fleuve depuis l'après-guerre.

L'alternance d'épisodes de crues violentes et d'étiages plus sévères, plus longs et plus tardifs est communément admise et correspond aux tendances attendues pour le futur. Cependant, ces transformations observées en Garonne-Gironde sont prioritairement attribuées aux impacts anthropiques des dernières décennies (extraction de granulats, endiguement, agriculture irriguée, destruction des zones humides) plus qu'au changement climatique lui-même [36]. Un tel *récit* oriente nécessairement les scénarios d'adaptation à privilégier. En termes d'effort d'objectivation, les scénarios tirés d'études prospectives participent d'une *mise en modèles* des dynamiques des écosystèmes face au changement climatique. Cette mise en visibilité par la modélisation et la mise en images (cartes, vidéo, schémas) est présente dans les études PGE, Adour 2050, Garonne 2050 et PACC Adour-Garonne. Elle est aujourd'hui présentée comme le mode de représentation le plus abouti de la complexité hydroclimatique. En revanche, une des limites est que ces analyses conçoivent l'adaptation des territoires trop exclusivement du point de vue du facteur climatique et indépendamment des vulnérabilités et des visions différenciées des territoires, des activités, des populations [22] [37].

Entre une *mise en récits* discréditée, une *mise en modèles* toute puissante et une *mise en images* réductrice, la communication sur l'adaptation au changement climatique est à la recherche de la *bonne distance*. Les *récits* indispensables pour accompagner l'anticipation du changement climatique relèvent d'une alchimie complexe qui requiert tout autant des savoirs scientifiques les plus élaborés de la modélisation climatique, des sciences du vivant et des sciences de la société, tout comme les savoirs d'expérience des connaisseurs (élus, professionnels, amateurs...).

### **Un impératif de participation**

Complémentaire de la territorialisation et du partage de connaissances intégratives, la concertation et la participation sont devenues un passage obligé de la gouvernance de l'eau. Les politiques de l'eau ont d'ailleurs intégré ces standards affichant concertation, objectif de coconstruction, transparence en réponse aux besoins d'appropriation par les acteurs. Cependant le recours systématique à des procédures participatives, souvent assimilé à une quête d'acceptabilité sociale, ne doit pas dissimuler le désenchantement voire la défiance qu'elles suscitent parmi les participants [24] [38]. Soumise à l'analyse critique, la dimension participative des prospectives hydroclimatiques laisse entrevoir des écarts persistants entre les ambitions affichées, la conduite des démarches et les compromis atteints. L'apprentissage d'une gouvernance hydro-climatique requiert une organisation originale, inclusive et participative qui reste à imaginer pour déterminer le futur mix hydrique sur les territoires de la région Nouvelle-Aquitaine. Laisser ouverte la possibilité d'étudier diverses solutions alternatives possibles est une condition indispensable pour garantir la confiance entre les partenaires.

### **Une gestion durable partagée**

Une gestion durable de la ressource en eau fait référence à des niveaux de prélèvement garantis dans le temps et compatibles avec les conséquences sociales, environnementales et économiques. Une gestion durable des aquifères renouvelables requiert d'intégrer les flux en direction des écosystèmes qui en dépendent à travers le drainage naturel et donc d'utiliser le débit durable d'exploitation (stock à prévoir et dégradation maîtrisée des écosystèmes dépendant) comme règle de gestion. La durabilité, comme accord négocié entre usagers et gestionnaires, constitue un problème de résolution de contraintes entre usages et requiert une estimation du coût des arbitrages intra et inter-temporels entre les différents objectifs.

### **L'anticipation du changement climatique**

La réalité du changement hydro-climatique invite désormais à raisonner de manière indissociable et intégrée les relations entre climat, hydrologie, usages et gouvernance de l'eau. Des savoirs scientifiques sont développés aux échelles territoriales pertinentes pour appréhender la complexité et lever les incertitudes liées au changement climatique. Des projets territoriaux durables et solidaires doivent se fonder conjointement sur une estimation partagée des besoins en eau, sur des récits qui leur donnent du sens et sur des expertises qui fondent leur crédibilité. Pour éviter un accroissement des tensions sur l'eau, il s'agit de réencastrier l'expertise scientifique et technique, dans la qualité de vie, le social et la politique des territoires. En réunissant ces conditions les acteurs de la région Nouvelle-Aquitaine sont en mesure de jouer un rôle pionnier dans le développement d'outils d'anticipation du changement climatique permettant d'anticiper et d'éviter des crises coûteuses sur les plans économiques, écologique, social et politique.