

# *Plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire-Bretagne*

ADOPTÉ LE  
26/04/2018

[agence.eau-loire-bretagne.fr](http://agence.eau-loire-bretagne.fr)

Pour une dynamique partagée  
d'adaptation au changement  
climatique de la gestion  
des ressources en eau et des milieux  
associés sur le bassin Loire-Bretagne.



Juin 2018



# Sommaire

<b>Préambule</b>	Page 5
<b>Construction du plan d'adaptation au changement climatique</b>	Page 5
<b>Introduction</b>	Page 6
<b>1. Principes et objectifs</b>	Page 9
<b>2. Des territoires différemment vulnérables sur le bassin Loire-Bretagne</b>	Page 13
2.1. Disponibilité en eau à l'étiage	Page 16
2.2. Bilan hydrique des sols en fin d'été	Page 17
2.3. Biodiversité des milieux aquatiques	Page 18
2.4. Capacité d'autoépuration des milieux aquatiques	Page 20
2.5. La façade littorale	Page 21
<b>3. Les cinq enjeux centraux du plan d'action</b>	Page 23
3.1. Qualité	Page 25
3.2. Milieux aquatiques	Page 27
3.3. Quantité	Page 29
3.4. Inondations et submersion marine	Page 31
3.5. Gouvernance	Page 33
<b>4. Les leviers d'action, ou moyens d'agir</b>	Page 35
4.1. Qualité	Page 36
4.2. Milieux aquatiques	Page 38
4.3. Quantité	Page 39
4.4. Inondations et submersion marine	Page 41
4.5. Gouvernance	Page 42
<b>5. Quelques exemples d'actions qui concourent à l'adaptation au changement climatique</b>	Page 43
5.1. Qualité	Page 44
5.2. Milieux aquatiques	Page 44
5.3. Quantité	Page 45
5.4. Inondations et submersion marine	Page 45
5.5. Gouvernance	Page 45
<b>Conclusion</b>	Page 47
<b>Glossaire</b>	Page 48
<b>Annexe au plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire-Bretagne</b> État des connaissances	Page 51



## Préambule

Le changement climatique\* est déjà là, même s'il existe encore des incertitudes sur son intensité. Les mécanismes en jeu sont complexes et partiellement connus. Les incidences du changement climatique\* sur la gestion de l'eau et sur la vie des milieux naturels associés seront importantes et les risques économiques des entreprises vont augmenter.

Adapter notre gestion des ressources en eau et des milieux aquatiques est indispensable, et demande de raisonner globalement. De nombreuses politiques sont interconnectées et peuvent avoir des effets plus ou moins directs sur l'eau et l'adaptation\* au changement climatique\*. On peut ainsi citer la politique d'urbanisation et de développement des territoires, la politique climat-air-énergie, la politique agricole, la politique de gestion des espaces naturels... L'élaboration des SRADDET\* (schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires) est un rendez-vous important pour mener cette réflexion globale.

La vulnérabilité au changement climatique\* et les actions pour s'y adapter sont très variables d'un territoire à un autre. Beaucoup de réponses seront issues d'analyses, puis de décisions prises à l'échelle de chaque territoire. Le développement prévisible de la population doit être pris

en compte dès maintenant pour ne pas placer les générations futures dans des situations difficilement gérables, en particulier là où la population va augmenter.

Nous aurons à construire et à mettre en œuvre de nouveaux systèmes de production plus sobres et plus économes, donc plus résilients, afin d'adapter nos usages à l'évolution de la disponibilité en eau et des besoins des milieux aquatiques continentaux et marins.

Nos connaissances et nos techniques continueront de progresser pour apporter des réponses nouvelles. Il convient toutefois de rester prudent. Des mesures sans regret doivent être mises en œuvre sans attendre.

L'adaptation\* au changement climatique\* se fera au travers d'actions très variées. Le plan d'adaptation\* n'a pas l'ambition d'apporter des solutions clé en main mais il doit aider les acteurs à répondre à l'urgence de l'adaptation\* au changement climatique\*. La conception du panel d'actions devra être conduite à l'échelle des territoires, en associant un grand nombre d'acteurs. Les acteurs de l'eau tels que les commissions locales de l'eau et les établissements publics de coopération intercommunale auront bien entendu un rôle important à jouer.

## Construction du plan d'adaptation\* au changement climatique\*

L'initiative de rédaction d'un plan de bassin d'adaptation\* au changement climatique\* a émergé au mois de novembre 2015, en marge de la COP21\*. Le président du comité de bassin avait alors signé le « Pacte de Paris sur l'eau et l'adaptation\* au changement climatique\* dans les bassins des fleuves, des lacs et des aquifères ».

Peu après, la Ministre en charge de l'Écologie a demandé à tous les bassins français d'engager une telle démarche de rédaction d'un plan.

En Loire-Bretagne, le choix a été fait de donner une large place à la concertation afin de co-construire le plan. C'est la raison pour laquelle une consultation du public et des assemblées a été organisée en 2017, sur la base d'un projet proposé par le comité de bassin.

Un peu plus de 280 questionnaires complétés et avis ont été collectés. À 91 %, les répondants partageaient « assez » ou « complètement » les principes et objectifs du projet de plan. Au fil de la soixantaine de questions reprenant le projet de texte, ils ont pu exprimer leurs avis, *via* près de 2 600 avis, propositions, critiques, souhaits, encouragements, regrets... La prise en compte de ces retours a donné lieu à une seconde version du plan, présentée au comité de bassin du 26 avril 2018.



*L'astérisque* identifie les mots et expressions dont une définition est donnée dans le glossaire en fin de document.

## Introduction

**L**es projections du changement climatique\* sur le bassin Loire-Bretagne laissent envisager de nombreux impacts sur le cycle hydrologique dès le milieu du siècle et plus encore à la fin du siècle : évolution de la répartition des pluies dans le temps et l'espace, augmentation de la fréquence des événements violents comme les fortes pluies en hiver, réduction des débits des rivières en certaines saisons, aggravation locale des étiages, augmentation de la température de l'air et de l'eau, élévation du niveau de la mer...

**Les conséquences attendues en matière de gestion de l'eau sont préoccupantes pour les milieux associés et pour les usages :** diminution de la ressource disponible pour les différents usages pourtant susceptibles d'exprimer des besoins accrus, baisse de la dilution à certaines périodes de l'année entraînant une augmentation de la pression polluante à quantité de polluants inchangée, modification du fonctionnement épuratoire des cours d'eau et des milieux, évolution de la présence des espèces végétales et animales pouvant aller jusqu'à leur disparition de nos territoires, difficultés d'adaptation\* de la flore et de la faune face à la rapidité des changements, risques accrus d'inondation par ruissellement et par submersion marine, érosion accrue du trait de côte, conflits d'usage exacerbés, augmentation des maladies à transmission hydrique (virales, bactériennes...).

**Les usages eux-mêmes vont évoluer,** que cela concerne l'eau potable, les activités conchylicoles ou piscicoles, l'industrie ou l'agriculture. Les prélèvements dans la ressource en eau vont devoir s'adapter aux déficits estivaux plus marqués et tenir compte des disponibilités hivernales.

**Tous les acteurs de l'eau et tous les territoires du bassin sont concernés par le changement climatique\* :** les collectivités en termes de ruissellement urbain, de gestion des ressources en eau, de traitement des eaux usées pour que le débit des cours d'eau assure une dilution suffisante des rejets, de gestion de leur assainissement en temps de pluie ; les industries en termes d'accès à l'eau, d'enjeux de rejets et de refroidissement ; les agriculteurs en termes d'adaptation\* des cultures à l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle, du risque d'échaudage et du risque d'érosion, en termes d'évolution des conduites de cultures (date de semis, date de récolte, contrôle des attaques de parasites suite

à l'augmentation des températures...); l'ensemble des acteurs en termes d'inondations et de coulées de boues lors d'événements pluvieux intenses, d'inondations par submersion marine ou par érosion côtière... Il s'agit de maintenir la résilience\* des systèmes et des écosystèmes, pour assurer, dans la durée, la qualité du cadre de vie ainsi que le maintien et le développement de la vie économique et des emplois.

**La perspective du changement climatique\* justifie des stratégies d'adaptation\* territoriales ou sectorielles coordonnées entre elles.** Les impacts multiples et les effets cumulés peuvent entraîner des conflits par rapport à l'eau et aux milieux aquatiques. C'est particulièrement vrai sur la frange littorale qui va continuer à se développer démographiquement alors que les ressources en eau sont déjà localement sous tension et que le lien terre-mer revêt un enjeu toujours plus important, en particulier par l'apport d'eau douce à la mer, essentiel à l'économie halieutique et conchylicole. Pour les prévenir, il est nécessaire de mettre en cohérence les stratégies d'adaptation\*, à l'échelle du bassin. C'est l'échelle adéquate pour assurer une indispensable cohérence hydrologique et s'appuyer sur une gouvernance fonctionnelle portée par les commissions locales de l'eau. Certains acteurs ont déjà intégré une connaissance plus précise des changements en cours, voire des actions « sans regret » permettant de préparer l'adaptation\* au changement. Les Régions vont anticiper ces aspects au sein des schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité du territoire (SRADDET\*) qui vont permettre d'anticiper le volet économique et démographique de l'évolution. Cette perspective justifie le développement consacré au changement climatique\* dans le Sdage\* 2016-2021 du bassin Loire-Bretagne, et le renforcement de certaines orientations et dispositions particulièrement pertinentes.

**Le comité de bassin Loire-Bretagne** souhaite donc inciter tous les acteurs territoriaux, et tout particulièrement les établissements publics de coopération intercommunale et les commissions locales de l'eau, à développer, à l'échelle de territoire la plus pertinente, des stratégies d'adaptation\* et à veiller à leur cohérence entre elles, dans le respect des objectifs de la politique de l'eau, qui constitue déjà un outil d'adaptation\*. Le comité de bassin Loire-Bretagne souhaite alimenter une dynamique en faisant connaître les initiatives pertinentes pour la gestion de la ressource en eau et des milieux associés. Certains schémas régionaux climat air énergie (SRCAE\*), comme celui de la région Rhône-Alpes, insistent sur ce rôle des instances de bassin.





📷 **Marais  
Saint Jouan des  
Guérets (Ille-et-  
Vilaine)**

© Jean-Louis Aubert

**Le comité de bassin Loire-Bretagne a construit ce plan d'adaptation\*** dans une démarche concertée, en identifiant les actions à conduire en fonction des enjeux des territoires et des acteurs. La dynamique concerne l'ensemble des gestionnaires et des usagers de l'eau. Elle repose sur la solidarité entre usagers de l'eau et entre territoires, et sur la mise en œuvre de mesures sans regret quelles que soient les incertitudes. Le comité de bassin a enrichi ce plan par une consultation des acteurs de l'eau sur le territoire du bassin.

La démarche a vocation à inspirer les documents de planification et de programmation aux différentes échelles du bassin (Sdage\*, documents d'urbanisme, Sage\*, Papi\*...) en apportant aux gestionnaires des territoires des propositions d'actions concrètes ciblées dans le domaine de l'eau, qu'ils pourront mettre en œuvre à leur niveau. Elle prépare le Sdage\* 2022-2027. Elle peut également éclairer les décisions des financeurs. Elle n'a pas vocation à faire l'objet d'une mise à jour, mais à être intégrée dans le cycle de travaux de mise en œuvre de la directive du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau dite « directive cadre sur l'eau » (DCE).

Le plan d'adaptation\* s'articule autour:

- de quelques principes et objectifs pour animer la dynamique;
- d'une description de la vulnérabilité du bassin Loire-Bretagne, selon quatre indicateurs, qui donne une raison d'agir pour anticiper;
- d'enjeux de territoire justifiant une dynamique sur le bassin Loire-Bretagne,
- de leviers d'actions pour mobiliser les acteurs
- d'exemples d'actions déjà menées sur les territoires, toute ceci en reprenant les cinq axes thématiques structurant le Sdage\* et le PGRI\* sur le bassin.

Une annexe présente notre connaissance sur les conséquences prévisibles du changement climatique\* sur le bassin Loire-Bretagne.

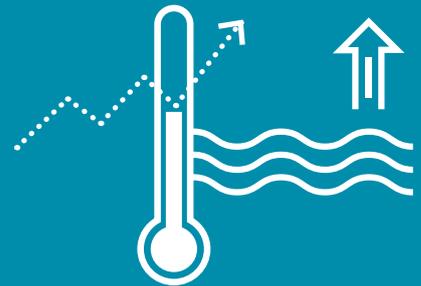
**Le plan d'adaptation\* n'est pas un document réglementaire qui s'impose aux acteurs du bassin : c'est une invitation à agir, fondée sur la nécessité de se mobiliser dès maintenant en s'appuyant sur des exemples qui ouvrent la voie.** Il a vocation à inspirer d'autres documents de planification et de programmation, à l'échelle du bassin comme à l'échelle locale, dans une logique de développement durable. Les données qui ont permis de le construire sont ainsi à la disposition des acteurs qui voudraient approfondir la réflexion sur leur territoire.



1



# Principes et objectifs



## Principes et objectifs

*« Invitation à agir pour l'avenir » co-construite avec les acteurs du bassin, le plan d'adaptation\* a pour but d'inspirer autant que possible les stratégies sectorielles et les différents schémas, programmes et plans concernant l'occupation du territoire (Sdage\*, documents d'urbanisme, Sage\*, Papi\*...).*

Il s'inspire lui-même du plan national d'adaptation\* au changement climatique\* (PNACC\*), des démarches similaires conduites par les comités de bassin voisins (Rhône-Méditerranée dont la méthode d'élaboration du plan a été reprise et adaptée au bassin Loire-Bretagne, Adour-Garonne, Seine-Normandie), du Sdage\* et du plan de gestion du risque d'inondation (PGRI\*) au niveau du bassin Loire-Bretagne, des schémas régionaux climat air énergie (SRCAE\*) des régions du bassin et des plans climat air énergie territoriaux (PCAET) existant localement.

Le plan d'adaptation\* est un plan de mobilisation et d'action qui repose sur des principes structurants. Ainsi, les actions proposées dans le plan :

- doivent permettre un développement durable, équilibré et résilient des territoires, d'un point de vue social, économique et environnemental ;
- sont « sans regret » ; elles apporteront un bénéfice quelle que soit l'ampleur du changement climatique\* à venir ;
- doivent éviter tout risque de maladaptation\*, c'est-à-dire les actions qui, sur le long terme, s'avèreraient finalement peu pertinentes, voire contreproductives ou néfastes ;
- contribuent à améliorer la robustesse et la résilience\* des milieux aquatiques.

Au-delà d'être une liste d'actions, le plan vise non seulement à sensibiliser et mobiliser les acteurs mais aussi à montrer que des actions sont possibles, et que le changement climatique\* peut être envisagé comme un élément déclencheur, pour améliorer la gestion de la ressource en eau. C'est à chaque territoire d'analyser sa situation, d'affiner sa connaissance des impacts

📷 **Restauration d'une zone humide du Lac d'Aydat (Puy-de-Dôme).**  
© Jean-Louis Aubert



locaux du changement climatique\*, et de chercher quels leviers d'action, parmi ceux présentés, seront les plus pertinents.

