



Eau et Changements climatiques en Adour-Garonne

Les enjeux
pour la ressource,
les usages et les milieux

Glacier d'Ossoue
1911



© L. Gaurler

2009



© P. René

Eau et Changements climatiques en Adour-Garonne

Les enjeux
pour la ressource,
les usages et les milieux



Les années météorologiques récentes ne doivent pas faire oublier les tendances climatiques de long terme que connaît le bassin Adour-Garonne. Préparer l'avenir de ce territoire, c'est prendre en compte dès à présent les effets du changement climatique.

Malgré la présence de ce château d'eau naturel que représentent la chaîne des Pyrénées au sud, ainsi que le Massif Central plus au nord-est, le bassin Adour-Garonne connaît des déséquilibres entre besoins et ressources en eau, des périodes d'étiages sévères, créant des tensions entre usages. Elles sont appelées à s'aggraver avec le changement climatique.

Anticiper les conséquences sur l'hydrologie, les milieux aquatiques et l'évolution des usages qui leur sont associés permettra d'élaborer des stratégies d'adaptation dans le domaine de l'eau. Ces enjeux méritent pleinement notre attention.

Ce document fait la synthèse des connaissances scientifiques sur la question, dresse un diagnostic par une meilleure compréhension de l'ampleur des changements attendus.

L'agence de l'eau Adour-Garonne a l'ambition de diffuser ce panorama des connaissances disponibles : il est une étape indispensable à la constitution d'une politique élaborée en concertation avec l'ensemble des acteurs de l'eau du bassin, portant l'ambition de l'adaptation au changement climatique pour une gestion équilibrée des ressources en eau et des milieux aquatiques.

Les références bibliographiques et un lexique se trouvent en fin de document.

1/ Des changements importants, en cours et à venir

UN RÉCHAUFFEMENT GÉNÉRALISÉ

Le changement climatique est d'ores-et-déjà à l'œuvre sur le bassin. La température moyenne annuelle de l'air dans le grand Sud-Ouest a augmenté¹ de +0,6 °C entre 1901 et 2000. Cette tendance concerne tous les bassins-versants du territoire et s'accroît sur la période récente.

L'évolution contemporaine des températures moyennes annuelles (1960 et 2010) est de + 1°C².

Cette évolution a déjà de lourdes conséquences sur les territoires du sud-ouest : à titre d'illustration, la surface totale des glaciers pyrénéens a diminué de 85 % depuis le milieu du XIX^e siècle³.

Bassin	Tendance Température	Tendance Précipitation	Tendance Évapotranspiration
Adour	↗	=	↗
Charente	↗	=	=
Dordogne	↗	=	=
Garonne	↗	=	=
Littoral	↗	=	=
Lot	↗	=	↗
Tarn-Aveyron	↗	↘	=

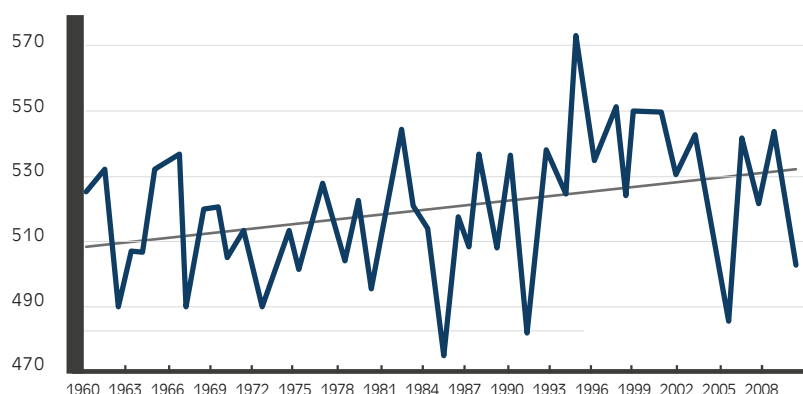
Analyse rétrospective des données météorologiques (1960-2010) par bassin.
L'augmentation de la température moyenne annuelle est partout significative

(Source : données Météo-France, traitées par GEOHYD pour l'AEAG)

En complément de cette évolution tendancielle moyenne qui concerne tous les bassins, les variabilités saisonnière et interannuelle sont importantes à souligner.

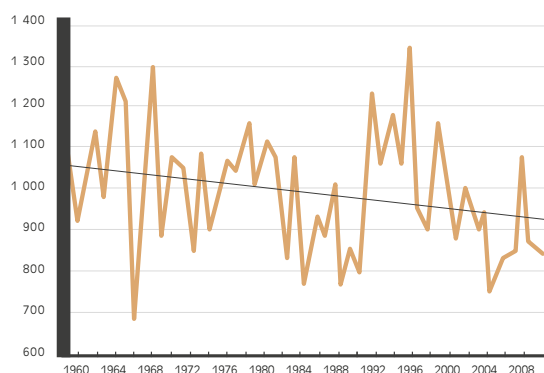
Il est plus difficile de se prononcer sur l'évolution des précipitations, par nature soumises à davantage de variations annuelles et locales.

On constate cependant un phénomène de « méditerranéisation » du bassin Tarn-Aveyron, devenu plus sec au fil du temps. Concernant l'évapotranspiration, une tendance significative à la hausse existe pour certains bassins tels que l'Adour et le Lot.



Évolution de l'évapotranspiration (en mm) sur le bassin du Lot

(Source : données Météo-France, traitées par GEOHYD pour l'AEAG)



Évolution des précipitations (en mm) sur le bassin Tarn-Aveyron

(Source : données Météo-France, traitées par GEOHYD pour l'AEAG)

ET DANS LE FUTUR

Il est désormais acquis que des changements climatiques dus, au moins en partie, aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont en cours, avec pour conséquence une augmentation globale de la température moyenne au niveau mondial.

À cette échelle, plusieurs scénarios de niveaux d'émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont été retenus pour le futur, en fonction des activités humaines et des politiques mises en œuvre pour atténuer le phénomène⁴.

De même, les spécialistes utilisent plusieurs modèles climatiques pour produire le type de cartes ci-dessous, représentatives de tendances, malgré la diversité des approches utilisées.

TEMPÉRATURES ET

ÉVAPOTRANSPIRATION EN HAUSSE

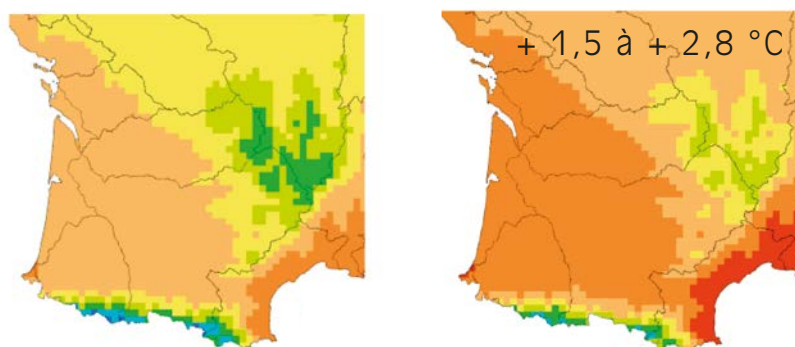
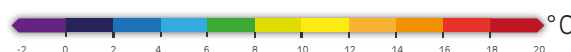
Les premiers travaux de régionalisation, menés par les chercheurs de Météo-France notamment, montrent que pour le Sud-Ouest de la France, la température moyenne annuelle devrait augmenter de +1.5 à +2,8 °C à l'horizon 2050⁵.

Cette tendance sera encore plus marquée en été, avec plus de périodes de canicule et de sécheresse, en particulier en vallée de Garonne, selon un axe partant du sud-est et allant vers le nord-ouest. À l'inverse, les hivers seront en moyenne plus doux, notamment sur la façade littorale⁶ et en montagne.

SITUATION DE RÉFÉRENCE (1971-1990)
ET HYPOTHÈSE MÉDIANE DU GIEC (2046-2065)

Évolution de la température moyenne quotidienne sur l'année dans le sud-ouest

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



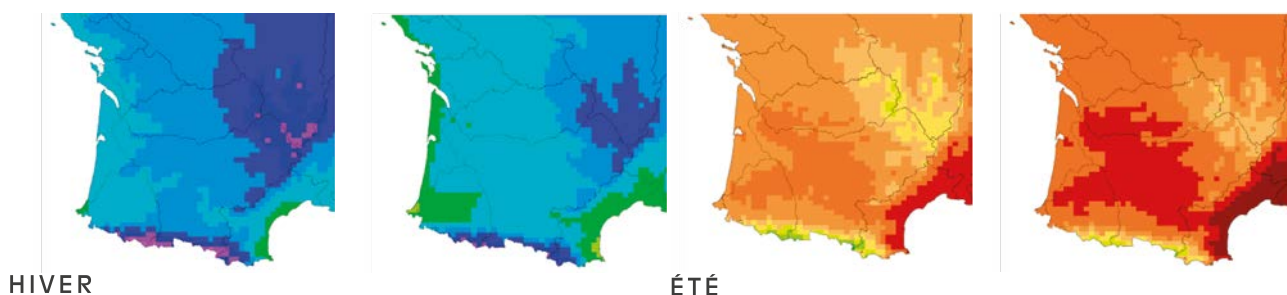
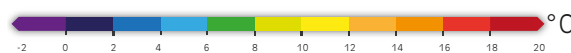
Par voie de conséquence, **l'évapotranspiration annuelle est en nette augmentation** : entre +10 et +30 % en 2050 par rapport à la moyenne annuelle d'aujourd'hui. Cette augmentation sera particulièrement importante au printemps et à l'automne.