Le plan recherche en priorité les stratégies basées sur des scénarios « gagnant-gagnant », susceptibles de diminuer les impacts du changement climatique\*, d'améliorer la préservation de la biodiversité et d'augmenter la résilience\* des territoires au regard de l'évolution de la ressource en eau, ce qui passe aussi par le maintien des



activités économiques sur le territoire. Il s'inscrit dans la démarche de transition écologique et solidaire.

Le plan préconise également, dans tous les domaines, une amélioration et une meilleure diffusion de la connaissance sur le changement climatique\* et ses impacts sur la ressource en eau.

Compte tenu des incertitudes existant encore vis-à-vis de la connaissance des effets du changement climatique\*, il est préférable de s'orienter vers des mesures dites « sans regret », durables, à la fois gagnantes pour les acteurs concernés et la société, pour la politique de l'eau qui concerne le comité de bassin, donc autant que possible multifonctionnelles et favorables à l'atténuation\*. Il paraît nécessaire d'éviter la « maladaptation\* » (voir encadré), avec des mesures qui auraient pour effet d'augmenter les émissions de gaz à effet de serre et/ou d'impacter les ressources en eau ou encore de reporter le problème ailleurs ou dans le temps, alors que des alternatives durables et conciliables avec une bonne gestion des ressources existent. Il paraît essentiel par ailleurs d'améliorer la « résilience\* » des sociétés. Cette notion décrit la capacité des systèmes sociaux, économiques et environnementaux à faire face à une perturbation dangereuse, en répondant ou en se réorganisant de manière à maintenir la capacité d'adaptation\*, d'apprentissage et de transformation. Il ne s'agit pas d'agir pour résister à un aléa, mais de prendre en compte cet aléa et d'agir pour en limiter les conséquences négatives. La résilience\* des sociétés, des territoires et des écosystèmes passe par exemple par les actions suivantes :

- en ville, systématiser les sols filtrants et la végétalisation notamment au sol ;
- améliorer la connectivité des milieux aquatiques et humides, la continuité longitudinale des rivières ;
- restaurer les ripisylves ;
- maximiser les fonctions autoépuratoires des cours d'eau ;

## VOUS AVEZ DIT : « MALADAPTATION\* » ?

La maladaptation\* au changement climatique\* est une notion qui remonte aux années 90. Un peu comme une « fausse bonne idée », la maladaptation\* rassemble les stratégies d'adaptation\* qui utilisent des solutions dont les effets seront finalement pires que le problème qu'elles tentent de résoudre.

Par exemple pour lutter contre les îlots de chaleur urbains il s'agit de favoriser la végétalisation en ville plutôt que la climatisation, ou encore pour lutter contre le risque accru de ruissellements, il s'agit de favoriser l'infiltration à la parcelle des eaux pluviales plutôt que de construire des bassins-tampons de rétention des eaux de ruissellement au dimensionnement complexe à chiffrer et risquant fortement de s'avérer insuffisants à moyen ou long terme.

→ en agriculture, privilégier des systèmes de cultures moins sensibles à une moindre disponibilité en eau, adapter les pratiques afin de favoriser l'infiltration de l'eau puis son stockage dans les sols, diversifier les productions, mettre en place des haies brise-vent, des talus et limiter la pollution diffuse afin de préserver la ressource en eau;

→ en sylviculture, privilégier des essences adaptées à une moindre disponibilité en eau et à une hausse des températures;

→ améliorer encore les économies d'eau et la gestion concertée de la ressource.

Le plan se focalise sur la question de l'adaptation\* liée à l'enjeu eau, en cherchant comment anticiper les changements à venir et les évolutions à attendre à moyen et long terme : reconfiguration d'un secteur d'activité, évolution des modalités de sollicitation de la ressource, évolution de l'aménagement du territoire de manière à solliciter la ressource dans des termes adaptés à la situation à venir... Le plan aborde l'atténuation\*, qui consiste à diminuer les émissions de gaz à effet de serre, en signalant les initiatives qui peuvent exister en la matière. Étant donné l'enjeu majeur que représente l'atténuation\*, il semble capital de rechercher autant que possible des mesures d'adaptation\* favorables dans le même temps à l'atténuation\*.

Ces changements du climat remettent parfois en cause les modes de fonctionnement de secteurs entiers, d'où l'importance de les anticiper dès aujourd'hui pour ne pas avoir à les subir.



 **Végétalisation verticale murale d'un immeuble.**  
© Starcevic

# 2

## Des territoires différemment vulnérables sur le bassin Loire-Bretagne



**2.1.** Disponibilité en eau à l'étiage

**2.2.** Bilan hydrique des sols  
en fin d'été

**2.3.** Biodiversité des milieux  
aquatiques

**2.4.** Capacité d'autoépuration  
des milieux aquatiques

**2.5.** La façade littorale

# Une sensibilité décrite par quatre indicateurs et projetée dans le climat de demain

## À RETENIR



**Selon les données scientifiques actuelles** (étude *Explore 2070*, rapports sur le climat de la direction générale d'énergie et du climat, site [www.drias-climat.fr](http://www.drias-climat.fr)), **à quoi faut-il s'attendre ?**

- Une hausse des températures de l'air, pouvant atteindre 0,8 voire 2°C d'ici 2070 par rapport à la période de référence 1976-2005 sur certains secteurs du bassin en fonction des scénarios climatiques, avec une augmentation du nombre de jours de forte chaleur;
- Une hausse des températures de l'eau de 1,1 à 2,2°C d'ici 2070 par rapport à la période de référence 1976-2005;
- Des précipitations probablement en baisse l'été, dans des proportions variables selon les modèles, les scénarios et les secteurs géographiques;
- La hausse des précipitations hivernales est plus incertaine, même si on peut s'attendre à ce qu'il y ait de 1 à 4 jours (selon les modèles, les scénarios et les secteurs géographiques) de fortes pluies par an en plus par rapport à la période de référence 1976-2005;
- Une hausse de l'évapotranspiration potentielle (ETP);
- Une augmentation de l'eutrophisation des cours d'eau et plans d'eau;
- Une baisse des débits annuels des cours d'eau du bassin de la Loire de 10 à 40 % d'ici 2070 par rapport à la période de référence 1976-2005, avec une baisse encore plus marquée à l'étiage dans certains secteurs;
- Une baisse de la recharge des aquifères;
- Une élévation du niveau de la mer d'au moins 26 cm d'ici la fin du siècle, voire jusqu'à 96 cm selon les prévisions les plus pessimistes, par rapport à la période 1986-2005;
- Une hausse du rendement de certaines productions végétales.

(voir en annexe une synthèse des connaissances disponibles concernant le changement climatique\* dans le bassin Loire-Bretagne, destinée à être enrichie au fil du temps et précisant les sources et les références scientifiques des chiffres énoncés ci-dessus).

L'état des lieux du bassin Loire-Bretagne adopté par le comité de bassin en décembre 2013 révèle déjà la sensibilité de certains territoires pour différents enjeux: pression de prélèvement, continuité écologique, qualité des eaux... Certaines situations sont déjà préoccupantes aujourd'hui, en particulier en matière de volume disponible de la ressource en eau, par exemple là où le Sdage\* a défini des dispositions spécifiques, notamment dans les zones de répartition des eaux. Cette sensibilité est généralement une des causes du mauvais état dans lequel se trouvent les masses d'eau de ces territoires.

Le plan d'adaptation\* au changement climatique\* fait une photographie de la sensibilité dans la situation actuelle, telle que l'état des lieux 2013 et le Sdage\* 2016-2021 l'ont établie. Il la projette dans l'avenir pour regarder comment évolue cette sensibilité, face aux scénarios possibles d'évolution du climat. Cela revient à se demander si la sensibilité actuelle va s'aggraver ou se réduire suite au changement climatique\*.

**L'évolution sera-t-elle la même pour tous les territoires ou le changement climatique\* entraînera-t-il des disparités nouvelles ? Les conséquences seront-elles les mêmes pour tous les enjeux sur un même territoire ou certains subiront-ils une aggravation plus préoccupante ?**



Le Léguer à Belle Isle en Terre (Côtes-d'Armor). © Jean-Louis Aubert

Pour répondre à ces questions, la sensibilité actuelle du bassin Loire-Bretagne a été analysée en examinant quatre indicateurs qui décrivent la ressource en eau et les milieux aquatiques :

- la disponibilité de la ressource en eau dans les cours d'eau qui dépend de la répartition des pluies dans le temps et l'espace et donc des débits transitant dans les nappes et les cours d'eau ;
- le bilan hydrique des sols, qui reflète le risque de sécheresse des sols en fonction de la température et de la pluviométrie ;
- la biodiversité des milieux aquatiques en relation avec les cours d'eau, qu'il s'agisse de végétation bordant les cours d'eau (ripisylve) ou des zones humides en connexion avec eux ;
- la capacité d'autoépuration des milieux aquatiques, qui assurent une partie de l'épuration des eaux et donc de leur qualité.

Pour chacun de ces indicateurs, le plan analyse :

- **la sensibilité**, qui correspond à la situation actuelle des milieux et des usages de l'eau à partir des données utilisées pour l'état des lieux 2013 ;
- **l'exposition**, qui correspond aux variations climatiques auxquelles il faut s'attendre. Celle-ci est issue d'Explore 2070 ;
- **la vulnérabilité**, qui correspond à cette même situation actuelle mais confrontée au climat de demain, obtenue en croisant la sensibilité et l'exposition.

La démarche consiste à répondre à la question suivante :

**À quelle situation devrions-nous faire face pour chacune de ces sensibilités, si nous subissons déjà aujourd'hui le climat potentiel de demain ? Quelle est alors la vulnérabilité de notre territoire vis-à-vis du climat de demain ?**

## Une représentation selon les 23 secteurs et les 14 évolutions possibles du climat et de l'hydrologie de l'étude Explore.

Cette démarche choisit de conserver les usages tels qu'ils sont aujourd'hui et de ne faire évoluer que le climat, afin de limiter les facteurs d'incertitude au seul climat et de conserver nos références

actuelles sur les usages ou les milieux, et donc sur les solutions possibles à mettre en place dès maintenant. L'incertitude sur le climat futur apparaît en appliquant 14 évolutions possibles du climat (*via 7 modèles*) et de l'hydrologie des cours d'eau (*via 2 modèles*) qui ont été simulées dans le cadre de la démarche nationale de référence « Explore 2070 ». Cette étude Explore a utilisé des données sur des stations locales et agrégé les résultats à l'échelle de « territoires » au nombre de 23 sur le bassin Loire-Bretagne. Elle est fondée sur les résultats de simulations du scénario médian A1B du GIEC à l'horizon 2046-2065. Les résultats de la sensibilité actuelle et de la vulnérabilité sont donc restitués sur ces 23 secteurs Explore.

La démarche restitue de deux manières la diversité de l'impact de chacune des 14 évolutions possibles du climat et de l'hydrologie sur lesquelles repose l'étude Explore, et ce à l'échelle de chacun des 23 secteurs :

D'abord le niveau de vulnérabilité pour chacune des 14 évolutions est présenté sous la forme d'une barrette comprenant 14 cases (une case par évolution), barrette figurant sur chacun des 23 secteurs du bassin. Pour chaque évolution, la vulnérabilité peut prendre une valeur de 1 (modérée) à 5 (forte) selon l'échelle ci-contre.

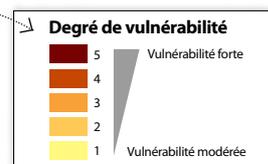
Exemple de barrette avec une vulnérabilité de 2 à 5 :



Ensuite, le résultat des 14 évolutions est agrégé en une seule valeur, selon une méthode à trois classes qui met en lumière les situations les plus préoccupantes :

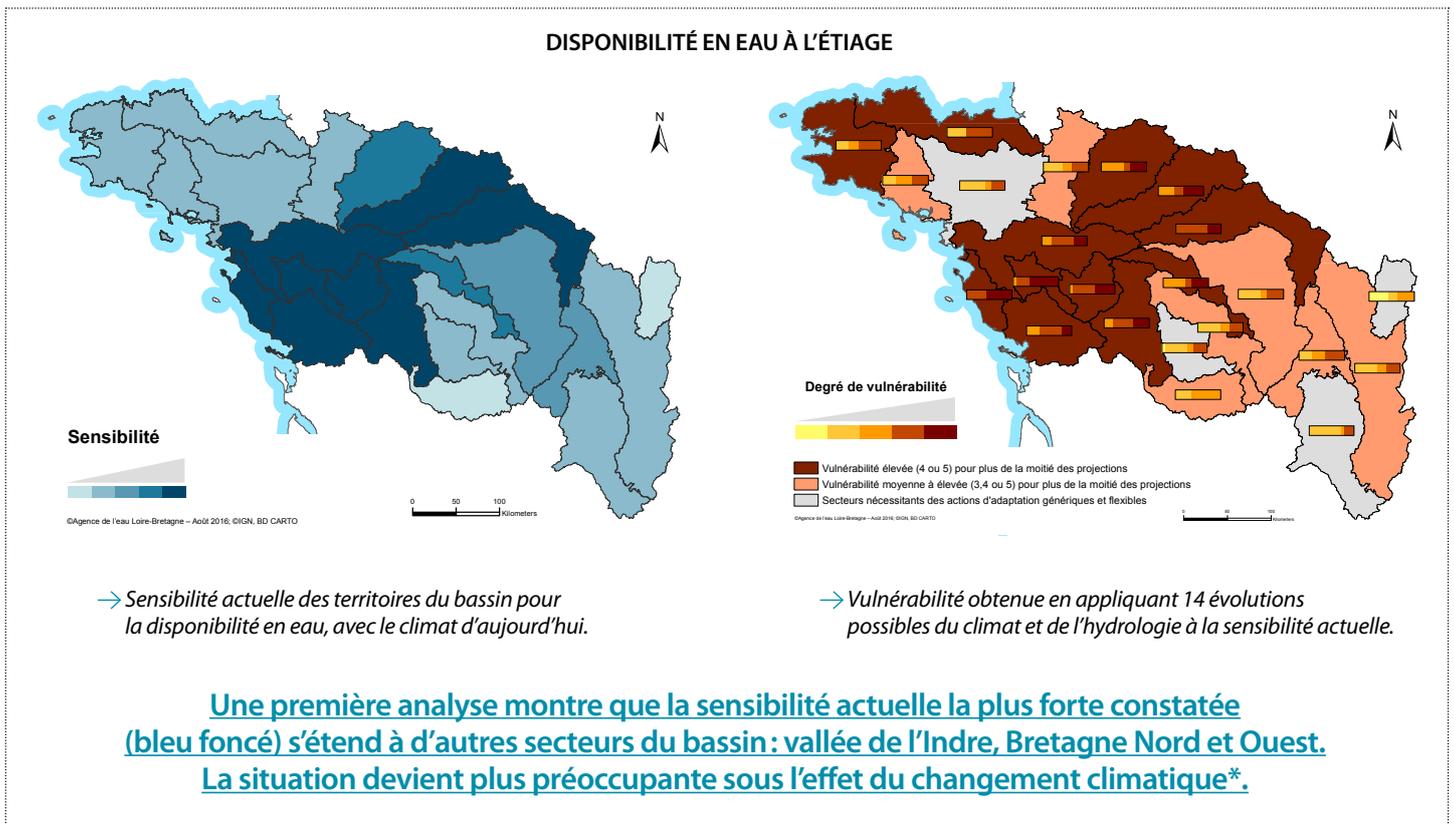
- vulnérabilité élevée si plus de la moitié des évolutions (ou projections du climat dans le futur) présente une vulnérabilité de 4 ou 5
- vulnérabilité moyenne si plus de la moitié des évolutions (ou projections du climat dans le futur) présente une vulnérabilité de 3, 4 ou 5
- vulnérabilité faible pour les autres secteurs

Le détail de cette **étude de vulnérabilité** est disponible sur le site internet de l'agence de l'eau Loire-Bretagne. Les données utilisées sont disponibles pour les territoires qui voudraient en faire l'exploitation à une échelle plus grande.



## 2.1. Disponibilité en eau à l'étiage

La disponibilité en eau sera mise à mal avec le changement climatique\*, avec un effet de ciseau entre une demande qui risque d'augmenter, notamment en agriculture, et une ressource moins abondante, notamment à l'étiage. La sensibilité de cet indicateur est décrite par la pression de prélèvement qui s'exerce à l'étiage sur les milieux aquatiques (prélèvements annuels dans les cours d'eau et dans les nappes libres, puis application de ratios de consommation), selon la même analyse que pour l'état des lieux adopté en 2013. L'exposition quant à elle prend en compte différents scénarios d'évolution du débit d'étiage.



Les secteurs du centre du bassin (la Loire aval et la Loire moyenne, le Loir, la Sèvre nantaise, le Thouet, la Vienne et les secteurs côtiers vendéens) sont fortement vulnérables dans la majorité des scénarios d'exposition, du fait d'une sensibilité actuelle élevée. Il en est de même pour l'Indre et la Sarthe, avec un score de sensibilité de 4 sur 5. Les secteurs côtiers bretons Nord et Ouest apparaissent comme moyennement à fortement vulnérables, du fait d'une forte exposition à la baisse des débits d'étiage sous l'effet du changement climatique\*.

Cependant, le fait que la modélisation ait été faite sur de petits fleuves côtiers comportant moins de stations de référence lui confère plus d'incertitude. L'Est du bassin combine une sensibilité moyenne et des niveaux d'exposition

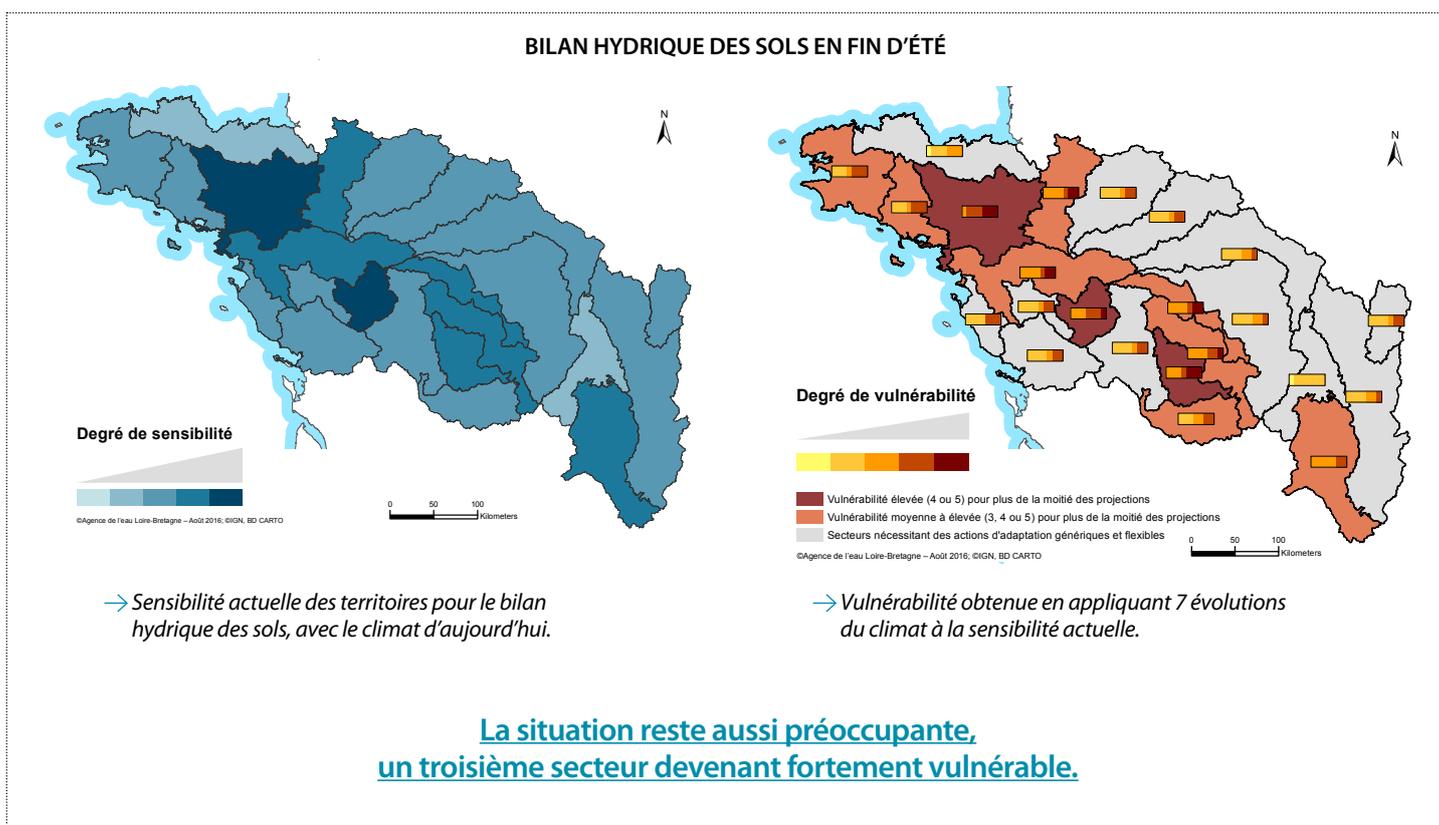
relativement élevés dans certains scénarios climatiques.

Enfin, malgré leur niveau de vulnérabilité faible dans la majorité des scénarios, certains secteurs en gris sur la carte (la Gartempe, l'Allier amont et l'Arroux) peuvent présenter un niveau élevé de vulnérabilité dans certains scénarios d'exposition. La Vilaine se trouve à la limite même d'être considérée comme vulnérable et il faut en tenir compte dans l'appréciation locale de la nécessité à agir. Ces secteurs sont plus sujets à l'incertitude liée au changement climatique\*.

Il conviendra de s'interroger également sur la disponibilité en eau en dehors de la période d'étiage.

## 2.2. Bilan hydrique des sols en fin d'été

Le bilan hydrique des sols est un indicateur relatif à l'assèchement des sols au cours du printemps et de l'été, qui aura des conséquences sur leur capacité à accueillir des cultures très sensibles à l'assèchement du sol. La sensibilité de cet indicateur est décrite par l'écart entre l'évapotranspiration potentielle et les précipitations au printemps et en été d'une part, et la réserve utile des sols d'autre part, le tout en climat présent. L'exposition prend en compte les évolutions possibles de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et des précipitations pendant les mois de printemps et d'été.



Les secteurs de la Vaine et du Thouet ont une sensibilité actuelle très élevée, due à la fois à un écart important entre pluie et ETP et à la faiblesse de la réserve utile des sols. Combinée à une forte exposition sous l'effet du changement climatique\*, ces deux secteurs sont donc fortement vulnérables dans la majorité des scénarios considérés. Le secteur de la Gartempe, moins sensible grâce à un moins grand écart actuel entre pluie et ETP, est cependant assez exposé pour être considéré comme très vulnérable.

La Bretagne sud apparaît comme moyennement vulnérable, du fait du fort niveau d'exposition combiné à une sensibilité moyenne liée à une réserve utile plutôt faible. Le nord de la Bretagne est peu vulnérable du fait d'un faible niveau de sensibilité, malgré une exposition élevée.

Le niveau de vulnérabilité des autres secteurs apparaissant en beige sur la carte (vulnérabilité moyenne à élevée pour plus de la moitié des projections) semble plus lié à leur fort niveau de sensibilité. Le reste du bassin est plus sensible à l'incertitude des projections climatiques pour ce qui est de l'incidence sur le bilan hydrique des sols agricoles (certains scénarios peuvent mener à une forte vulnérabilité pour tous les secteurs sauf l'Allier aval et la Bretagne nord).

**Les indicateurs de disponibilité en eau à l'étiage et de bilan hydrique mettent en lumière des vulnérabilités différentes :**

→ le bilan hydrique prend en compte les conditions climatiques futures (l'eau qui va tomber et sera évapotranspirée, sans tenir compte de ce qui va ruisseler dans les cours d'eau) et ce qui se passe aujourd'hui (l'eau



- qui tombe et est évapotranspirée, et dans quelle mesure elle est disponible dans le sol). Indépendant des consommations actuelles, ou des problèmes d'approvisionnement en eau qui pourraient se poser, il permet de voir où et dans quelle mesure les sols risquent d'être « naturellement » plus secs en fin d'été que maintenant. Cet indicateur est essentiellement utile pour l'agriculture.  
→ l'indicateur sur la disponibilité en eau à l'étiage prend en compte l'eau qui est consommée déjà actuellement, la pression que cela

exerce sur le débit estival des cours d'eau, et le croise avec ce que seraient les débits estivaux dans le futur. Il n'intègre pas une évolution des consommations futures. Il permet par conséquent de voir où et dans quelle mesure, tous usages confondus, il risque d'y avoir un déficit d'eau à l'étiage, avec les conséquences possibles sur le partage de cette ressource entre les usages liés aux activités humaines et les besoins des milieux aquatiques.

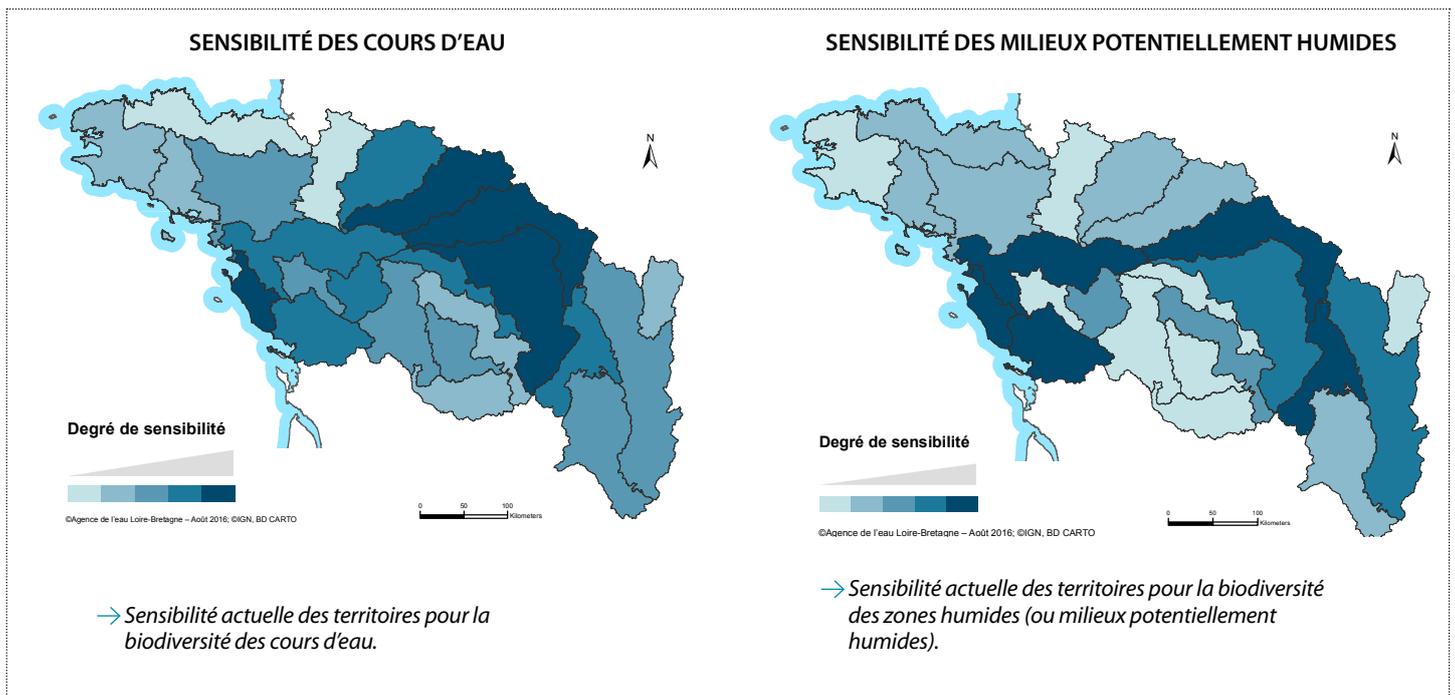
### 2.3. Biodiversité des milieux aquatiques

La biodiversité des milieux aquatiques sera touchée par l'élévation des températures, la baisse des débits notamment à l'étiage, ou encore l'assèchement des zones humides. Afin d'avoir une vision plus complète du problème, la vulnérabilité de cet indicateur combine :