Dans le domaine de l'hydrologie, cela signifie moins de pluies efficaces sur l'impluvium, donc **moins d'écoulement** et sans doute **moins d'infiltration**.

SITUATION DE RÉFÉRENCE (1971-1990)
ET HYPOTHÈSE MÉDIANE DU GIEC (2046-2065)

Évolution saisonnière de la température moyenne quotidienne dans le sud-ouest

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



HIVER

ÉTÉ

INCERTITUDE SUR LES PLUIES ET FORTE RÉDUCTION DE LA NEIGE

En ce qui concerne les précipitations, les incertitudes des modèles demeurent importantes à la fois sur la variabilité interannuelle et sur la dynamique annuelle des épisodes pluvieux, mais on peut s'attendre à une **légère baisse**⁷, comprise en moyenne sur le bassin entre 0 et 15 % à l'horizon 2050.

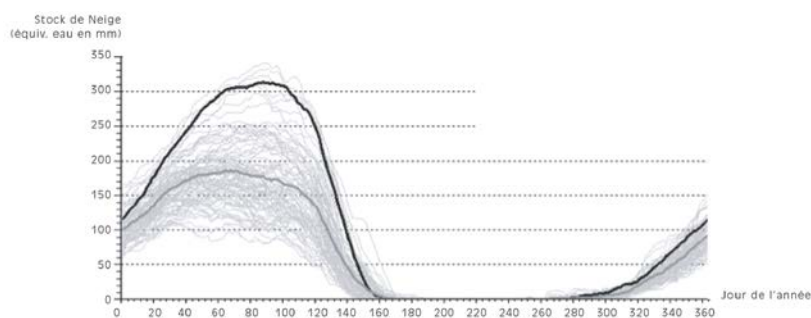
Sur les massifs montagneux, on s'attend à une réduction des précipitations neigeuses.

En fonction de l'altitude, dans un futur proche (2020-2050)⁸, la hauteur de neige sur les Pyrénées sera réduite de 35 à 60 % et la durée d'enneigement de 25 à 65 %. Les fontes du manteau neigeux seront anticipées de 20 jours à 1 mois à l'horizon 2030⁹, ce qui entraîne une modification importante de l'hydrologie faisant passer les **cours d'eau de montagne d'un régime nival à un régime pluvial**.

L'humidité des sols, quant à elle, diminuera sur l'ensemble du territoire, excepté en altitude où elle augmentera notamment en hiver et au printemps en raison de cette fonte des neiges plus précoce¹⁰.

ET LES TEMPÊTES ?

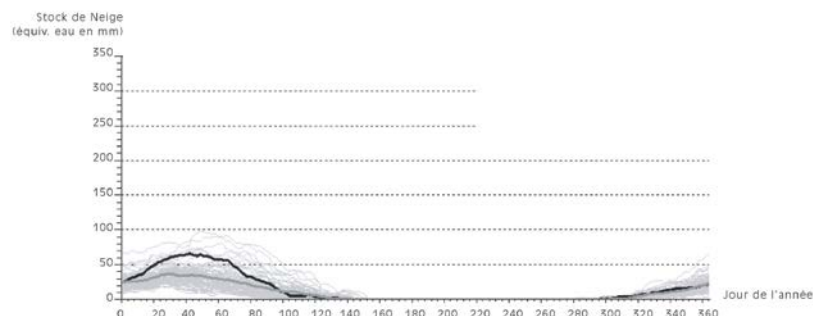
Rien n'indique à l'heure actuelle que la fréquence et l'intensité des événements extrêmes tels que les tempêtes seraient augmentées à l'avenir, dans notre région.



— Neige Climat Présent
— Neige Climat Futur moyen

Stock de neige à 2000m en climat présent (1975-2005) et climats futurs (2015-2045)

(9) Illustration modifiée d'après E. Sauquet, 2009. Imagine 2030 - Climat et aménagement de la Garonne : Quelles incertitudes sur la ressource en eau en 2030 ?



— Neige Climat Présent
— Neige Climat Futur moyen

Stock de neige à 1250 m en climat présent (1975-2005) et climats futurs (2015-2045)

(9) Illustration modifiée d'après E. Sauquet, 2009. Imagine 2030 - Climat et aménagement de la Garonne : Quelles incertitudes sur la ressource en eau en 2030 ?

2/ Moins d'eau disponible et des régimes hydrologiques drastiquement modifiés

Du fait de l'ensemble de ces évolutions climatiques, d'importantes modifications sur l'hydrologie sont à prévoir.

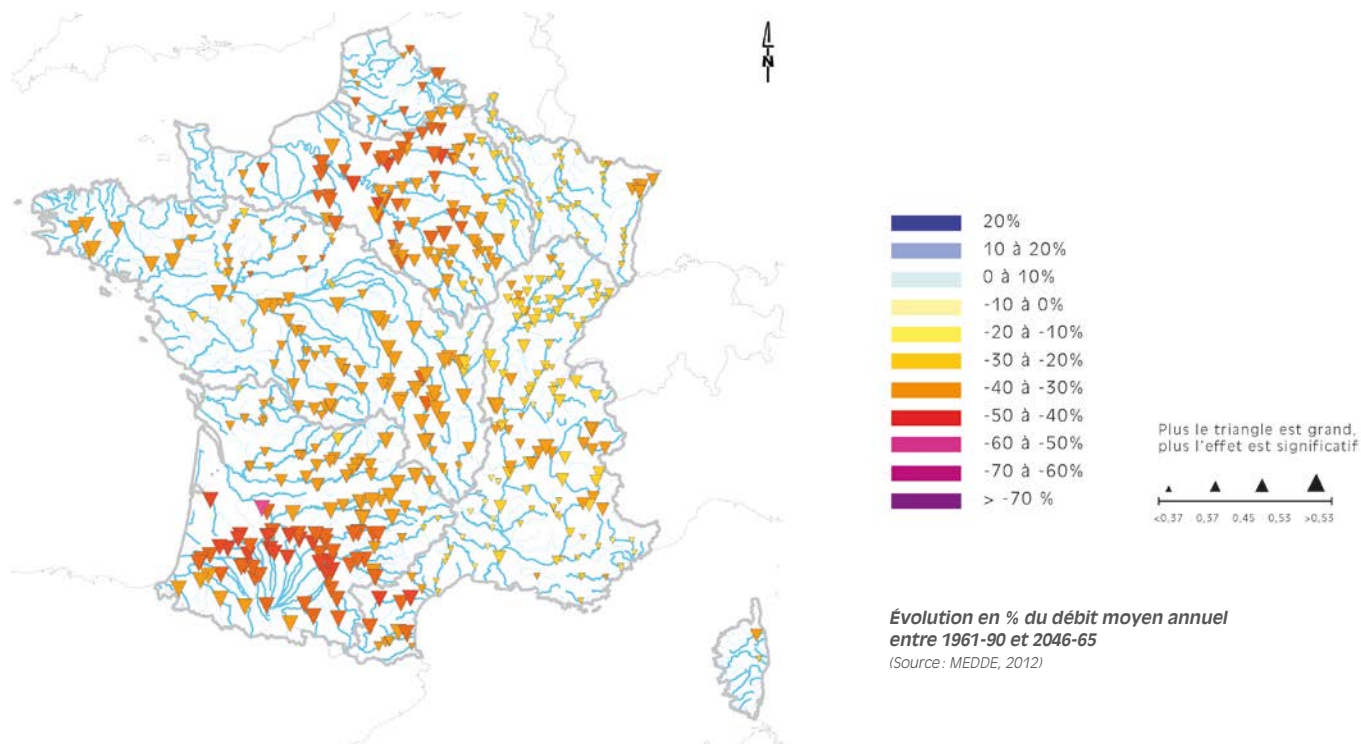
DES DÉBITS EN BAISSSE ET DES ÉTIAGES PLUS SÉVÈRES

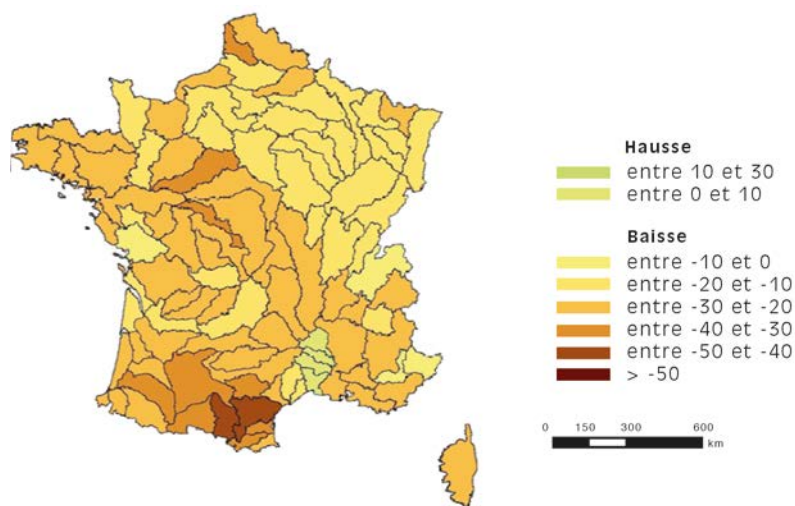
Les bassins du Sud-Ouest seront les plus impactés de France par la diminution des débits des cours d'eau, notamment en été et à l'automne. **Une diminution moyenne des débits naturels annuels avec une fourchette d'incertitude comprise entre -20 % et -40 %** est prévue sur les principaux cours d'eau du Sud-ouest¹¹.