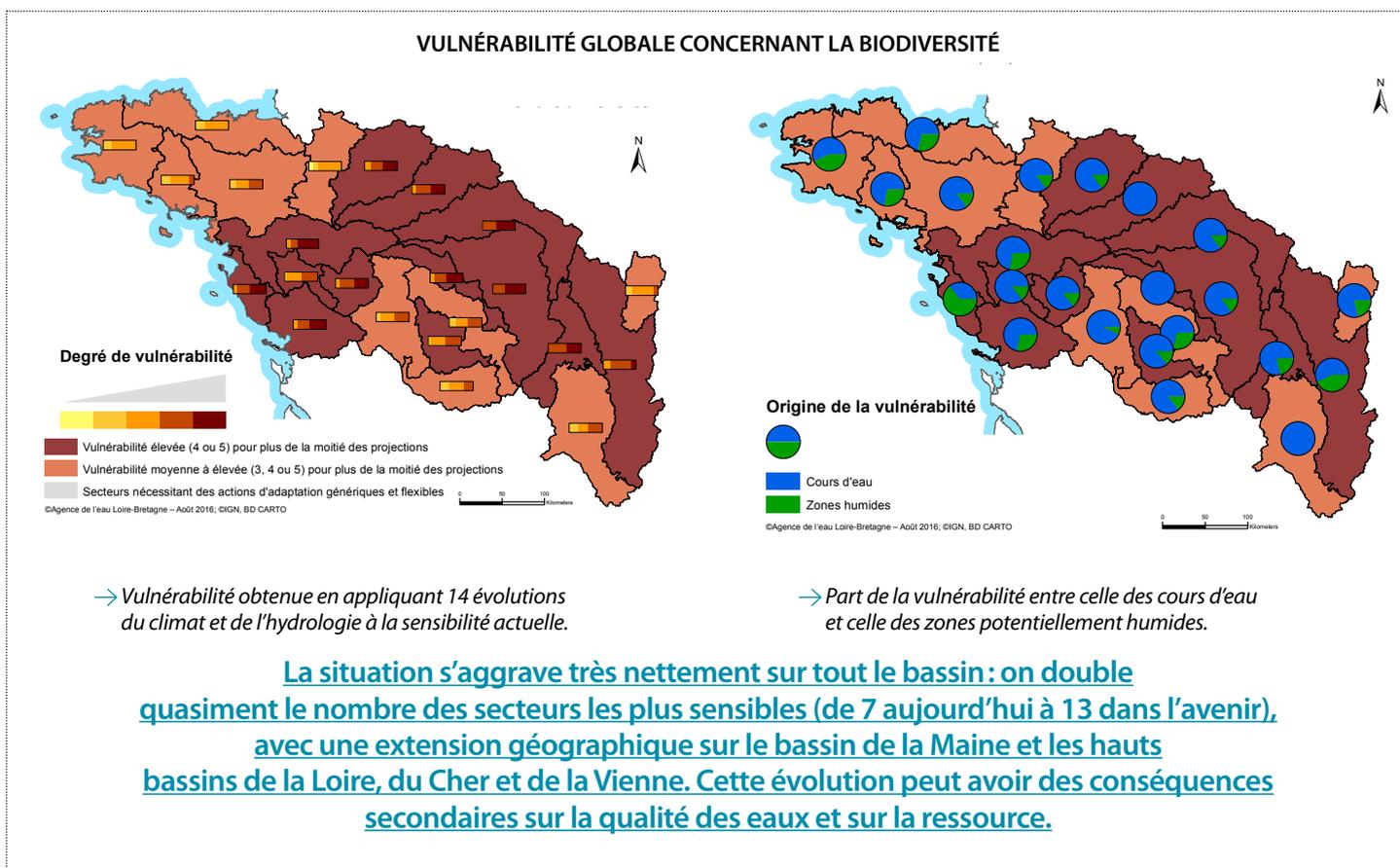
- une vulnérabilité linéaire, ou vulnérabilité des cours d'eau ;
- une vulnérabilité surfacique, ou vulnérabilité des zones humides.

La sensibilité est décrite par la richesse de la biodiversité (fondée sur l'analyse des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) et des zones Natura 2000) et le niveau d'altération de l'hydromorphologie (présence de seuils, de voies navigables en lit majeur...). L'exposition prend en compte les évolutions possibles de la température, des débits d'étiage et de l'évapotranspiration potentielle (ETP).

On obtient donc deux cartes de sensibilité :



Les deux cartes de vulnérabilité obtenues sont ensuite fusionnées en prenant à chaque fois la vulnérabilité la plus élevée. Cette approche permet une lecture plus fine de la vulnérabilité des milieux aquatiques :



📷 **Tortue cistude à l'étang Ricaud-St Michel en Brenne (Indre).**  
© Jean-Louis Aubert

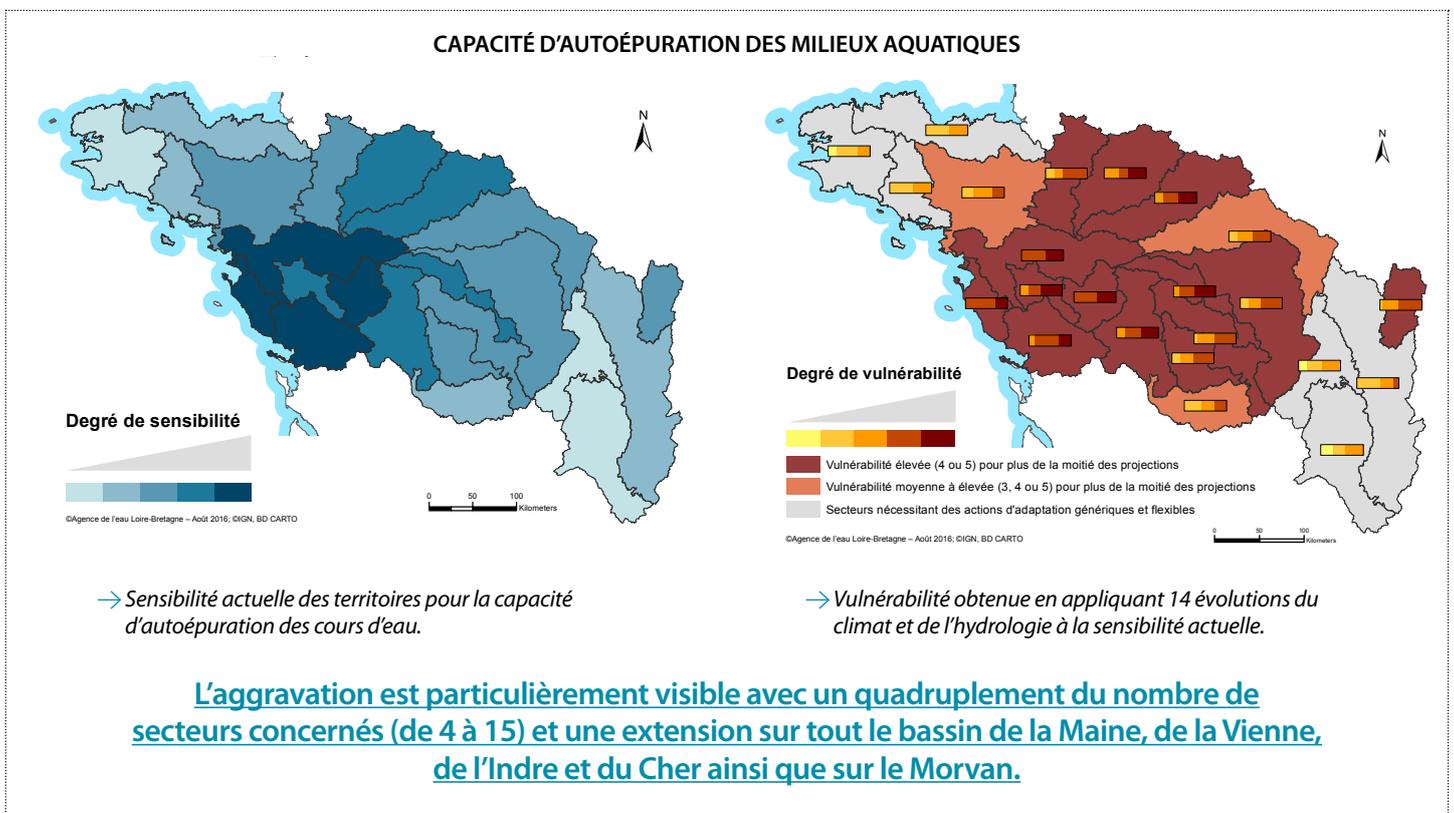
Les secteurs côtiers bretons apparaissent comment étant moins vulnérables aux impacts du changement climatique\* que le reste du bassin, du point de vue de la biodiversité des cours d'eau comme de celle des milieux potentiellement humides. En effet le niveau de sensibilité de ces secteurs a été évalué de très faible à faible. D'autres secteurs ayant une sensibilité moins élevée, comme la Mayenne, la Creuse ou la Vienne amont, pourraient être plus vulnérables du fait d'un niveau d'exposition plus élevé que les secteurs bretons.

Les secteurs les plus vulnérables du point de vue de la biodiversité liée aux zones potentiellement humides sont les secteurs dont la sensibilité est la plus élevée. À noter que les secteurs bretons, s'ils ne présentent pas une vulnérabilité élevée ou moyenne, sont dans certains scénarios climatiques, plus vulnérables que d'autres zones, du fait d'un assèchement plus marqué sous changement climatique\*.



## 2.4. Capacité d'autoépuration des milieux aquatiques

La capacité d'autoépuration des cours d'eau sera touchée par l'élévation de la température et la baisse des débits, qui créent des conditions favorables à l'eutrophisation. Une hydromorphologie dégradée accentue le phénomène. La sensibilité de cet indicateur est décrite par des facteurs hydromorphologiques comme la présence d'ombrage, la présence de plans d'eau à proximité du cours d'eau... L'exposition quant à elle prend en compte différents scénarios d'évolution de la température et des débits minimaux.



Les secteurs les plus vulnérables concernant la capacité d'autoépuration à cause d'une forte sensibilité actuelle de leurs cours d'eau sont la Loire aval, les côtières vendéens, le Thouet, le Lay et la Sèvre niortaise. Dans les autres secteurs, c'est une exposition élevée qui les rend vulnérables. Les secteurs situés aux extrémités du bassin, en Bretagne, en Auvergne et en Bourgogne, sont peu vulnérables.



📷 Ancienne papeterie Vallée - effacement du barrage et réhabilitation de la vallée - Léguer (Côtes-d'Armor).  
© Jean-Louis Aubert

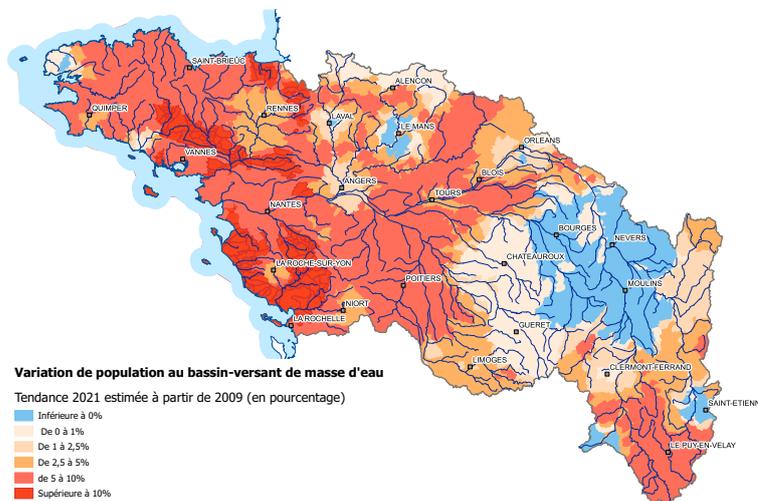
## 2.5. La façade littorale

La démarche de rédaction d'un plan d'adaptation\*, et de définition d'indicateurs de vulnérabilité par enjeu, n'est pas dotée pour le moment d'un indicateur de vulnérabilité du littoral. Une évaluation de la vulnérabilité développée par le Cerema est disponible sur le portail [www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr](http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr), qui prend en compte la submersion marine, le nombre de catastrophes naturelles, les zones basses... Certaines données scientifiques, économiques... permettent toutefois d'alimenter la réflexion.

Avec la baisse attendue des débits des cours d'eau, l'apport d'eau douce dans les estuaires va diminuer, avec des conséquences sur le fragile équilibre physico-chimique de ces zones de transition. À cela s'ajoute le réchauffement de l'eau des mers et des océans, facteur non seulement de dilatation de l'eau (et donc de hausse du niveau de la mer) mais aussi de modification de l'acidité de l'eau de mer.

La tendance déjà observée actuellement de fort développement démographique sur le littoral va aller en s'accroissant, et il faut s'attendre à ce que les côtes bretonnes, au climat plus frais que celui des côtes méditerranéennes, attirent plus d'habitants. On devra donc faire face à la fois à une demande plus importante d'eau potable, dans un contexte de tension et de risque pour l'équilibre du biseau salé, et à une augmentation des volumes d'eaux usées à épurer avant rejet au milieu.

CARTE EXTRAITE DE L'ÉTAT DES LIEUX 2013 PRÉSENTANT L'ÉVOLUTION ATTENDUE DE LA POPULATION DU BASSIN À ÉCHÉANCE 2021



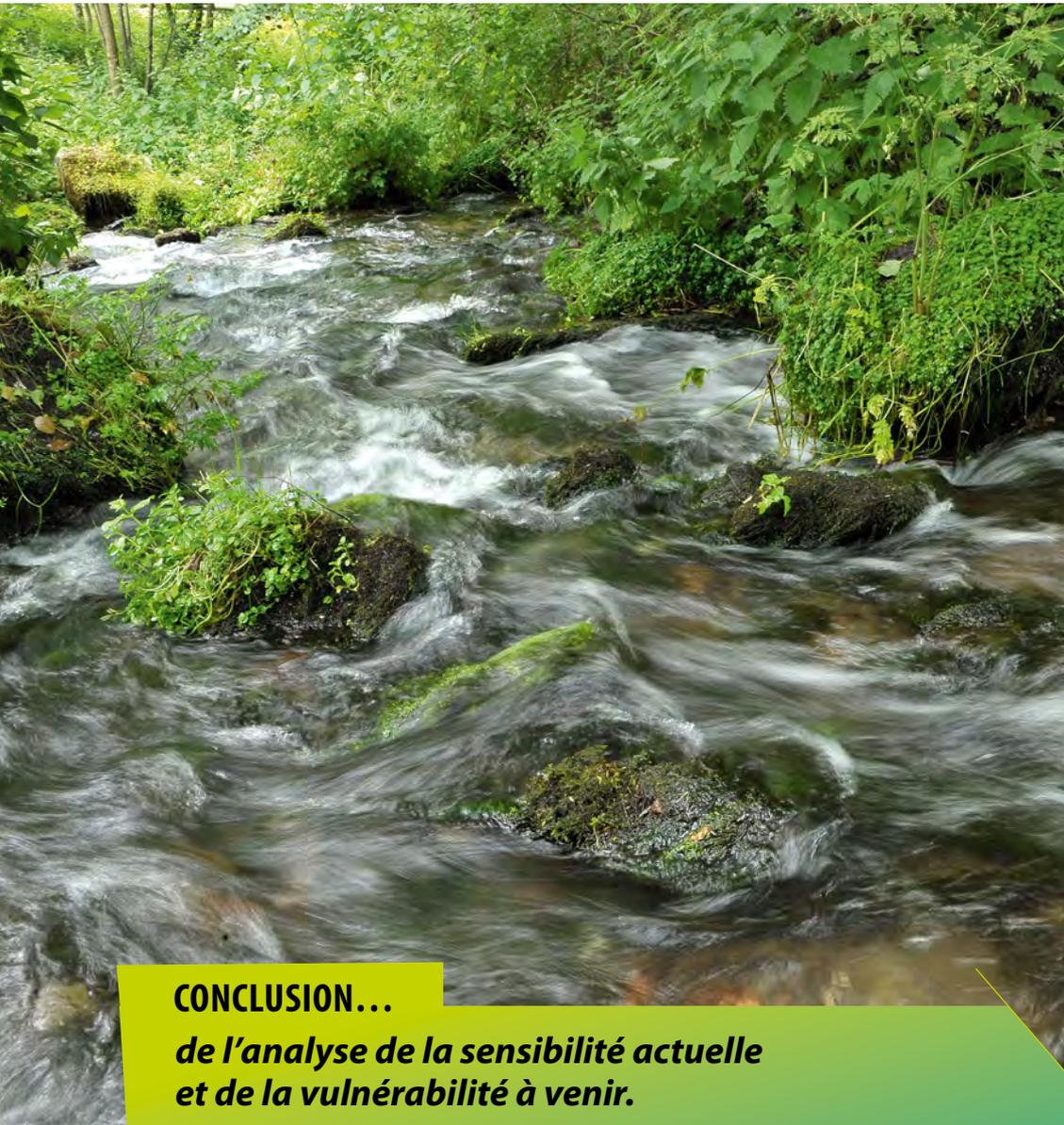
Des stratégies nationales ou européennes existent déjà pour le littoral et pour la gestion du trait de côte. Il convient de s'appuyer sur ce qui est déjà proposé. L'Ifremer a déjà réalisé une étude sur l'évolution des estuaires, en termes de morphologie et de couverture sédimentaire, à l'épreuve du changement climatique\*.

Étant donné le fort développement dont fait l'objet le littoral, la réflexion sur l'évolution

possible de l'aménagement doit, encore plus qu'ailleurs, être menée en concertation par l'ensemble des acteurs.

La désalinisation de l'eau de mer, avec sa consommation très importante d'énergie et ses rejets hyper-concentrés en sel et polluants divers, n'apparaît quant à elle pas comme une solution durable.

© Jean-Louis Aubert



## CONCLUSION...

### *de l'analyse de la sensibilité actuelle et de la vulnérabilité à venir.*



Les premiers éléments de vulnérabilité issus de l'analyse de quatre sensibilités actuelles du bassin révèlent **une aggravation très notable de la situation pour les indicateurs concernant la biodiversité des milieux aquatiques associés aux cours d'eau et les services d'autoépuration qu'ils rendent**. La situation en lien avec le changement de régime des pluies et des débits des cours d'eau reste particulièrement préoccupante sur le bassin et demande de conduire et d'étendre les efforts que le Sdage\* Loire-Bretagne a inscrits en matière de préservation de la ressource en eau.

**Cette situation est particulièrement alarmante** et justifie que le comité de bassin mobilise les acteurs de l'eau pour **anticiper dès maintenant les effets du changement climatique\*** et **mettre en place dès maintenant des mesures d'adaptation\*** pour avoir le temps de s'adapter à une situation à venir préoccupante.

# 3

## Les cinq enjeux centraux du plan d'action



- 3.1. Qualité
- 3.2. Milieux aquatiques
- 3.3. Quantité
- 3.4. Inondations et submersion marine
- 3.5. Gouvernance

# Les cinq enjeux centraux du plan d'action

*Le changement climatique\* augmente les risques de dégradation de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques et les risques de conflits d'usage autour d'une ressource en eau plus rare. Face à cette augmentation, les acteurs sont invités à promouvoir une adaptation\* au changement climatique\* en s'inscrivant dans la démarche impulsée par le Sdage\* et identifiée comme nécessaire lors de l'état des lieux et des questions importantes du Sdage\*.*

Le comité de bassin présente le plan d'adaptation\*, selon les **cinq enjeux centraux** en matière d'aménagement et de gestion de l'eau qu'il a identifiés en 2013 pour le Sdage\* 2016-2021 : les quatre « questions importantes » sur la qualité des eaux, les milieux aquatiques, la quantité d'eau disponible et la gouvernance des territoires ; le cinquième enjeu porte sur les inondations et est porté désormais par le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI\*).

Le Sdage\* 2016-2021 comporte déjà un développement dédié à l'adaptation\* au changement climatique\*. Il explicite la notion d'adaptation\* et intervient en appui ou en complément aux stratégies nationales ou régionales d'adaptation\* qui existent déjà : plan national d'adaptation\* au changement climatique\* (PNACC\*), stratégies locales développées par les collectivités notamment dans les plans climat, air, énergie territoriaux (PCAET\*) et schéma régionaux climat, air, énergie (SRCAE\*), dans les SCOT\*...

Dans le Sdage\*, c'est dans le chapitre dédié à la gestion quantitative de la ressource que la nécessité d'anticiper sur les changements à venir est la plus développée. Il s'agit maintenant, dans la présente démarche d'adaptation\*, de tenir compte de ces actions favorables à l'adaptation\*, ce qui paraît nécessaire pour anticiper les changements à venir dans tous les domaines d'utilisation de l'eau.

Le PGRI\* 2016-2021 du bassin Loire-Bretagne prend également en compte le changement climatique\*.

  
**Réhabilitation de la Peneff (Morbihan) par le syndicat intercommunal d'aménagement du golfe du Morbihan.**  
© Jean-Louis Aubert



*! Si toutes ces actions d'atténuation n'auront d'effet que sur le long terme et à l'échelle du globe, il importe de ne rien faire qui puisse augmenter nos émissions de gaz à effet de serre, sous peine de prendre des mesures d'adaptation qui s'avèreraient insuffisantes dans les décennies à venir.*

Pour chaque enjeu central ou question importante, le plan précise les enjeux que représente le **changement climatique\***, les leviers d'actions disponibles et des exemples d'actions déjà engagées. Une parenthèse est faite sur les enjeux autour de l'**atténuation\***, c'est-à-dire ce qu'il s'agit de faire, ou ne pas faire, pour limiter l'ampleur du **réchauffement\***.

### 3.1. Qualité



Les « Questions Importantes » adoptées par le comité de bassin le 4 juillet 2013 rappellent que **« vouloir garantir des eaux de qualité, c'est agir sur l'ensemble des causes de dégradation pour améliorer la qualité de toutes les eaux et la préserver dans la durée. Dans cette démarche, les approches à privilégier, car plus efficaces et moins coûteuses, sont :**

- empêcher toute nouvelle dégradation ;
- réduire les pollutions à la source (éviter de « salir » l'eau plutôt que de chercher à la « nettoyer ») ;
- maintenir un bon fonctionnement des milieux aquatiques, qui épurent naturellement les eaux. »

Disposer d'une eau de qualité constitue un incontournable pour la santé publique et le développement économique.

Au regard des impacts attendus du changement climatique\*, « préserver la qualité des eaux dans la durée » nécessite d'intégrer dès maintenant l'effet du changement climatique\*.

Le réchauffement attendu des eaux des cours d'eau pourra atteindre 2°C (+/- 0,4°C) dans la Loire d'ici 2050, voire plus à la fin du siècle. La seule **augmentation de la température** est déjà un facteur de dégradation de l'état des eaux. Si certains coquillages pourraient bénéficier pour leur croissance du changement climatique\*, la pêche professionnelle et de loisir ainsi que la conchyliculture et l'aquaculture risquent d'être affectées par ce réchauffement de l'eau, favorable au développement de certains agents pathogènes. Ces activités risquent également de pâtir de l'augmentation de la concentration en certains polluants, comme les perturbateurs endocriniens, mécaniquement due à la baisse des débits.

Certains usages industriels en pâtiront, comme le refroidissement des centrales nucléaires de production d'électricité situées sur les fleuves et rivières, lesquelles sont déjà soumises à des contraintes pour leur température de rejet. De même les dépôts de calcaire qui perturbent le fonctionnement de certaines installations industrielles seront plus importants.

Le tourisme, qui constitue une source de développement pour certains territoires, est fortement dépendant d'une bonne qualité des eaux, notamment de baignade, tout en étant source potentielle de pollution supplémentaire. Le tourisme de montagne pâtira de la hausse des températures de l'air via un enneigement moins important à basse altitude, ce qui pourrait conduire à la production de neige artificielle en concurrence avec d'autres usages dont l'eau potable.



Cap Atlantique (Loire-Atlantique) - reconquête de la qualité sanitaire de la zone conchylicole de Pen Bé (Loire-Atlantique et Morbihan).

© Jean-Louis Aubert

Les effets de la hausse de la température de l'eau sur la capacité d'**autoépuration** des cours d'eau sont contradictoires. En effet, la hausse de la température est favorable au phénomène (la chaleur agit comme un catalyseur), mais dans le même temps elle entraîne la prolifération des algues et la raréfaction de l'oxygène, qui constitue un facteur limitant. Les nouvelles conditions climatiques favorisent dans tous les cas l'**eutrophisation**, avec toutes les conséquences négatives de la prolifération d'algues toxiques et de certains virus pour la vie aquatique (toxicité, manque d'oxygène, moindre transparence de l'eau...) et pour des usages de l'eau comme la production d'eau potable, l'abreuvement des animaux, certains processus industriels, ou encore la baignade. Il importe donc de veiller à ce que l'eau garde un niveau de qualité permettant à minima sa potabilisation sans augmentation excessive des coûts de traitement de l'eau.

Il s'agit de tenir compte de ce changement dans la gestion des stations d'épuration, qu'elles soient urbaines ou industrielles, et dans la gestion de l'assainissement non collectif. En effet, l'impact d'un rejet sur le milieu récepteur, en termes de température comme en termes de qualité physico-chimique, devra être réévalué.





📷 **Station d'épuration d'eaux usées.**  
© Jean-Louis Aubert

## ET QUID DE L'ATTÉNUATION\* ?

Les services d'eau et d'assainissement ne sont pas, à l'échelle d'une collectivité, les plus contributeurs aux émissions de gaz à effet de serre (GES). Sur la base des résultats des émissions déjà effectuées, il apparaît qu'ils représentent en moyenne de l'ordre de **moins de 1 % des émissions françaises pour les deux services (eau potable et assainissement)**.

Parmi ces émissions, les stations d'épuration émettent des gaz à effet de serre, comme le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), le méthane (CH<sub>4</sub>) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Ces émissions peuvent être directes (via les gaz émis dans le processus épuratoire) ou indirectes (via les émissions de gaz d'échappement des camions qui évacuent les boues, par exemple). Les facteurs d'émission font l'objet de fortes incertitudes. La gestion est complexe car plus on épure, plus on émet de gaz (qui peut être récupéré) et plus on produit de boues... mais plus la charge polluante du rejet est diminuée et moins il a d'impact sur le système récepteur. De plus, le pouvoir fertilisant des boues d'épuration et des composts permet, lorsque les boues sont épandues, de réduire l'usage d'engrais de synthèse et donc l'émission de GES liés à la fabrication de ces engrais.

Des outils existent déjà, qui permettent de mesurer à la fois les émissions évitées et les émissions de GES par les stations d'épuration. Ils prennent en compte toutes les étapes du processus, de la livraison des réactifs à la gestion des boues.

L'Ademe\* a publié dès 2013 un guide méthodologique<sup>2</sup> réalisé avec l'Astee\* pour évaluer les émissions des services d'eau et d'assainissement. Irstea\* (anciennement le Cemagref) développe des méthodes pour mesurer les émissions sur le terrain, comme des protocoles d'échantillonnage ; leur outil Gestaboues permet de quantifier les émissions.

Le programme « 4 pour 1000 » du Ministère chargé de l'agriculture vise à augmenter la teneur en carbone des sols afin d'atténuer le changement climatique\*. Cet enrichissement des sols contribue à augmenter la capacité de stockage de l'eau dans les sols pour une meilleure résilience\* aux aléas climatiques.

L'arbre et la haie permettent de stocker du carbone dans les sols et de produire des énergies ou matériaux renouvelables.

Certaines actions ont un double effet sur l'atténuation\* et l'adaptation\*, comme l'augmentation de la teneur en carbone des sols, qui améliore aussi le stockage de l'eau. D'autres actions s'intègrent dans une logique à bien plus grande échelle, comme la production et la vente en circuit court, qui limitent les transports émetteurs de gaz à effet de serre. Cette approche s'intègre dans une réflexion plus globale sur le développement d'une filière avec de nouvelles pratiques agricoles, de nouvelles espèces cultivées...

<sup>2</sup> <http://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/ressources/guide%20secto%20eau.pdf>

- Indirectement encore, la qualité des eaux pourra être menacée :
  - par des méthodes potentiellement polluantes de lutte soit contre les ravageurs des cultures favorisés par le réchauffement climatique, soit en remplacement de certains prédateurs naturels dont le cycle de vie aura été modifié pas nécessairement dans un sens favorable,
  - par un lessivage plus important des sols, voire une érosion plus forte des sols provoqués par des événements pluvieux intenses plus fréquents et/ou plus forts sur des sols plus ou moins fragiles selon leur nature, la période de l'année...

En règle générale, les enjeux majeurs sont :

- de réduire les transferts d'intrants (nitrates, phosphore, pesticides) vers les milieux naturels,
- de préserver et restaurer les dispositifs tampons et leur fonctionnalité dans la réduction du transfert des pollutions vers les milieux aquatiques.

Au-delà du problème de l'élévation de température, la qualité de l'eau pourra être menacée sur le littoral avec le risque d'intrusion d'eau saumâtre dans les aquifères côtiers, via la remontée du biseau salé. L'augmentation de l'acidité de l'eau de mer dégrade aussi le milieu et a un impact sur certaines espèces marines. Plus généralement, c'est la qualité depuis la tête de bassin jusqu'à l'embouchure qui est impactée, de diverses manières, par le changement climatique\*.

L'évolution, complexe, des capacités d'autoépuration des cours d'eau, due à l'augmentation de la température naturelle de l'eau, risque d'amoindrir l'efficacité des actions de réduction des pollutions déjà en place. La préservation des services écosystémiques rendus par les milieux aquatiques naturels, tels que les zones humides par exemple, constitue un enjeu majeur pour assurer cette autoépuration dans la durée.

L'évolution qualitative prévisible des ressources en eau pourrait conduire à une augmentation des maladies à transmission hydrique (virales, bactériennes...) par exemple via les dispositifs aéro-réfrigérants ou le contact avec les eaux superficielles. Certains aménagements ou changements de comportement (comme l'utilisation de brumisateurs en milieu urbain) pourraient favoriser leur apparition.

Un enjeu réside également dans l'amélioration de nos connaissances sur les conséquences du changement climatique\*, et sur l'efficacité des actions envisageables afin d'éviter tout risque de maladaptation\*.

## 3.2. Milieux aquatiques



Les « Questions Importantes » rappellent que « **préserver et restaurer nos milieux aquatiques, c'est sauvegarder un patrimoine naturel commun. C'est aussi pérenniser les services qu'ils nous rendent gratuitement et les usages qui dépendent d'eux, au premier rang desquels la qualité de l'eau pour le besoin des populations.**

→ Empêcher toute nouvelle dégradation et restaurer le fonctionnement des milieux dégradés.

→ Zones humides : des milieux à sauvegarder, à restaurer et à gérer.

→ Mieux prendre en compte la préservation de la biodiversité en protégeant les milieux et les espèces.

→ Poursuivre l'amélioration de la connaissance, la communication et la prise de conscience du fonctionnement et des services rendus par les milieux aquatiques ».