Les étiages seront à la fois, en moyenne, plus précoces, plus sévères et plus longs qu'à l'heure actuelle.

Sur le bassin de la Garonne, une première estimation indique qu'il faudrait mobiliser de l'ordre de 800 millions de m³ d'eau supplémentaires pour combler en 2050 la différence entre l'hydrologie du futur et le Débit Objectif d'Etiage actuel (toute chose égale par ailleurs, et notamment les prélèvements estivaux)¹².

Sur les bassins-versants montagneux, à composante nivale, les changements se produiront surtout en hiver avec des précipitations davantage sous forme de pluies¹³, ayant pour conséquences une augmentation importante des débits en hiver et une forte diminution au printemps.





Variation moyenne (en %) de la recharge des nappes à l'horizon 2050

(Source : MEDDE, 2012)

DE L'INCERTITUDE SUR LA RECHARGE DES NAPPES

La piézométrie est à la fois influencée par la pluviométrie et le rapport entre l'infiltration et le ruissellement. À l'horizon 2050, de nombreuses incertitudes demeurent mais il semble que la tendance soit à la diminution¹⁴ du niveau piézométrique des nappes du bassin. En moyenne, **la recharge pourrait diminuer de 30 à 55 % dans le Sud-Ouest¹⁵**. L'impact variera selon le type d'aquifères : il sera probablement plus marqué en Charente (variation du niveau des nappes comprise entre +0,5 et -10 m) que pour le Nord de l'Aquitaine (entre +4 et -10 m). Pour les eaux souterraines profondes et captives, avec peu de liens avec la surface, l'impact du changement climatique devrait être limité.

À l'avenir, pour affiner ces tendances, il importe de progresser sur la prévision du régime des précipitations. Favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol, puis le sous-sol, apparaît d'ores et déjà comme une mesure d'intérêt.

SITUATIONS HYDROLOGIQUES EXTRÊMES

Avec la précision actuelle des modèles climatiques et hydrologiques, il est difficile de statuer sur l'évolution de la fréquence et de l'intensité des situations hydrologiques extrêmes dans le bassin. Il semble cependant que le nombre de jours de sécheresse augmentera de façon significative, la fréquence des pluies efficaces diminuant¹⁶. De même, des assecs pour les rivières non réalimentées, connaissant aujourd'hui de faibles débits d'étiage, sont à prévoir à l'avenir. Par contre, il est encore difficile de traiter du risque d'inondation en climat futur¹⁷.

3/ Les écosystèmes aquatiques fortement impactés

Au-delà des facteurs liés à l'homme, comme la pollution par exemple, les principaux facteurs impactant les espèces végétales et animales sont les **températures de l'air, des eaux** et le **régime des cours d'eau**, et cela tant en montagne, qu'en plaine ou sur le littoral¹⁸.

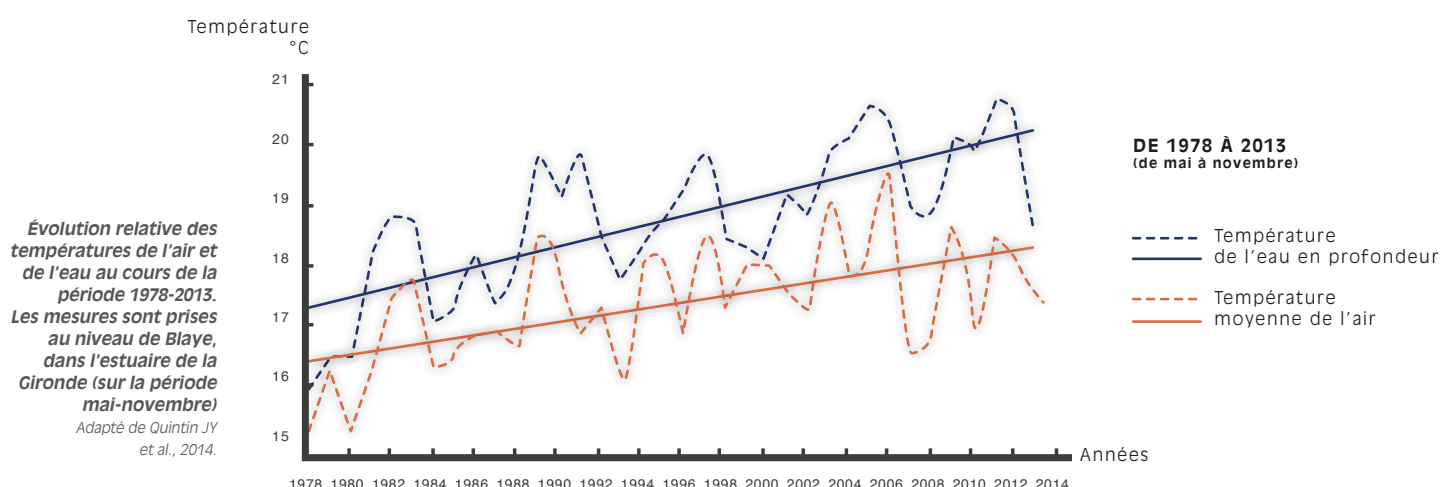
UNE ÉVOLUTION IMPORTANTE DU LITTORAL ET DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE

Le niveau moyen de l'océan Atlantique a déjà évolué en moyenne de + 2,6 mm/an sur la période 1914-1996. À l'horizon 2040, une augmentation de 4.5 à 20 cm est prévue, avec une accélération prévisible du phénomène en fin du siècle, pouvant atteindre +9,7 mm/an¹⁹.

De ce fait, l'impact des tempêtes serait amplifié, accélérant l'érosion des côtes et entraînant des

submersions au moins temporaires et des risques de salinisation des espaces côtiers. Le risque de remontée du biseau salé serait également accentué, menaçant localement les nappes phréatiques d'eau douce (même si, sur celles-ci, le risque principal reste la pression de prélèvement)²⁰.

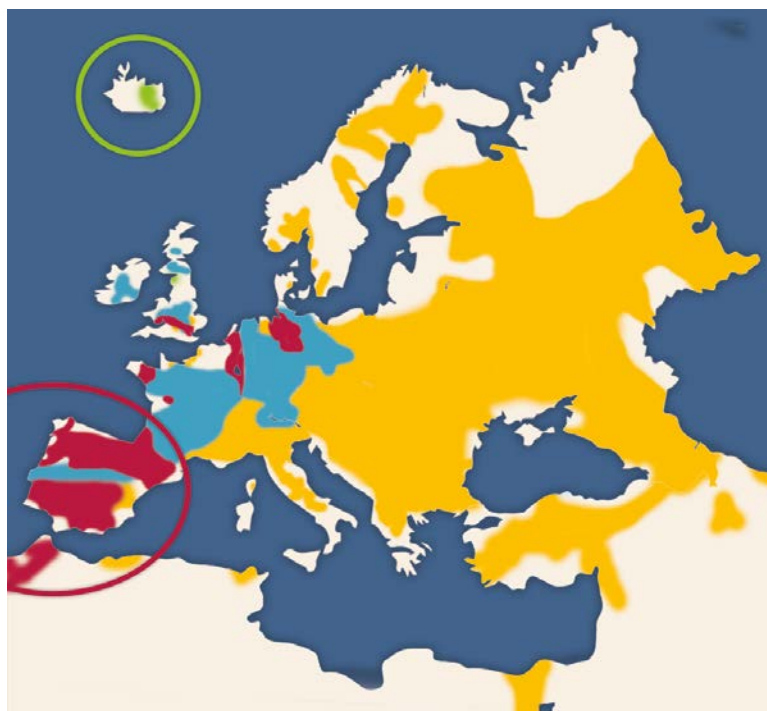
Concernant les zones humides de la zone littorale, le réchauffement climatique tendrait à les assécher et à augmenter leur salinité par évaporation et remontée des sels²¹.



La température de l'eau a une influence directe sur la vie des poissons et les productions conchylicoles et ostréicoles. La phénologie et la physiologie de la faune vont logiquement évoluer avec le changement climatique : fécondité, âge à la reproduction, croissance pondérale, longévité... Les ressources marines pourraient être également touchées par une augmentation **des risques de maladies et de parasites** en raison de l'augmentation de la température des eaux. Dans le Golfe de Gascogne, la **température de l'eau** a déjà connu une augmentation de 1 °C entre 1980 et 2000, avec une accélération lors de la décennie 1990-2000²².

Les prévisions de température pour l'estuaire de la Gironde sont conformes aux estimations nationales qui prévoient une augmentation moyenne de 1,6°C d'ici à 2050²³.

Les aires de répartition des principales espèces présentes actuellement dans le bassin seront modifiées : il y aurait une contraction de ces zones pour certaines espèces comme par exemple la grande alose²⁴.



AIRE DE RÉPARTITION DE LA GRANDE ALOSE

- Où l'espèce resterait **présente** vers 2100
- Où l'espèce resterait **absente** vers 2100
- Où l'espèce **apparaîtrait** vers 2100
- Où l'espèce **disparaîtrait** vers 2100

- Gain probable pour les bassins nord-européens
- Perte nette pour les bassins méridionaux

*Contraction probable de l'aire de répartition de la grande alose, poisson migrateur, à l'horizon 2100 en cas d'évolution pessimiste des émissions de gaz à effet de serre
(D'après LASALLE et ROCHARD, 2009)*

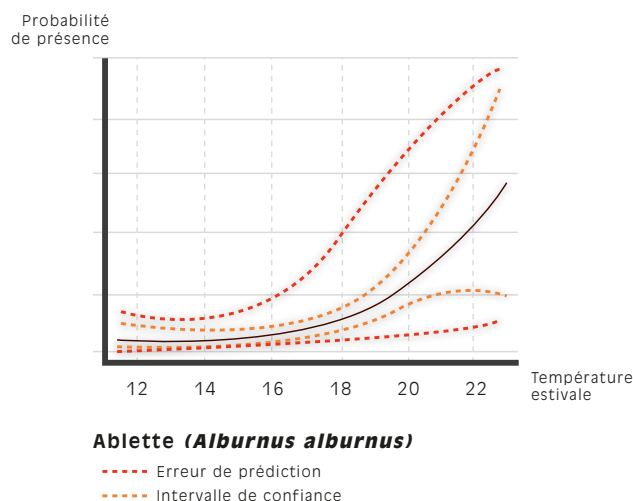
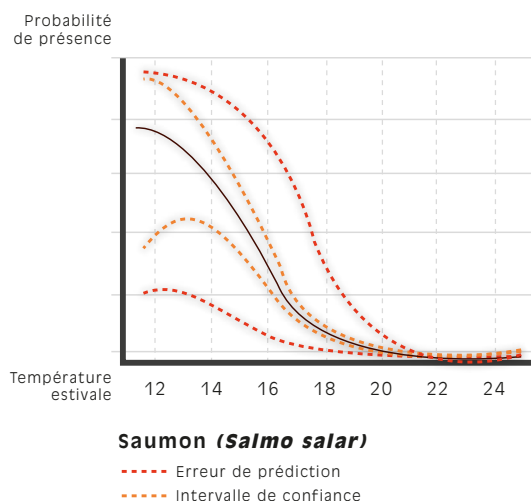
Au niveau de l'estuaire, en plus de l'évolution de la température et de la salinité, les baisses de débit d'eau douce risquent d'allonger le temps de présence du bouchon vaseux, accentuant les problèmes de qualité des eaux et surtout d'anoxie, ayant de forts impacts écologiques²⁵.

EN PLAINE ET EN MONTAGNE AUSSI, DES IMPACTS IMPORTANTS

Les probabilités de présence des différentes espèces de poissons connues aujourd'hui dans le bassin seront également modifiées du fait du changement climatique²⁶. Il y aura **une expansion probable de l'aire de distribution des espèces d'eau chaude** telles que l'ablette, l'anguille et le gardon²⁷. La réduction des débits des cours d'eau et l'augmentation de leur température dégraderont les habitats favorables à certaines espèces comme les migrateurs amphihalins et pourraient donc restreindre leur présence sur le bassin.

Profils marginaux de probabilité de présence pour les espèces saumon et ablette en fonction des températures estivales de l'eau

(Adapté de BASILICO et al., 2009)



Les espèces montagnardes pourraient avoir besoin de migrer en altitude pour retrouver des conditions qui leur sont favorables, en termes de régime et de température : elles devront alors rivaliser avec les espèces déjà présentes.

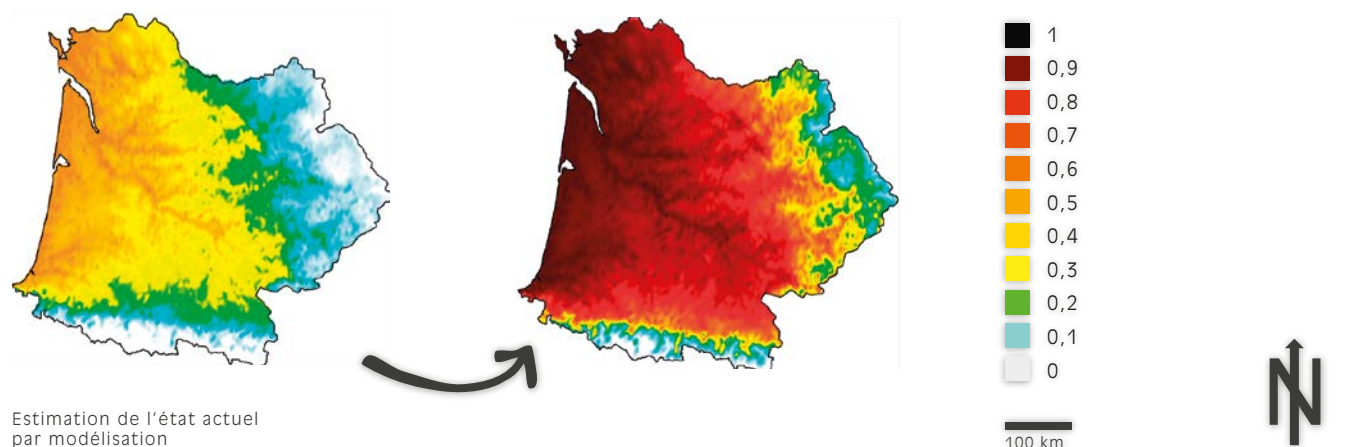
Les espèces d'eau froide verront leur aire de distribution se réduire, telles que la truite commune ou le vairon. Au contraire, des espèces telles que le barbeau pourraient coloniser ces zones amont qui leur deviendront favorables²⁸.

Les changements climatiques, du fait notamment de l'augmentation des températures et de la diminution des débits, accentueront **le risque de régression/dégradation/disparition de certaines zones humides en vallées alluviales**.

D'une manière générale **la fragilisation des milieux, la modification des chaînes trophiques et plus globalement des réseaux écologiques** sont des conséquences imputables au changement climatique.

Ce dernier apparaît au final comme une pression et un risque supplémentaires face aux pressions anthropiques impactant déjà largement les milieux aquatiques du bassin. En complément de l'incidence sur les populations, les changements climatiques auront également des impacts sur les processus (on connaît par exemple peu de chose sur le compartiment bactérien, jouant pourtant un rôle fondamental). Ces forçages « physiologiques » sur les espèces existantes dans le bassin sont également à mettre en regard de l'augmentation probable des espèces invasives, souvent thermophiles et opportunistes, qui s'accommodent davantage d'une grande variabilité hydrologique.

La notion d'état biologique de « référence » pose problème dès lors que le climat évolue. Il en est de même pour la bio-indication²⁹. L'évaluation des impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques nécessite de connaître et de savoir mesurer les services rendus par ces milieux. Quelles politiques mettre en œuvre pour quels bénéfices attendus ? ³⁰



Évolution probable de la Jussie, plante aquatique invasive représentative de 38 espèces végétales thermophiles étudiées sur le bassin

(D'après E. Tabbachi, non encore publiés)

4/ Et si l'évolution des usages accentuait le risque de déséquilibre entre besoins et ressources disponibles ?