Le réchauffement des eaux superficielles, voire des eaux souterraines qui alimentent les eaux superficielles, sera variable selon les territoires. Il aura un impact direct sur les milieux aquatiques. Pour certaines espèces, les seuils de **température** de reproduction seront dépassés, de même que la température létale pourra être atteinte lors d'événements de chaleur extrême. La concurrence sera plus sévère avec des espèces exotiques, parfois envahissantes, qui apprécient les nouvelles conditions climatiques. Le développement de l'eutrophisation (*voir plus haut*) contribue à la raréfaction de l'oxygène (à pression constante, la concentration en oxygène dissous diminue quand la température augmente). La réflexion à mener est complexe car il est probable que certaines espèces ne puissent tout bonnement plus survivre dans certains biotopes, notamment parce que l'eau sera devenue naturellement trop chaude pour elles. Il faut être conscient et intégrer que les nouvelles conditions hydro-climatiques seront telles que certaines espèces végétales ou animales ne seront plus en mesure de vivre dans leurs aires de répartition actuelles. Elle doit s'intéresser aux milieux aquatiques d'eau douce comme à ceux des zones de transition ou du littoral, avec toute la problématique de la possible intrusion d'eau saumâtre dans les eaux souterraines comme à l'intérieur des terres, ou l'acidification de l'eau marine.

La préservation comme la restauration de la résilience\* des milieux aquatiques constituent une voie d'adaptation\*, parce qu'il est plus efficace de prévenir la disparition d'une espèce, par exemple, que d'essayer de la réintroduire. Cela pose la question de la définition des nouvelles zones de répartition des espèces en fonction de l'augmentation des températures, et des

actions engagées par l'homme pour faciliter leur migration en vue de leur adaptation\* naturelle. L'arrivée de nouvelles espèces dites « envahissantes » ajoute une donnée supplémentaire à prendre en compte dans la réflexion. On mesure ici l'enjeu de la continuité des cours d'eau, permettant une libre circulation des espèces ayant besoin de migrer vers des secteurs plus favorables à leur survie. Dans le même temps, il apparaît que l'existence d'ouvrages ou de seuils sur les cours d'eau contribue dans une certaine mesure au réchauffement de l'eau et à l'eutrophisation.

Les **zones humides et tourbières**, en fond de vallées ou ailleurs, constituent un atout pour l'adaptation\* au changement climatique\* en jouant sur plusieurs tableaux :

- elles constituent une réserve de biodiversité ;
- elles jouent un rôle de tampon face aux événements extrêmes (soutien des débits des rivières en période d'étiage, écrêtement des flux d'eau générateurs de crues) ;
- elles ont une fonction épuratrice ;
- elles produisent du fourrage qui peut être utilisé pour l'élevage.



 **Lac de Grand-Lieu (Loire-Atlantique).**  
© Jean-Louis Aubert

●●● Ces qualités sont valables également pour les zones humides du cordon littoral. Il s'agit de trouver des solutions pour que ces services rendus soient reconnus.

La lutte contre l'artificialisation des sols, pas seulement lorsqu'il s'agit de zones humides, constitue un enjeu pour l'adaptation\* en ce sens qu'elle limite la recharge des aquifères, augmente le ruissellement et l'arrivée aux cours d'eau de grands volumes d'eau potentiellement polluée.

Un enjeu réside également dans la bonne gestion des espaces boisés aux abords des rivières ou sur leurs rives qui permettent notamment de limiter l'augmentation de température par effet d'ombrage.

Un enjeu important réside dans la préservation ou la restauration des services écosystémiques rendus par les milieux aquatiques, aussi bien pour l'alimentation que la santé ou la qualité de vie.

Aborder de façon simple la question de l'adaptation\* nécessaire des milieux aquatiques peut amener à privilégier une sensibilisation sur l'augmentation de la température de l'air et de l'eau, qui est un phénomène compréhensible par tous. Un enjeu réside en effet dans la sensibilisation du public sur le caractère vital pour la ressource en eau du bon état des milieux aquatiques.

## ET QUID DE L'ATTÉNUATION\* ?

La restauration des zones humides constitue une mesure d'atténuation\*. Le conservatoire du littoral mène déjà des actions en ce sens. Dans le cadre du projet Adapt'o, par exemple, une étude est en cours sur le polder de Lancieux (Côtes-d'Armor). Une partie des terres agricoles a déjà été convertie en prairies naturelles pâturées, et les réflexions se poursuivent pour concilier restauration de la baie, développement du tourisme, protection des populations habitant derrière les digues...

Les zones humides ont un rôle à jouer dans l'atténuation\*, car elles constituent autant de pièges à carbone, en stockant le dioxyde de carbone de l'atmosphère. Toutes les mesures visant à les protéger ou les restaurer sont favorables à l'atténuation\* du changement climatique\* en même temps qu'à l'adaptation\*.

Le changement d'usage des sols est également une source importante d'émissions de gaz à effet de serre.



📷 **Restauration de la Moine à Cholet (Maine-et-Loire).**  
© Jean-Louis Aubert

### 3.3. Quantité



Les « Questions Importantes » rappellent que **« le changement climatique\* est susceptible d'exacerber les situations extrêmes (crues, sécheresses) et de réduire la ressource disponible. Même si les échelles de temps sont différentes (les impacts du changement climatique\* seront visibles sur les ressources en eau à l'horizon 2030, et renforcés vers 2050), il faut inscrire le Sdage\* 2016-2021 dans ce contexte et anticiper dès maintenant les changements qui seront nécessaires pour mieux partager une ressource plus rare, y compris concernant les transferts d'eau entre bassins, qui sont déjà une réalité aujourd'hui. »**

Depuis 2010, le Sdage\* Loire-Bretagne intègre en partie ces orientations (limitation de la création de plans d'eau, réduction des prélèvements, développement des réserves de substitution, amélioration du rendement des réseaux d'adduction d'eau potable...). Au-delà de la gestion quantitative, la restauration de rivières vivantes et la lutte contre les pollutions contribuent à limiter les incidences du changement climatique\* (voir les questions importantes « qualité » et « milieux aquatiques »). Un risque serait en effet de se focaliser sur les enjeux du changement climatique\* autour de la disponibilité en eau, en négligeant les autres. La modification des dates de floraison, la diminution des nombres de jours de gel, l'augmentation du nombre de jours échaudants... sont autant de changements qu'il s'agit d'intégrer à la réflexion. Celle-ci a tout à gagner à être menée en cherchant à exploiter les opportunités qu'apporte le changement climatique\* : l'augmentation de la température de l'air améliore le rendement de nombreuses plantes, de même que l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone est favorable à la photosynthèse... sachant que l'augmentation attendue du déficit hydrique joue un rôle antagoniste sur la croissance des végétaux.

Avec une température de l'air en hausse de plus de 1°C d'ici 2050, les besoins en eau des plantes vont augmenter tout particulièrement pour celles qui ont des besoins en été, du fait d'une évapotranspiration potentielle plus importante, alors même qu'il faut s'attendre à une baisse des précipitations estivales. Localement, la satisfaction des besoins en eau peut diminuer avec, selon les contextes, une augmentation de la demande en eau pour l'irrigation et l'abreuvement ainsi que pour d'autres usages, par exemple pour l'eau potable sur le littoral (hausse démographique importante), mais aussi sur d'autres territoires, pour certaines industries notamment agro-alimentaires, pour certaines



 **La Loire en crue vers Orléans (Loiret).**  
© Jean-Louis Aubert

activités de loisirs, pour rafraîchir les villes... C'est l'effet « ciseau » qui a été évoqué plus haut. Il y a par conséquent un enjeu fort autour du partage de la ressource en eau, à aborder sans se focaliser sur l'angle du conflit d'usage mais au contraire dans une logique de solidarité et de répartition équitable et responsable.

Un enjeu réside dans une meilleure connaissance des ressources potentiellement disponibles localement à moyen et long terme, notamment en hiver, tenant compte à la fois des précipitations, de l'évapotranspiration et des besoins biologiques des milieux. Cette connaissance inclut la prise en compte de l'évolution démographique, de la sécurité alimentaire et d'usages hétérogènes selon les territoires et les saisons.



●●● Face à la multiplicité des options (économies d'eau, stockage hivernal de l'eau, réutilisation des eaux épurées, recharge artificielle des nappes, désalinisation de l'eau de mer...), un fort enjeu réside dans l'analyse fine de la viabilité économique, sociale, environnementale... des solutions envisagées localement.

Les conséquences du changement climatique\* sur la quantité d'eau disponible influent sur la qualité de l'eau (moindre dilution des rejets, réchauffement plus important de l'eau...) avec de possibles conséquences sanitaires. Les deux problématiques sont à aborder de pair.

Sur le **littoral**, une pression trop forte sur la ressource en nappe entraîne un risque d'intrusion de la nappe d'eau douce par de l'eau salée (c'est le phénomène du « biseau salé », dont l'équilibre peut être rompu par un pompage trop important dans la nappe). Les apports en eau douce doivent également être suffisants pour satisfaire les besoins spécifiques des milieux aquatiques et des usages littoraux.

Dans les territoires **urbanisés**, c'est à la fois à un problème d'excès et de manque d'eau auquel il faudra faire face :

- manque d'eau pour la production d'eau potable (baisse des ressources superficielle et souterraine), pour l'arrosage des espaces verts (îlots de fraîcheur en ville), pour les activités économiques;
- excès d'eau lors des événements violents avec un risque de fort ruissellement sur des surfaces imperméabilisées.

Ces événements violents fragilisent également les parcelles agricoles cultivées.

Les têtes de bassin versant constituent également un enjeu concernant la disponibilité de l'eau.

Le bassin de la Loire comporte un certain nombre d'axes réalimentés, à commencer par la Loire et l'Allier, réalimentés par les barrages réservoirs de Naussac et Villerest. Les axes réalimentés, qui pourraient paraître, intuitivement, moins vulnérables du fait de réservoirs assurant le soutien d'étiage, ne sont pas épargnés par le changement climatique\*. Cela impactera l'ensemble

des usages qui en bénéficient (eau potable, refroidissement des centrales, irrigation, usages récréatifs...). Au-delà de ces aspects quantitatifs, les grands barrages de soutien d'étiage ont déjà un impact sur la qualité des eaux (eutrophisation notamment), qui pourrait être encore aggravé par le changement climatique\*.

Tous les enjeux de développement économique, y compris le développement attendu du tourisme sur le littoral et en montagne, doivent prendre en compte la ressource disponible. La sensibilisation de l'ensemble de la population sur la rareté de l'eau et la nécessité de l'économiser est d'autant plus importante.

## ET QUID DE L'ATTÉNUATION\* ?

Les processus d'économie d'eau sont souvent gourmands en énergie (par exemple si l'eau usée est évaporée pour être recyclée), et par conséquent le plus souvent émetteurs de gaz à effet de serre (GES) selon la source d'énergie utilisée. Il s'agit d'en tenir compte dans les réflexions.



**1 habitant sur 6**  
vit dans les zones  
potentiellement sujettes  
aux inondations

**22 territoires**  
ont été identifiés comme  
territoire à risques  
d'inondation importants

 **Inondation**  
**Loiret - mai 2015.**  
© Étienne Bouju

### 3.4. Inondations et submersion marine



Les « Questions Importantes » rappellent l'intérêt de:  
→ « **Sauvegarder ou retrouver le caractère naturel et la qualité écologique des champs d'expansion des crues et les secteurs d'expansion des submersions marines,**  
→ **Gérer les ruissellements à travers l'aménagement du territoire pour ne pas aggraver les inondations.** »

Aujourd'hui, sur le bassin Loire-Bretagne, environ 2 millions de personnes, soit un habitant sur six, vivent dans les zones potentiellement sujettes aux inondations, que l'inondation provienne du débordement des cours d'eau (1,7 million d'habitants), du ruissellement, de la remontée de nappe ou des submersions marines (300 000 habitants). Le plan de gestion des risques d'inondation a identifié 22 territoires à risque important et engagé des mesures de gestion des risques d'inondation. C'est le bassin le plus important en surfaces soumises au risque d'inondation et le deuxième bassin métropolitain pour la population soumise actuellement au risque de submersion marine. L'attractivité des zones littorales est croissante et amène de nouvelles populations dans des zones potentiellement soumises à ces risques.

Les principaux risques sont les suivants :

Avec une augmentation moyenne de 26 à 98 cm d'ici 2100 selon le GIEC du niveau des océans, le risque de submersion marine pourrait croître. Le trait de côte évoluera dans les décennies à venir. Les phénomènes d'érosion littorale continueront.

Dans les estuaires, l'évolution du niveau de la mer pourrait avoir une incidence sur le risque d'inondation pour la partie des cours d'eau sous influence maritime.

L'augmentation probable de la fréquence des événements pluvieux violents fait aussi partie des aléas à prendre en compte. Cela pourrait avoir deux impacts possibles : un accroissement de la fréquence des événements sur des petits bassins versants très réactifs et une évolution des crues de la Loire et de ses affluents pour ce qui concerne les crues mixtes (événement océanique accompagné de fortes pluies cévenoles). La population soumise au risque d'inondation pourrait augmenter, en particulier sur les zones basses du littoral dont certaines sont concernées à la fois par l'impact direct de l'élévation de la mer sur les caractéristiques des submersions





📷 **Repère de crues**  
© Jean-Louis Aubert

est à prendre en compte avec celui des zones d'expansion de crue, et d'entrées marines, dans une concertation locale.

La **gestion des digues**, avec une stratégie de long terme intégrant les effets du changement climatique\*, constitue un enjeu au regard des moyens à mettre en œuvre et des risques encourus. Ces infrastructures de protection dites « dures » doivent s'envisager avec des infrastructures dites « souples », comme les zones d'expansion de crue.

La sensibilisation du public est indispensable sur ce sujet comme sur les autres. Elle s'en distingue par la nécessité de développer la culture du risque. Les sciences sociales et comportementales ont alors un rôle à jouer pour faciliter les démarches de changement. Les élus doivent être accompagnés pour porter des politiques potentiellement impopulaires. La communication sur le rôle écologique des crues est ardue face aux enjeux humains, économiques... d'un territoire. En termes de communication, un enjeu concerne le développement de la « **culture du risque d'inondation** », déjà prévue dans le Sdage\* pour les Sage concernés par ce risque.

Les submersions marines sur la bordure littorale peuvent aboutir à une salinisation de terres cultivables. Avec les crues, elles peuvent bouleverser des écosystèmes. Ceux-ci seront également impactés par l'acidification attendue de l'eau de mer.

L'amélioration des connaissances, et notamment des connaissances localisées, constitue un enjeu important, en particulier sur l'évolution du trait de côte et les mouvements hydrosédimentaires. Ceux-ci sont mal connus et peuvent largement influencer localement l'extension à venir des zones de submersion marine.

- marines, par une sensibilité plus forte pour certaines à l'évolution du trait de côte et par une pression démographique croissante. Diverses activités économiques sont en jeu, comme la conchyliculture, la pêche, le tourisme.

La nature des activités et terrains inondés peut conduire à des pollutions, par exemple lorsque ce sont des réservoirs de matières dangereuses qui sont touchés.