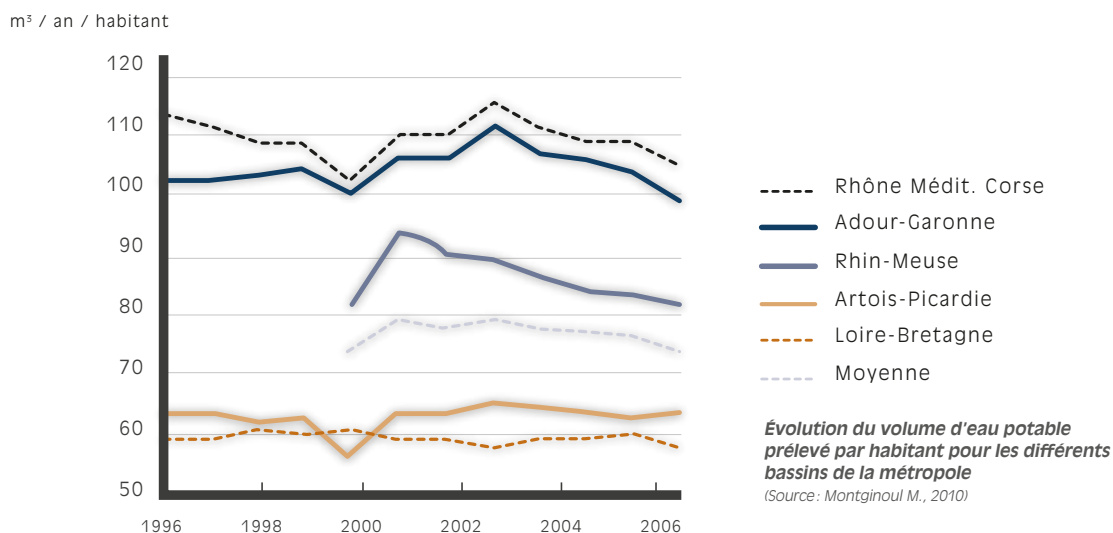
Au-delà des impacts directs identifiés, des impacts indirects sur les usages sont également attendus sur le bassin à l'horizon 2050. Il est indispensable de les prendre en compte afin d'obtenir une vision globale permettant de mieux appréhender l'ampleur des changements à venir. L'ensemble de ces facteurs d'influence directs et indirects sur l'eau représente ce que l'on appelle couramment « **les changements globaux** ». La problématique du changement climatique ou plus globalement de ces changements globaux ne doit pas s'envisager sans y associer les dynamiques de société sur les territoires, notamment l'évolution des modes de vie et des activités.

QUELLE DEMANDE EN EAU POTABLE, DEMAIN ?

L'augmentation de la population sur le bassin présente un rythme actuel de croissance de 0.9 % par an³¹, soit presque le double de la moyenne nationale. Cela s'explique par l'attraction de la frange littorale et des pôles économiques que sont Toulouse et Bordeaux. À l'avenir la densification de la population sur le littoral océanique et sur l'axe Bordeaux/Toulouse devrait se poursuivre. À l'horizon 2040, on prévoit sur le bassin 1 million d'habitants de plus qu'aujourd'hui. En complément des prélèvements domestiques, à cette échéance quel sera le tissu industriel (et donc la demande en eau) du bassin ?

Les tendances actuelles indiquent **une baisse des prélèvements individuels** du fait d'une sensibilisation réussie aux économies d'eau. Est-ce que cela va perdurer en présence d'un climat plus chaud, et notamment caniculaire l'été (îlots de chaleur en ville, eau de confort) ou existe-t-il un plafond, en-deçà duquel les économies domestiques ne sont plus envisageables ?

Avec la réduction des débits des cours d'eau, **la question de la qualité de la ressource en eau de surface** est également posée, notamment lorsque la ressource superficielle est la seule disponible pour la production d'eau potable. Sans possibilité de dilution, les rejets des stations d'épuration dans



les cours d'eau devront être irréprochables. Le développement de parasites beaucoup plus difficiles à éliminer que ce que l'on connaît aujourd'hui est un risque possible bien que mal évalué à ce jour. De même, l'augmentation, en quantité et en vitesse, des processus d'humification et d'eutrophisation pourrait dégrader la qualité des eaux brutes de surface, du fait de l'augmentation du taux de carbone organique dissous. Le développement de technologies de traitement énergivores et le recours plus systématique à des réactifs chimiques (avec des problèmes éventuels liés aux sous-produits de désinfection) pourraient être des solutions coûteuses mises en avant, traitant de façon curative les problèmes d'une eau brute dégradée.

Face à la baisse de la disponibilité en surface, le report vers les eaux souterraines apparaît comme le risque majeur à gérer pour cette ressource dont le temps de renouvellement peut être parfois très long. Au niveau de ces eaux souterraines, côtières en particulier, les principaux risques sont la surexploitation et localement la dégradation de la qualité du fait notamment de la remontée probable du biseau salé.

QUELLE FORÊT, QUELLE AGRICULTURE ET QUELS PAYSAGES ?

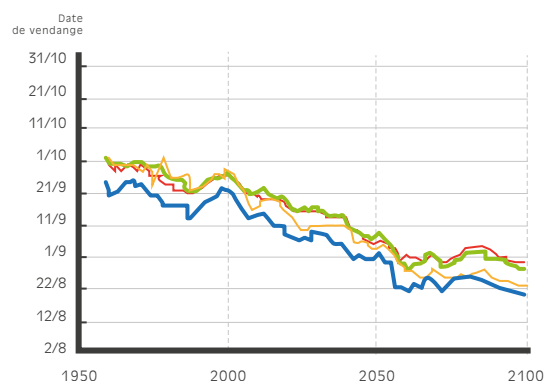
Le Sud-Ouest français présente une forte activité agricole avec des grandes cultures, de la viticulture, de l'arboriculture, des cultures semencières dans les plaines et coteaux et de l'élevage sur les piémonts.

Cultures : évolution du cycle cultural et des besoins en eau

Les impacts sur les cultures agricoles sont principalement une réduction du cycle cultural³², avec une anticipation des stades phénologiques, des accidents physiologiques accrus du fait des fortes températures et une possible dégradation du rendement ou de la qualité de certaines productions³³. Pour les maladies et épidémies, les principales études semblent conclure à de la variabilité, en fonction des pathogènes, notamment

du fait de l'incertitude qui persiste pour le régime des précipitations, donc pour le taux d'humidité ambiant. À titre d'illustration dans le sud, le nombre de jours échaudants durant la phase de remplissage des grains devrait augmenter pour le blé et le tournesol. La floraison du maïs devrait être anticipée d'une quinzaine de jours et son rendement diminué de 1 t/ha dans un futur proche (2020-2050)³⁰. Pour la vigne, les vendanges pourraient être avancées de plus de 20 jours à l'horizon 2050, ce qui aurait de lourds impacts sur la qualité du raisin³⁴. Une étude internationale prévoit que les surfaces agricoles favorables au vignoble se réduiraient de 39 à 89 % à cette échéance³⁵. Qu'en sera-t-il pour le Sud-Ouest ?

Les sécheresses comme celle de 2003 se produiraient une année sur deux à l'horizon 2050 et auraient donc des impacts sur les cultures (rendement des cultures annuelles, mauvaise fructification et dépérissement des cultures pérennes)³⁶.



Conséquences du changement climatique sur l'anticipation de la date de récolte pour la vigne pour 4 sites et systèmes de cultures « traditionnels » associés à ces sites
(Source : PIERI P., 2010)

— Avignon
— Bordeaux
— Toulouse
— Dijon

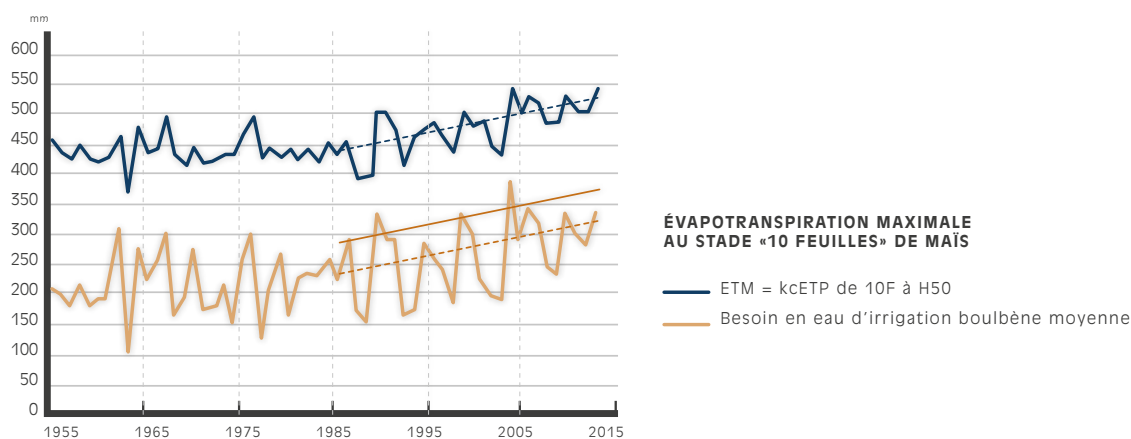
Une augmentation de la demande en

eau de la végétation, naturelle ou cultivée, paraît inévitable (sauf saut technologique majeur ou changement radical de modèle agricole) car les températures et l'évapotranspiration vont augmenter : les besoins en eau d'irrigation³⁷ des cultures seraient augmentés de 30 % à l'horizon 2050³⁸. La tendance par hectare est d'ailleurs déjà effective, notamment depuis les années 1980³⁹. À titre d'illustration, le graphe ci-après présente l'augmentation des besoins en eau, d'un maïs ou d'un sorgho, irrigués de manière à compenser 50 à 80 % de l'évapotranspiration.

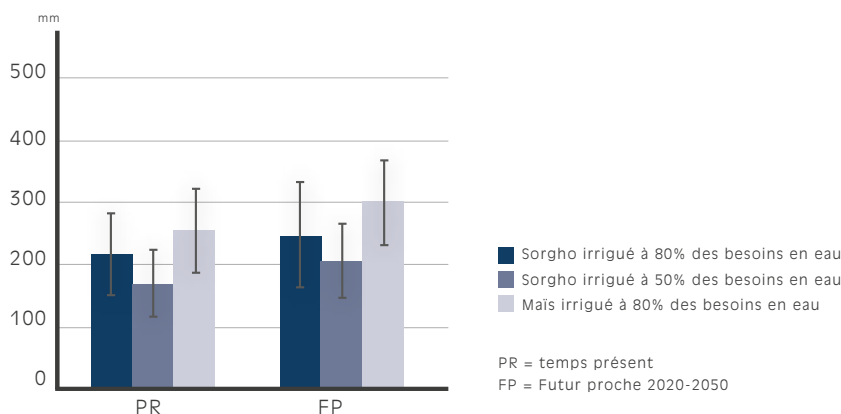
La dégradation du confort hydrique moyen est une variable qui aura aussi de fortes conséquences sur les cultures pluviales, mené sans irrigation⁴⁰.

L'élevage, davantage soumis à l'aléa de la production fourragère

Et en ce qui concerne l'élevage, la production fourragère annuelle sera impactée par le changement climatique avec des variations intra-annuelles importantes : on s'attend dans le Sud-Ouest à une augmentation de la production printanière⁴¹ et un net creux estival des rendements⁴² en raison des sécheresses.



Évolution de 1985 à 2012 des besoins en eau d'irrigation d'un maïs très tardif (orange) et de l'évapotranspiration (bleu)
Toulouse Blagnac
(Adapté de LACROIX et al., 2013)

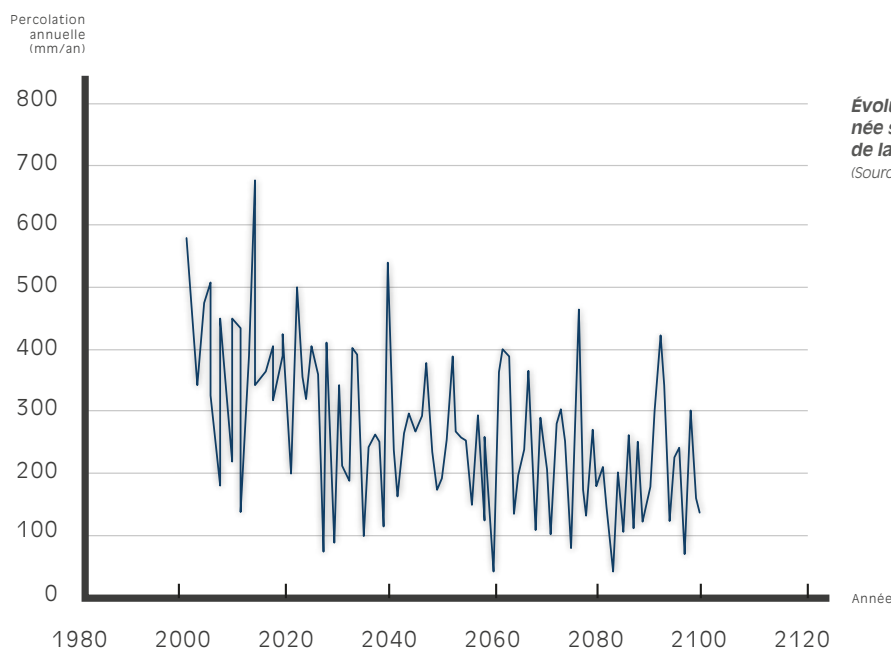


Comparaison des besoins en eau d'une monoculture de sorgho irriguée avec la monoculture de maïs à Toulouse
(Source : BRISSON et al., 2010)

Les forêts seront également touchées

L'augmentation des températures et le déficit pluviométrique prédit par les modèles climatiques induisent une diminution du confort hydrique des arbres. De plus, le risque d'arrivée de nouveaux parasites et pathogènes par le sud n'est pas à exclure. Les conséquences prévisibles pour les forêts du territoire du bassin Adour-Garonne, et notamment le massif des Landes de Gascogne⁴³, sont une baisse de rendement, une diminution de la restitution d'eau au milieu par drainage et un risque accru d'incendie⁴⁴.

L'évolution de ces secteurs dépend également en partie des marchés mondiaux et des politiques publiques. L'adaptation des activités agricoles et sylvicoles aux changements climatiques apparaît comme une nécessité, au regard de leur vulnérabilité par rapport au climat et à la ressource en eau.



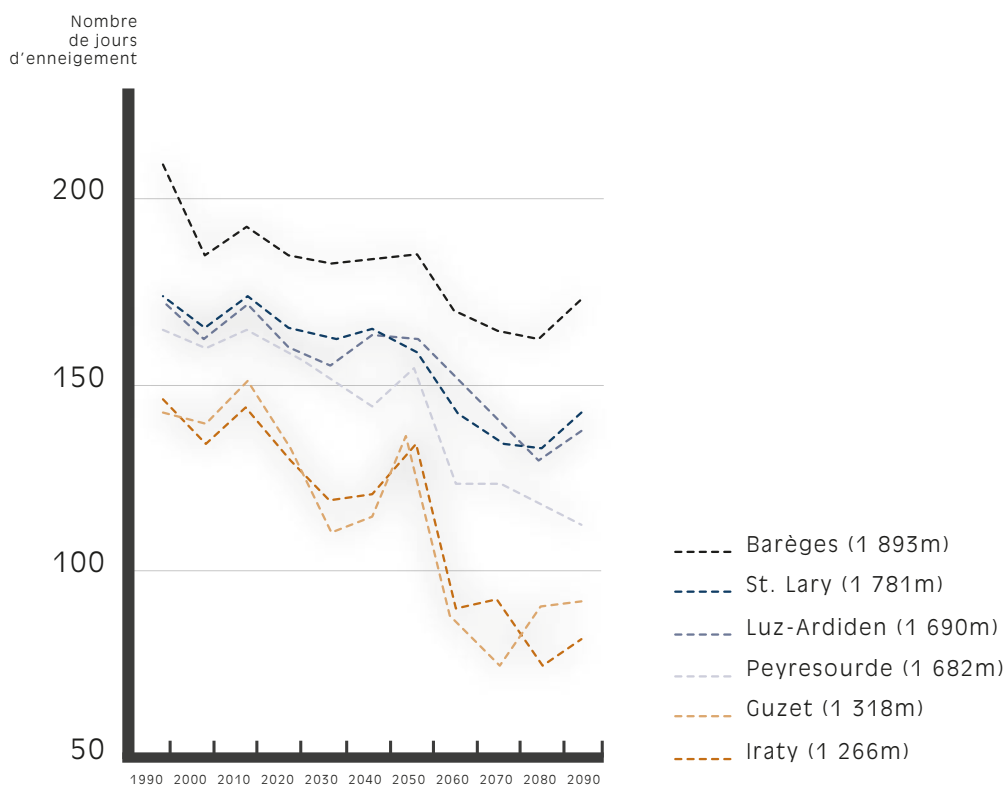
QUELLE DEMANDE ET QUELLE OFFRE TOURISTIQUES EN 2050 ?

Le littoral, les deux chaînes de montagnes, un espace rural aux multiples facettes et un patrimoine culturel riche permettent aujourd'hui une offre touristique importante sur le bassin. Comme le climat et les ressources naturelles contribuent à l'attractivité du territoire, il importe d'anticiper les impacts que les changements globaux, et notamment climatiques, auront à la fois sur les ressources et les comportements des usagers.

La diminution de l'enneigement aura des impacts très importants sur l'activité touristique hivernale des massifs montagneux⁴⁵.

L'évolution des espaces naturels et de la biodiversité aura des conséquences sur le tourisme naturaliste, la pêche ou l'oénotourisme... La baisse de la disponibilité de la ressource en eau va accentuer les conflits d'usages⁴⁶, notamment en période d'étiage : eau potable, loisirs nautiques (qualité des eaux de baignade, niveau d'eau dans les lacs et rivières), golfs et thermalisme...

En parallèle de ces vulnérabilités, des opportunités seront aussi à saisir. Face aux vagues de chaleur, la montagne gagnera en attractivité l'été et le littoral en intersaisons par exemple. Encore faut-il adapter des offres de services touristiques compatibles avec les attentes des usagers de 2050 et les ressources des territoires du bassin⁴⁷.



Évolution du nombre de jours d'enneigement pour 6 stations de ski pyrénéennes entre 1990 et 2090
(Source : DUQUESNE, 2008)

QUELLE PERSPECTIVE POUR LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUES ?

La raréfaction à l'échelle mondiale, donc l'augmentation probable des coûts des énergies fossiles, est une tendance lourde du secteur. Le changement climatique va également impacter la production et la demande énergétiques, plus localement dans le Sud-Ouest.

Quel avenir pour l'énergie nucléaire et l'hydroélectricité à l'heure de la transition énergétique et dans un contexte de renégociation des concessions hydroélectriques françaises dans le marché européen ? De nombreuses interrogations persistent sur la maîtrise des demandes énergétiques (moins de chauffage, plus de climatisation, évolution du transport, contrats d'effacement...), sur la part des énergies renouvelables, produites localement, plus ou moins intermittentes et donc non prédictibles, et introduites dans un réseau de distribution national voire européen⁴⁸.