L'imperméabilisation des sols constitue un facteur aggravant, en augmentant les flux d'eau. Les impacts socio-économiques seront conséquents, de même que les impacts sanitaires (stress, infections...).

Le fait que de tels événements vont de toute façon se produire tôt ou tard sur les territoires déjà identifiés comme étant à risque, donne tout leur sens aux actions de prévention... lesquelles sont également à étudier dans les territoires non encore identifiés comme étant à risque.

La question du devenir et de la **relocalisation** des activités situées dans des zones d'inondation présentant un risque très fort nécessite d'anticiper les conséquences potentiellement aggravantes du changement climatique\*. Cet enjeu

### 3.5. Gouvernance



Les « Questions Importantes » ouvrent plusieurs pistes pour améliorer la gouvernance :

- « Sage : comment mieux articuler la planification et l'action ? »
- Des maîtres d'ouvrage pour conduire des programmes d'actions territoriaux ;
- Améliorer la cohérence avec les politiques sectorielles et l'aménagement du territoire ;
- Un partage d'une connaissance toujours améliorée et rendue accessible ;
- Pour une implication large des habitants, l'information, la sensibilisation restent des enjeux d'actualité ;
- Hiérarchiser nos priorités d'action, dans un contexte de restrictions budgétaires. »

Les enjeux précédents montrent bien à quel point une gestion concertée de la ressource va devenir de plus en plus nécessaire pour prévenir les conflits autour d'une ressource moins abondante à certaines périodes, d'une qualité plus aléatoire, avec des milieux aquatiques fragilisés ne rendant plus aussi bien le service attendu.

Des **évolutions réglementaires** pourront s'avérer pertinentes voire nécessaires, concernant les rôles et prérogatives des acteurs, certaines normes ou encore les modalités d'attribution d'autorisations diverses...

L'émergence des métropoles et des Établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI\*) ayant une compétence « eau » développe les capacités pour produire des stratégies d'adaptation\*. Ils constituent de nouveaux lieux d'arbitrage entre acteurs, qui doivent s'inscrire dans l'héritage des syndicats qui œuvrent à l'échelle des bassins versants depuis de nombreuses années. Dans le même ordre d'idée, un enjeu réside dans une meilleure prise en compte de l'enjeu Eau dans les plans Climat-Air-Énergie, dans les Schémas de cohérence territoriale (SCOT\*) et les inter-SCOT\*, voire dans les Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET\*) et dans les autres politiques (PLU\*, PLUI\*...) dès lors qu'il est question d'urbanisation, de développement...

La bonne organisation de la compétence GEMAPI (Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations) sur les territoires constitue un enjeu.

Les Commissions Locales de l'Eau (**CLE\***) **apparaissent comme des structures locales pertinentes** pour cette concertation, à condition qu'elles disposent d'une vision complète des changements qui s'annoncent, voire qui sont déjà visibles. Leur légitimité, fondée sur le caractère équitable de leur composition, doit



📷 Comité de bassin du  
10 mars 2016.  
© Étienne Bouju



••• être consolidée pour maintenir la cohérence hydraulique et hydrographique des bassins versants en donnant toute sa place à la solidarité amont-aval, de l'amont du bassin jusqu'à la mer. Le développement des compétences techniques des acteurs, sur des notions récentes comme la maladaptation\*, est également un enjeu.

Dans une optique de développement durable, les impacts socio-économiques doivent absolument être pris en compte, notamment pour comparer les approches préventives et curatives.

Face à tous ces changements, l'**information** et la **sensibilisation** du public constituent également un enjeu, afin de prévenir toute incompréhension face à d'éventuelles nouvelles contraintes, d'encourager des comportements vertueux, voire de faire émerger des initiatives citoyennes innovantes. Elles doivent aussi permettre de comprendre la nouvelle gouvernance de l'eau sur les territoires, qui peut porter des actions d'adaptation\* plus cohérentes, alors même que cette gouvernance peut sembler lourde, complexe, éloignée des usagers.

La **transparence** sur l'état de la situation actuelle, et ce qu'elle pourrait devenir, doit être recherchée. La consultation du public et des assemblées qui a eu lieu sur le projet de plan d'adaptation\*, puis la mise à disposition des données, est une première illustration de cette volonté.

Si le climat futur et ses effets conserveront toujours une part d'incertitude, l'**amélioration des connaissances et de l'ingénierie** est également un enjeu, avec celui d'un transfert de connaissances efficace entre chercheurs et décideurs. Il faut cependant être conscient du fait qu'il est et sera nécessaire de prendre des décisions en acceptant de ne pas savoir précisément de quoi le futur sera fait : si aucune étude ne permet de savoir en 2018 quelle température moyenne il fera au mois d'avril 2029, ni quelle quantité d'eau sera tombée pendant l'hiver précédent, les tendances et les évolutions possibles sont, elles, modélisables.

Le partage de la ressource suppose une information transparente et partagée sur les consommations des différents acteurs, sous une forme accessible à un public non technicien. Le fait que la problématique de l'adaptation\* au changement climatique\* soit récente renforce ce besoin d'information.

## ET QUID DE L'ATTÉNUATION\* ?

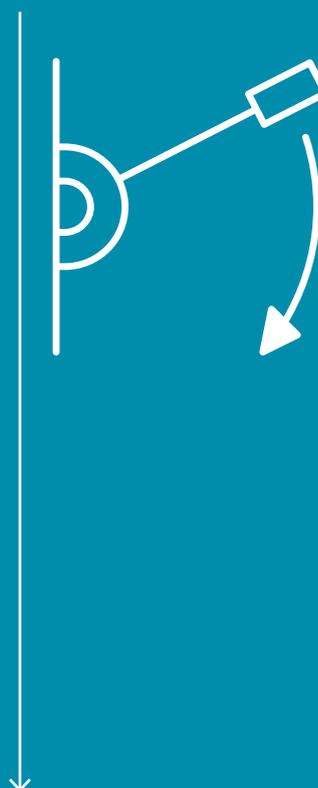
Contrairement aux mesures d'adaptation\*, dont les bénéfices sont visibles localement et à court terme, les mesures d'atténuation\* ont un bénéfice à une échelle planétaire, et à très long terme car le climat a des temps de réaction très longs. Il est donc tout à fait légitime que ce soient des instances mondiales, comme l'ONU, qui s'occupent de la gouvernance de l'atténuation\* du changement climatique\*, via des accords comme l'accord de Paris signé à l'issue de la COP21\*.

Néanmoins, au-delà du fait qu'un réchauffement trop important réduirait à néant tous nos efforts d'adaptation\*, les engagements signés par la France engagent tous les acteurs. Il s'agit donc de veiller à ce que les décisions prises et les solutions retenues soient toujours cohérentes avec les plans et schémas nationaux et locaux : PNACC\*, SRCAE\*, PCAET\*, SRADET\*...

À l'échelle locale, la multiplication de politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre associant les citoyens finira par avoir un impact à l'échelle globale.

# 4

## Les leviers d'action, ou moyens d'agir



- [4.1. Qualité](#)
- [4.2. Milieux aquatiques](#)
- [4.3. Quantité](#)
- [4.4. Inondations et submersion marine](#)
- [4.5. Gouvernance](#)

## Les leviers d'action, ou moyens d'agir

Les leviers d'action regroupent ce qu'il est possible de mettre en œuvre pour s'adapter au changement climatique\*, c'est-à-dire pour moins en ressentir les effets négatifs, voire pour en exploiter les effets bénéfiques. Ils représentent des pistes d'actions dont les territoires, à leur échelle, peuvent se saisir, pour s'engager résolument dans des projets d'adaptation\* au changement climatique\* dans le respect des trois piliers (social, économique, environnemental) du développement durable.



### 4.1. Qualité

Le principe proposé pour guider les actions est le suivant : **prévenir la dégradation de la qualité de l'eau et maintenir voire renforcer les capacités auto-épuratrices des milieux naturels aquatiques.**

L'analyse de la vulnérabilité de l'indicateur sur la capacité d'auto-épuration indique que le centre du bassin est particulièrement vulnérable.

Les leviers identifiés sont les suivants :

#### → Limiter l'augmentation de la température de l'eau

**Objectif :** limiter le réchauffement prévisible de l'eau

- Encourager les maîtres d'ouvrage à restaurer un fonctionnement naturel des cours d'eau et boiser les berges, ce qui assure un ombrage ;
- Limiter la création de retenues et de plans d'eau, étudier leur pertinence pour des projets sur le long terme, car ils favorisent, sauf cas particuliers, le réchauffement des cours d'eau
- Compléter l'inventaire des plans d'eau ;

**Objectif :** moins contribuer à ce réchauffement

- Gérer de façon appropriée les rejets des stations d'épuration et des industries lorsque leur température peut influencer le milieu récepteur.

#### → Limiter les pollutions ponctuelles

**Objectif :** face à une baisse des débits, réduire les émissions de polluants

- Diversifier les moyens de diminution des rejets et étudier les méthodes alternatives, pour tous les types de stations ;
- Faire évoluer autant que nécessaire la réglementation nationale sur les rejets pour tenir compte notamment de la baisse des débits ;
- Protéger les périmètres de protection de captages (acquisition foncière...).

**Objectif :** ne pas diluer les pollutions avant leur traitement

- Améliorer l'état des réseaux d'assainissement, limiter les apports d'eau pluviale et d'eau de mer ;
- Gérer les événements pluvieux violents potentiellement chargés en polluants, développer la gestion intégrée des écoulements et des eaux de ruissellement.



📷 Station d'épuration de la Folie - Poitiers (Vienne).  
© Jean-Louis Aubert

### —> **Limiter la pression polluante diffuse**

**Objectif :** déployer les solutions déjà connues

- Adapter la gestion de la lutte contre les plantes adventices, les maladies et les ravageurs, aussi bien en agriculture que dans la gestion des espaces verts, afin de réduire le recours aux produits pesticides;
- Planter des arbres et des haies, développer les bandes enherbées, pour ralentir le transfert de l'eau vers les cours d'eau et prévenir l'érosion des sols;
- Privilégier le rejet des eaux de drainage dans des zones d'infiltration;
- Améliorer l'efficacité des apports azotés;
- Protéger les aires d'alimentation de captages (programmes d'actions concertées, agriculture biologique...);
- Promouvoir la couverture des sols pour favoriser l'infiltration et limiter le ruissellement.

**Objectif :** accompagner et sécuriser le changement via des «trajectoires d'adaptation\*» locales

- Utiliser les outils d'analyse socio-économique afin de garantir la pérennité des solutions, particulièrement lorsqu'elles sont innovantes et/ou concernent toute une filière;
- Adapter les systèmes de culture et les itinéraires techniques pour amortir les variations interannuelles des rendements;
- Diversifier les cultures et les prairies pour réduire les besoins en fertilisation azotée et pour mieux résister aux sécheresses, en faire un levier de développement local.

### —> **Améliorer et diffuser la connaissance**

- Promouvoir le développement d'une agriculture économiquement et socialement viable;
- Développer également les connaissances en sciences humaines et sciences économiques pour accompagner le changement et promouvoir les bonnes pratiques;
- Promouvoir le partage de connaissances concrètes, sur le terrain, entre usagers.

### —> **Restaurer la capacité auto-épuratrice des milieux aquatiques**

Voir les leviers relatifs aux milieux aquatiques.

## 4.2. Milieux aquatiques



Le principe proposé pour guider les actions est le suivant : **augmenter la robustesse et la résilience\* des écosystèmes aquatiques, afin de redonner aux milieux leurs fonctionnalités.**

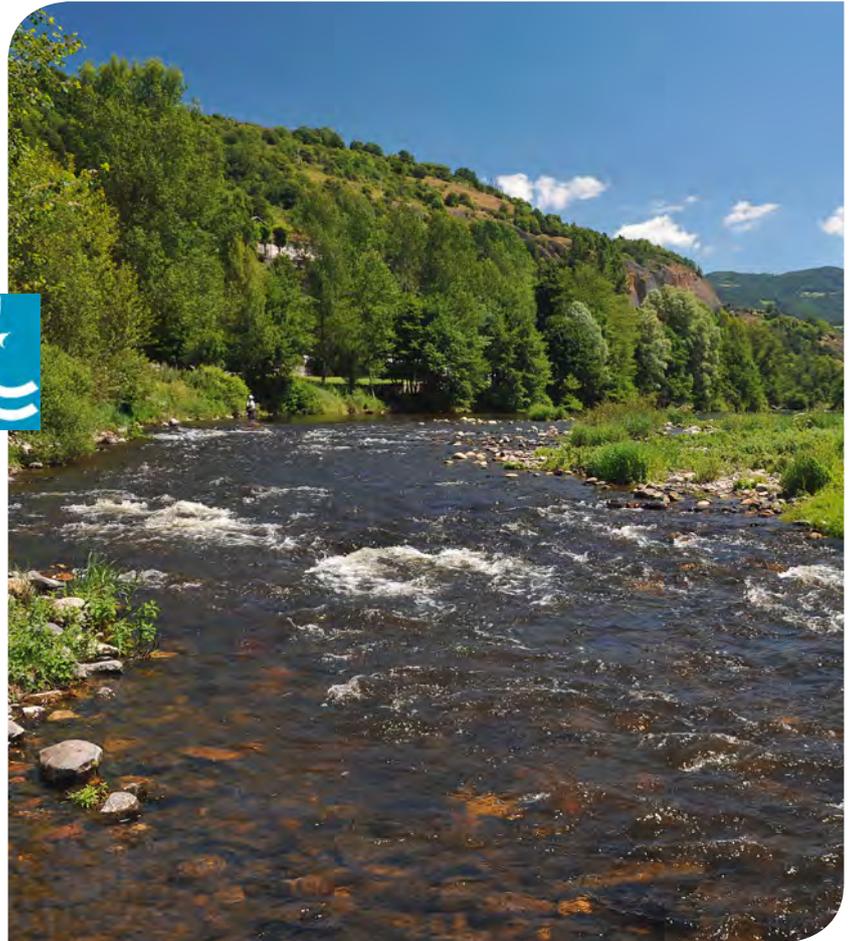
L'analyse de la vulnérabilité de l'indicateur de biodiversité aquatique montre que l'ensemble du bassin sans exception est vulnérable, tant pour les cours d'eau que pour les plans d'eau. La mise en place d'actions d'adaptation\* est donc déjà pertinente sur l'ensemble du bassin.