Pour les gestionnaires de la ressource en eau du bassin Adour-Garonne, la question principale concerne l'utilisation future qui sera faite des réserves hydroélectriques : seront-elles toujours dédiées aux besoins de pointe concentrés en hiver ? Malgré le renchérissement probable du coût de l'énergie, cette pointe de consommation sera-t-elle toujours aussi stratégique en 2050 qu'elle l'est aujourd'hui ?⁴⁹ Serait-il rentable de turbiner tout au long de l'année, et notamment l'été, et plus seulement l'hiver ? Des projets de stations de transfert d'énergie par pompage vont-ils se développer pour augmenter la puissance mise à disposition ?

Le paysage énergétique est en profonde mutation. La transition énergétique pourrait se traduire par des évolutions fortes tant sur le plan des consommations que sur celui de la production. Quels que soient les choix nationaux et régionaux qui seront faits en matière d'énergie, les interdépendances avec l'eau seront majeures.



Conclusion

Les principaux travaux scientifiques réalisés à ce jour portent sur le changement climatique et ses impacts. Malgré les incertitudes liées aux modélisations, **des tendances robustes pour le bassin méritent d'être portées à connaissance** : augmentation des températures et de l'évapotranspiration, diminution de l'enneigement sont des paramètres de raréfaction de la ressource en eau. Les tensions en période d'été s'aggravaient fortement : la gestion quantitative par la maîtrise de la demande en eau devrait certainement prendre une importance croissante. De même, le lien entre quantité et qualité de la ressource apparaît comme renforcé et la question des rejets, de fait, renouvelée.

La prise en compte des changements globaux impose d'intégrer « la cascade des conséquences » et le caractère rétroactif des phénomènes naturels et anthropiques (résilience des systèmes naturels et adaptation des acteurs).

En complément, des exercices prospectifs, comme Explore 2070 ou Garonne 2050, permettent de formuler des hypothèses d'évolution et **d'envisager le futur au-delà des seuls impacts du changement climatique**, en combinant différents facteurs d'influence dans une approche systémique. Leur objectif est de relier davantage la problématique climatique à la question sociétale (évolution des modes de vie et aménagement du territoire) et ainsi d'anticiper et de prévoir afin de faire évoluer les dispositifs de gestion. Vu l'ampleur des pressions attendues, un simple ajustement des activités et des modes de vie actuels paraît insuffisant. Dans le domaine de l'eau pour notre bassin, particulièrement impacté, il est nécessaire de réfléchir à des pistes d'adaptation plus fondamentales pour l'avenir.

L'adaptation aux changements globaux renouvelle le rôle joué par la connaissance et la sensibilisation mais aussi par la gouvernance, puisque des arbitrages seront nécessaires.

Prendre en compte l'ensemble de ces facteurs d'influence, c'est ce qu'on appelle « faire face aux changements globaux ». Du fait de ces évolutions, la politique de l'eau du bassin doit évoluer vers une gestion plus adaptative de la ressource et des usages privilégiant des solutions à la fois flexibles et robustes. Le SDAGE 2016-2021 constitue une première étape, définissant une stratégie d'adaptation au changement climatique à mettre en œuvre sans attendre.

/ Glossaire

Anoxie: Manque de dioxygène dissous d'un milieu aquatique, ayant pour conséquence une souffrance des espèces pouvant aller jusqu'à la mort (hypoxie). Ce phénomène s'accroît avec l'augmentation de la température de l'eau.

Anthropique: Qui a une origine humaine ; qui est causé par l'homme

Aquifère: Formation géologique composée de roches perméables (formations poreuses et/ou fissurées) contenant de l'eau en quantité significative. Il comporte une zone saturée- ensemble du milieu solide et de l'eau contenue- suffisamment conductrice d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantités d'eau appréciables (drainage, pompage...).

Assec: État d'une rivière (ou d'un étang) qui se retrouve sans eau. Pour les cours d'eau, le terme est synonyme de lit asséché. Son origine peut être soit une situation naturelle, soit le résultat d'une action humaine sur le milieu.

Bassin versant: Espace géographique dans lequel toutes les eaux de pluie ou de ruissellement s'écoulent dans la même direction et se rejoignent pour former un cours d'eau ou un lac.

Bio-indication: Désigne des espèces biologiques ou animales qui, du fait de leurs particularités écologiques, constituent l'indice précoce de modifications biotiques ou abiotiques de l'environnement dues à des activités humaines.

Biseau salé: Intrusion d'eau saumâtre ou salée dans une masse d'eau douce. Ce mélange induit par une marée ou surtout par les pompages peut poser problème quand il menace une nappe destinée à produire de l'eau potable.

Bouchon vaseux: Masse de sédiments fluides présente dans l'estuaire de la Gironde, résultant de la rencontre des eaux douces et salées. Il se déplace au gré des marées le long de l'estuaire et remonte de plus en plus haut.

Chaîne trophique: Ensemble d'espèces vivantes dont chacune se nourrit de la précédente (végétal, herbivore, carnivore), Chaîne alimentaire.

Confort Hydrique d'une plante: Stade où le végétal ne connaît pas de déséquilibre entre sa demande en eau et sa capacité à satisfaire cette demande, notamment par absorption racinaire.

Débit objectif d'étiage: Débit qui assure la coexistence normale de tous les usages et le bon fonctionnement du milieu aquatique

Étiage: Baisse périodique des eaux d'un cours d'eau ; le plus bas niveau des eaux.

Eutrophisation: Détérioration d'un écosystème aquatique par la prolifération de certains végétaux, en particulier des algues planctoniques notamment du fait de la présence de rejets riches en nitrates, phosphates ou de matières organiques.

Évapotranspiration: Eau retournant vers l'atmosphère, évaporée depuis le sol et transpirée par la végétation.

GIEC: Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, organisme intergouvernemental, ouvert à tous les pays membres de l'ONU. Il a pour mission d'évaluer, de façon méthodique, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique nécessaires pour mieux comprendre les risques liés au changement climatique et pour envisager des stratégies d'adaptation et d'atténuation. Ses évaluations sont principalement fondées sur les publications scientifiques et techniques dont la valeur scientifique est reconnue.

Humification: Dégradation de la matière organique morte par différents processus biochimiques qui concourent à sa transformation en humus.

Impluvium: Aire de captage des eaux pluviales

Migrateur amphihalin: Qualifie une espèce dont une partie du cycle biologique se fait en mer et une autre partie en rivière.

Nappe captive: Quand une nappe se situe entre deux couches de terrains imperméables, elle est dite « captive ». Isolée de la surface du sol par une formation géologique imperméable, le volume d'eau souterraine est à une pression supérieure à la pression atmosphérique (le niveau de l'eau dans un forage est plus haut que la limite supérieure de l'aquifère).

Phénologie: Étude de l'apparition d'événements périodiques dans le monde vivant (floraison, feuillaison, fructification des espèces végétales), déterminée par les variations saisonnières du climat (température, longueur du jour, teneur en eau du sol...)

Piézométrie: Niveau atteint par l'eau dans un tube atteignant la nappe. Il peut être reporté sur une carte piézométrique.

Recharge: Phénomène qui s'opère lorsque le sol reçoit plus d'eau de pluie qu'il ne peut en retenir (dépassement de la capacité de rétention du sol), l'eau s'écoule alors par gravité vers les nappes. Ce phénomène est dû à l'infiltration ou la percolation de l'eau vers les nappes.

Régime nival/régime pluvial: Régime d'un cours d'eau caractérisé par l'influence marquée par la fonte des neiges alors qu'en plaine c'est la prédominance des pluies qui influence le régime hydrologique.

Résilience: Capacité d'un organisme à s'adapter à un environnement changeant. Terme issu de l'écologie et la biologie où il définit la capacité d'un écosystème, d'une espèce à récupérer un fonctionnement à l'équilibre ou un développement « normal » après avoir subi une perturbation ; Par extension, le terme s'emploie aussi pour les activités humaines.

SDAGE: Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux ; Né de la loi sur l'eau de 1992, ce document d'orientation, à portée juridique, fixe pour chaque bassin hydrographique métropolitain les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée des ressources en eau dans l'intérêt général et dans le respect des principes de la loi sur l'eau. Il s'impose aux décisions de l'État en matière de police des eaux, notamment des déclarations d'autorisations administratives (rejets, urbanisme...); de même qu'aux décisions des collectivités, établissements publics ou autres usagers en matière de programme pour l'eau.

Références

- (1) MEDCIE GSO, 2011. Stratégies territoriales d'adaptation au changement climatique dans le grand sud-ouest. Étude MEDCIE Grand sud-ouest. Rapport intégral. 283p.
- (2) Données Météo-france, traitées par GEOHYD pour AEAG
- (3) RENE P., 2013. Glaciers des Pyrénées, le réchauffement climatique en images. Editions CAIRN, 167p.
- (4) GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse, 103p.
- (5) AEAG, d'après les données du portail Drias (choix du scénario intermédiaire nommé A1B du 4^e rapport du Giec)
- (6) MEROT P. et al., 2012. Changement climatique dans l'Ouest : évaluation, impacts, perceptions. Presses universitaires de Rennes, 458p.
- (7) MEDDE-2, 2012. Hydrologie de surface, A1 – Rapport de synthèse. Explore 2070, 148p.
- (8) DEQUE M., 2009. Compte rendu de fin de projet SCAMPEI. Programme VMCS 2008.
- (9) SAUQUET E., 2009. Imagine 2030. Climat et aménagement de la Garonne : quelles incertitudes sur la ressource en eau 2030 ? 126p.
- (10) BOE J., 2007. Changement global et cycle hydrologique : une étude de régionalisation sur la France. Thèse Université Paul Sabatier - Toulouse III, 256p.
- (11) MEDDE-2, 2012
- (12) www.garonne2050.fr
- (13) MEDCIE GSO, 2011
- (14) HABETS F., BOE J., DEQUE M., DUCHARNE A., GASCOIN S., HACHOUR A., MARTIN E., PAGE C., SAUQUET E., TERRAY L., THIERY D., OUDIN L., VIENNOT P. et TERRY S., 2011. Impact du changement climatique sur les ressources en eau du bassin-versant de la Seine. Résultats du projet GICC-RExHyS. Programme Piren-Seine, Eau Seine-Normandie #13,47p.
- (15) MEDDE-5, 2012. Hydrologie souterraine, résumé. Explore 2070, 54p.
- (16) SOUBEYROUX et al., 2011. Projet ClimSec. Impact du changement climatique en France sur la sécheresse et l'eau du sol. Rapport final du projet mai 2011, 72p.
- (17) MEDDE-2, 2012
- (18) BASILICO L. et al., 2009. Changement climatique, impacts sur les milieux aquatiques et conséquences pour la gestion. Document de synthèse du séminaire des 29 et 30 juin 2009, Paris, 41p.
- (19) QUINTIN Y et al., 2014. Surveillance écologique du site du Blayais, année 2013. Rapport IFREMER RST DYNECO/AG/14-02, 244 p
- (20) MEDDE-1, 2012. Dynamique des systèmes littoraux et des milieux marins côtiers, synthèse. EXPLORE 2070, 35p.
- (21) Étude MEDCIE Grand Sud-Ouest : Stratégies territoriales d'adaptation aux changements climatiques dans le grand Sud-Ouest. Novembre 2011.
- (22) MEROT et al., 2012
- (23) MEDDE-3, 2012. Hydrologie de surface, B4 – Étude de la thermie des cours d'eau. Explore 2070, 67p.
- (24) LASALLE G. et ROCHARD E., 2009. Projections d'aires de répartition des poissons migrateurs. Séminaire changement climatique : impacts sur les milieux aquatiques et conséquences pour la gestion, Paris 29 au 30 juin 2009, 19p.
- (25) COMMUNAUTE URBAINE DE BORDEAUX, 2010. L'influence du changement climatique sur la gestion de l'eau. Diagnostic n°27. (<http://participation.lacub.fr/concertation/grands-projets/eau-assainissement/documents/c21591>), 13p.
- (26) BASILICO L., MASSU N. et SEON-MASSIN N., 2009. Changement climatique, impacts sur les milieux aquatiques et conséquences pour la gestion. Document de synthèse du séminaire des 29 et 30 juin 2009, Paris 41p.
- (27) TISSEUIL C., 2009. Modéliser l'impact du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques par approche de downscaling. 171p.
- (28) BUISSON L., 2009. Poissons des rivières françaises et changement climatique : impacts sur la distribution des espèces et incertitudes des projections. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 282p.
- (29) BASILICO et al., 2009
- (30) BIELSA B. et al., 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Centre d'Analyse Stratégique, 2009, 399p.
- (31) INSEE, 2010. La France et ses régions et INSEE, 2013. Regards sur Midi-Pyrénées. Regards n°30, 73p.
- (32) BRISSON N. et LEVRAULT F., 2010. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME, 336p.
- (33) AMIGUES J.-P. et al., 2006. Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA, 72 p.
- (34) PIERI P., 2010. Changement climatique et culture de la vigne : l'essentiel des impacts. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010), ADEME, BRISSON N. et LEVRAULT F., p 213-224.
- (35) HANNAH L. et al., 2013. Climate change, wine and conservation. PNAS, 6p.
- (36) AMIGUES et al., 2006
- (37) BRISSON N., 2010. Changement climatique et cultures de maïs et de sorgho grains : l'essentiel des impacts. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010), ADEME, BRISSON N. et LEVRAULT F., p 169-180.
- (38) MATON L., 2010. Le changement climatique dans les Pyrénées Orientales : impacts sur l'agriculture et stratégie d'adaptation. Pistes de réflexion préalables à l'atelier de prospective. Projet de recherche VULCAIN, 13p.
- (39) LACROIX B. et al., 2013. Zoom changement climatique. Des maïs aux stades plus précoces mais des besoins en eau plus grands. Dossier Gestion de l'eau. Perspectives agricoles n° 399 – avril 2013, p 34-35.
- (40) ITIER B., 2010. Confort hydrique et restitution d'eau des nappes. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010), ADEME, BRISSON N. et LEVRAULT F., p 79-92.
- (41) LELIEVRE F. et al., 2008. Le changement climatique récent et futur sur l'arc péri-méditerranéen. Programme CLIMFOUREL, 63p.
- (42) DURAND J.-L. et al., 2010. Changement climatique et prairie : l'essentiel des impacts. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010), ADEME, BRISSON N. et LEVRAULT F., p 181-189.
- (43) MORA O. et al., 2012. Le massif des Landes de Gascogne à l'horizon 2050. Rapport de l'étude prospective. Conseil régional d'Aquitaine-INRA, 290 p.
- (44) LEVRAULT et al., 2010. Changement climatique en zone Sud-Ouest : aperçu des impacts agricoles et forestiers. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010), ADEME, BRISSON N. et LEVRAULT F., p 287-296.
- (45) DUQUESNE C., 2008. Synthèse bibliographique des effets du changement climatique sur le massif pyrénéen. Observatoire pyrénéen des effets du réchauffement climatique, 60p.
- (46) MEDCIE GSO, 2011
- (47) CERON J.-P. et DUBOIS G., 2006. Demain, le voyage. La mobilité de tourisme et de loisirs des Français face au développement durable : scénarios à 2050. Rapport d'étude PREDIT, mai 2006, 181p.
- (48) RTE, 2012. Schéma décennal du développement du réseau de transport d'électricité. Synthèse du projet en consultation, 38p.
- (49) MEDCIE GSO, 2011

Cette synthèse des connaissances s'est également appuyée sur :

- La mémoire d'ingénieur d'Elsa Bouthier : « Élaboration d'une stratégie d'adaptation de la gestion de l'eau au changement climatique », École d'ingénieurs de Purpan, Toulouse, 2013, 127p.
- L'étude « Évolutions observées dans les débits des rivières en France » réalisée par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) et l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea) et publié en octobre 2013 ;
- L'ouvrage « prévoir pour agir – La région Aquitaine anticipe le changement climatique – rapport scientifique coordonné par Hervé Le Treut, presse universitaire de Bordeaux, 2013 ;
- Les sites Internet de l'ONERC (observatoire national sur les effets du réchauffement climatique) et celui de l'OPCC (Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique) : <http://onerc.org/> et <http://www.opcc-ctp.org/>

Eau et Changements climatiques en Adour-Garonne

Les enjeux pour la ressource, les usages et les milieux

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

SIÈGE

90, rue du Férétra - CS 87801
31078 Toulouse CEDEX 4
Tél. : 05 61 36 37 38
Fax : 05 61 36 37 28

DÉLÉGATIONS TERRITORIALES

Atlantique-Dordogne

16 • 17 • 33 • 47 • 79 • 86
4, rue du Professeur André-Lavignolle
33049 Bordeaux CEDEX
Tél. : 05 56 11 19 99 - Fax : 05 56 11 19 98

et 15 • 19 • 23 • 24 • 63 • 87
94, rue du Grand Prat
19600 Saint-Pantaléon-de-Larche
Tél. : 05 55 88 02 00 - Fax : 05 55 88 02 01

Pau 40 • 64 • 65

7, passage de l'Europe - BP 7503
64075 Pau CEDEX
Tél. : 05 59 80 77 90 - Fax : 05 59 80 77 99

Rodez 12 • 30 • 46 • 48

Rue de Bruxelles - Bourran - BP 3510
12035 Rodez CEDEX 9
Tél. : 05 65 75 56 00 - Fax : 05 65 75 56 09

Toulouse 09 • 11 • 31 • 32 • 34 • 81 • 82

46, avenue du Général de Croutte
31100 Toulouse
Tél. : 05 61 43 26 80 - Fax : 05 61 43 26 99

Cette publication est éditée par l'agence de l'eau Adour-Garonne, avec le concours du Conseil scientifique du Comité de Bassin Adour-Garonne.

PLUS D'INFO : www.eau-adour-garonne.fr