Les leviers identifiés sont les suivants :

### → Rétablir, maintenir ou améliorer l'hydraulique fonctionnelle et la qualité des milieux aquatiques

**Objectif : rendre les milieux aquatiques plus résilients**

- Étudier la possibilité d'aménager ou supprimer un seuil pour diminuer le taux d'étagement\*, de diversifier les habitats et les écoulements, de boiser les berges et restaurer la ripisylve, de reméandrer les cours d'eau, de reconnecter des annexes hydrauliques, de garantir les débits minimums biologiques et restaurer les espaces de mobilité, puis mettre en œuvre les solutions ;
- Restaurer et préserver les zones humides, renforcer les trames vertes et bleues, de la tête de bassin versant jusqu'à l'estuaire ;
- Préserver les apports d'eau douce à la mer ;
- Diversifier les essences forestières, le bocage, développer l'agroforesterie et les pratiques permettant d'améliorer la biodiversité ;
- Réduire les émissions de substances polluantes, quelle que soit leur origine ;
- Recenser et restaurer les zones humides, dégradées ou encore fonctionnelles ;
- Restaurer la mobilité du trait de côte et les échanges naturels entre l'estran et l'arrière littoral ; éviter les extractions de sable sur le littoral ;
- Reprendre les principes du Code de l'environnement rappelés dans le Sdage\* (non-dégradation, séquence Éviter – Réduire – Compenser) en prenant en compte les conditions climatiques futures potentielles.



📷 La plage sur l'Allier à Monistrol (Haute-Loire).  
© Jean-Louis Aubert

### → Intégrer économiquement la protection et la restauration des milieux aquatiques

**Objectif : reconnaître la valeur des milieux aquatiques**

- Évaluer les services rendus par les milieux aquatiques, via des outils d'analyse socio-économique, pour mettre en évidence leur valeur, et mesurer le gain apporté par le travail de ceux qui les entretiennent ;
- Intégrer les activités économiques transitoires dans les projets d'adaptation\* à long terme ;
- Adapter l'encadrement des usages aux nouvelles conditions climatiques ;
- Veiller à la cohérence des politiques publiques pour garantir la protection des milieux aquatiques, concernés par de nombreux usages marchands et non marchands ;
- Développer les postes de technicien de rivière, en les formant aux conséquences du changement climatique\* et aux actions d'adaptation\*.

### —> Maîtriser l'étalement péri-urbain et la gestion de l'eau en ville et dans les activités humaines

**Objectif :** valoriser les services rendus par les milieux aquatiques dans l'occupation, l'aménagement et la gestion de l'espace

- Maintenir voire développer les prairies dans certaines zones, avec l'entretien possible par les animaux;
- Limiter l'imperméabilisation et l'artificialisation des sols dus à l'étalement urbain et aux infrastructures de communication, tout en étudiant les possibilités de désimperméabilisation;
- Redonner leur place aux milieux naturels aquatiques en ville, pour des bénéfices multiples dont les îlots de fraîcheur et la reconquête de la biodiversité.

### —> Améliorer et diffuser la connaissance

- Sensibiliser le public, les entreprises et les investisseurs sur les services écosystémiques rendus. Le public des élus doit faire l'objet d'une sensibilisation spécifique;
- Améliorer la connaissance sur les espèces envahissantes et sur celles à protéger;
- Améliorer la connaissance sur les espèces migratrices (grands migrateurs, aloses...) et leur adaptation\* au changement climatique\*;
- Établir des banques de données photographiques comparatives pour mesurer l'évolution des paysages;
- Solliciter ceux qui connaissent le mieux leur territoire : associations, acteurs économiques, élus...
- Observer et exploiter les connaissances et les retours d'expériences obtenus dans d'autres pays dont les conditions climatiques actuelles seront bientôt les nôtres.



## 4.3. Quantité

Le principe proposé pour guider les actions est le suivant : **mettre en œuvre toutes les façons d'économiser l'eau et d'optimiser son utilisation dans tous les usages, avec la perspective de réduire la dépendance à l'eau.**

L'analyse de la vulnérabilité de l'indicateur de disponibilité en eau à l'étiage montre que les secteurs actuellement sensibles le resteront et seront probablement rejoints par d'autres. Il en est de même pour l'indicateur de bilan hydrique des sols en fin d'été. Par conséquent, si les actions présentées ici s'avèrent pertinentes sur pratiquement l'ensemble du bassin, elles gagneraient à être mises en œuvre en priorité dans les secteurs actuellement connus pour la fragilité de la ressource disponible.

Les leviers identifiés sont les suivants :

### —> Développer la gestion intégrée de la ressource et le stockage naturel de l'eau

**Objectif :** exploiter les avantages de solutions fondées sur la nature

- Gérer l'eau sur place afin de limiter le ruissellement et favoriser l'infiltration des eaux de pluie, en ville comme en zone rurale; accompagner ces actions de mesures qui garantissent la qualité de l'eau infiltrée;
- Développer les îlots de fraîcheur en zone urbaine, en choisissant des espèces végétales adaptées;
- Favoriser la recharge naturelle des aquifères via l'infiltration;
- Favoriser la fonction de stockage et restitution des zones humides;
- Veiller à la cohérence des politiques publiques en la matière.

### —> Optimiser la gestion de l'eau potable

**Objectif :** mettre en évidence toute la valeur de l'eau potable

- Sécuriser l'approvisionnement en eau, inciter à économiser l'eau, à récupérer l'eau de pluie pour les besoins individuels extérieurs à l'habitat;
- Traquer les fuites en réparant et entretenant les réseaux via la gestion patrimoniale;
- Promouvoir les solutions existantes, encourager l'innovation et l'expérimentation destinées à économiser la consommation d'eau potable en sensibilisant aux enjeux sanitaires.



Pluviomètre.  
© AELB



📷 **Irrigation  
des champs de maïs.**  
© Étienne Bouju

### —> Adapter les usages à la ressource disponible

**Objectif :** réduire la dépendance à l'eau

- Étudier et développer des processus industriels économes en eau;
- Dans le domaine de l'énergie, revoir les règlements d'eau (barrages hydro-électriques, centrales) pour tenir compte de l'évolution de la ressource disponible et des usages sous les nouvelles conditions climatiques, en amont et en aval des ouvrages;
- Économiser l'eau en modifiant les techniques culturales et les systèmes de cultures pour s'adapter à l'évolution des températures et de la pluviométrie;
- Adapter les PLU\* à la disponibilité locale en eau potable;
- Utiliser les outils d'analyse socio-économique pour fonder les choix faits, particulièrement quand la réflexion concerne une filière agricole;
- Déployer les modes de conduite des cultures déjà connus pour améliorer l'efficacité des consommations d'eau (techniques de travail et de conservation du sol, de semis, d'irrigation économe, choix des assolements, choix des espèces et des variétés, etc) voire déployer des systèmes innovants (agroforesterie, permaculture, etc). Des progrès ont ainsi été réalisés. Il faut les promouvoir et développer la recherche et l'innovation;
- Utiliser les outils d'aide à la décision (sondes tensiométriques, simulation de bilan hydrique...) pour augmenter l'efficacité des apports d'eau d'irrigation;
- Promouvoir la gestion collective de la ressource par un ensemble d'usagers agricoles.

### —> Explorer des pistes alternatives de gestion de la ressource dans le temps et dans l'espace

**Objectif :** expérimenter puis exploiter les retours d'expérience sur certaines pratiques

- Encourager les pratiques qui permettent le stockage naturel de l'eau dans le sol et le sous-sol;
- Stocker de l'eau en hiver: le stockage hivernal de l'eau, notamment dans des réserves, permet d'irriguer les cultures et de maintenir les activités économiques en période de déficit hydrique. Il fait partie des mesures envisageables, cadrées par le Sdage\*, avec des possibilités d'adaptation\* par les Sage au vu d'études sur les disponibilités en eau. Les projets de stockage d'eau s'inscrivent dans un projet de territoire prenant en compte l'ensemble des usages de l'eau, de la source à la mer, la qualité de l'eau, et en diversifiant les outils permettant de rétablir l'équilibre quantitatif. Ils prennent en compte les évolutions prévisibles de la ressource dues au changement climatique\*;
- Ces projets doivent être accompagnés d'études socio-économiques à l'échelle d'un territoire afin de garantir leur viabilité économique et environnementale et leur acceptation sociale;
- Penser la réutilisation de la ressource dans sa globalité et sa sécurité sanitaire: envisager les projets de réutilisation des eaux usées épurées en étudiant leur incidence à l'échelle du bassin versant sur les plans quantitatif et qualitatif, en prenant en compte l'ensemble des besoins, y compris ceux des milieux aquatiques.

### —> Améliorer et diffuser la connaissance

- Développer la connaissance et la communication sur les situations de sécheresse, sur la valeur de l'eau et son prix, sur l'empreinte « Eau » des biens de consommation, sur les économies tout au long de l'année pour tous les usages;
- Améliorer les connaissances sur la variabilité temporelle (actuelle et future) et spatiale de la ressource, sur les prélèvements et les consommations, sur les drainages, la recharge hivernale des aquifères, la recharge active des aquifères, le réchauffement et l'évaporation des plans d'eau;
- Encourager une innovation qui prend en compte à la fois le petit et le grand cycle de l'eau, et qui concerne aussi le domaine réglementaire (tarification de l'eau...);
- Utiliser les connaissances acquises pour proposer des évolutions de la réglementation;
- Observer et exploiter les connaissances et les retours d'expérience obtenus dans d'autres pays dont les conditions climatiques actuelles seront bientôt les nôtres.



## 4.4. Inondations et submersion marine

Le principe proposé pour guider les actions est le suivant : **mettre en œuvre les politiques actuelles de prévention des risques tout en développant une vision à long terme. Il ne s'agit plus seulement de lutter contre les inondations mais de vivre avec le risque d'inondation et de limiter les dommages en résultant.**

Les leviers identifiés sont les suivants :

### → Accélérer la mise en œuvre des politiques

**Objectif :** déployer plus rapidement les actions qui ont déjà prouvé leur efficacité

- Préserver les capacités d'écoulement des crues ainsi que les zones d'expansion des crues et les capacités de ralentissement qui présentent les zones de submersion marine (objectif n°1 et disposition 1-2 du PGRI\*);
- Promouvoir les actions concertées entre les différents acteurs d'un territoire, pour garantir la cohérence des actions;
- Encourager les réflexions sur les relocalisations d'activités, notamment en communiquant sur des projets en cours ou terminés, en mettant en avant les bénéfiques notamment économiques;

#### **En bord de mer**

- Tenir compte du risque d'érosion potentiel ou avéré en zone côtière, et de la hausse attendue du niveau de la mer;

#### **Dans les terres**

- Développer la gestion intégrée de la ressource pour favoriser l'infiltration sur place des eaux de pluie, notamment pour prémunir les ouvrages d'épuration de l'arrivée massive d'eaux pluviales;
- S'appuyer sur les services naturellement rendus par certains espaces, comme les zones d'expansion de crue, la ripisylve et les espaces boisés favorisant le ralentissement dynamique des écoulements pour diminuer le risque d'inondation à l'aval; les préserver, voire les reconquérir; prendre en compte leur éventuel coût de gestion et leur viabilité;
- Renaturer les cours d'eau.

### → Gérer autrement les zones inondables dont les espaces côtiers

**Objectif :** explorer tous les aspects des solutions d'adaptation\*

- Envisager si nécessaire des stratégies de repli définitif (relocalisation) ou temporaire (collines-refuges...);
- Limiter l'accueil des populations dans les zones à risque ou pouvant le devenir;
- Adapter les stratégies de gestion des digues en intégrant l'évolution du risque sur le long

terme, en les englobant dans des stratégies plus globales de gestion des inondations;

- Utiliser les outils d'analyse socio-économique pour comparer les solutions envisagées face au risque d'inondation d'un territoire, par exemple pour avoir une vision prospective;

→ Utiliser les outils des sciences comportementales pour accompagner le changement, voire le renoncement, dans les projets d'aménagement ou de relocalisation;

- Former les acteurs à la notion de « résilience\* territoriale » et à la nécessaire transition vers une stratégie urbaine adaptée au changement climatique\*.

#### **En bord de mer**

- Diagnostiquer le risque auquel sont exposés les ouvrages d'assainissement (réseaux de collecte, stations) face à une montée du niveau de la mer qui peut s'engouffrer dans les réseaux et les ouvrages;

#### **Dans les terres**

- Dans les projets de développement urbain, limiter l'artificialisation des sols, étudier les possibilités de désimperméabilisation; intégrer le retour à la normale dans le contenu des projets;
- Veiller à la cohérence amont-aval des projets d'aménagement le long des cours d'eau; élargir cette vision à la mesure de l'ampleur d'un projet.

### → Améliorer et diffuser la connaissance

- Développer la culture du risque et la mémoire sur les événements, notamment en amont de projets de développement de territoires; s'appuyer sur les assureurs, les associations... pour atteindre le grand public; faire prendre conscience sur le terrain de l'existence d'un risque;

→ Améliorer la connaissance sur la hausse du niveau de la mer et ses conséquences (évolution du trait de côte...) au fur et à mesure que les prévisions sur le climat s'affinent et que les outils de modélisation se perfectionnent;

- Améliorer la connaissance sur la dynamique de sédimentation fluviale et côtière;
- Améliorer la connaissance fine des activités sur les territoires concernés par un risque d'inondation;

→ Sensibiliser le public et les agriculteurs sur les effets sur l'aval d'actions comme un entretien de cours d'eau, un curage de fossé, un drainage...

- Observer et exploiter les expériences d'autres pays soumis à des situations comparables à ce qui nous attend;

→ Promouvoir l'expérience accumulée par certains acteurs (comme les guides déjà existants, tel celui rédigé par le réseau des Chambres d'agriculture sur la prise en compte de l'activité agricole dans la prévention des inondations).

## 4.5. Gouvernance



Le principe proposé pour guider les actions est le suivant : **améliorer et diffuser la connaissance, pour intégrer l'adaptation\* au changement climatique\* dans tous les lieux et documents de gouvernance.**

Les leviers identifiés sont les suivants :

### → Améliorer et diffuser la connaissance pour tous les publics

**Objectif :** se doter d'outils pour améliorer la connaissance

- Profiter des appels à projets sur le thème du changement climatique\* pour explorer de nouvelles pistes, afin de stimuler l'innovation et l'expérimentation ;
- Mettre des outils d'analyse socio-économiques à disposition des acteurs, pour qu'ils puissent tester des scénarios d'évolution du climat.

**Objectif :** sensibiliser, informer, former, tous les usagers de l'eau selon leur rôle pour en faire des acteurs éclairés

- Mettre des données sur le changement climatique\* à disposition des acteurs, avec des guides d'utilisation spécifiques en fonction des publics et un engagement de transparence ;
- Former les différents publics, du lycéen à l'élu en passant par les associations, les acteurs économiques... ;
- Former et faire participer l'ensemble des acteurs en amont des projets d'adaptation\* pour s'assurer que les bénéfices soient durables ; utiliser les outils des sciences comportementales pour accompagner le changement ;
- Présenter l'ensemble des composantes d'un projet, qu'elles soient techniques ou socio-économiques, qu'elles relèvent d'une opportunité ou d'une contrainte ;
- Face à des enjeux qui pourraient sembler contradictoires, mener des études et des réflexions pour éclairer la décision et garantir la cohérence de l'action ; s'engager sur la transparence des prises de décision ;
- Développer les échanges entre la communauté scientifique et la société civile ;
- Utiliser la pédagogie par l'exemple, en partant de situations locales, d'exemples emblématiques (fleuve Colorado...), promouvoir l'innovation aussi dans le domaine de la formation et de la communication.

### → Améliorer la prise en compte de l'adaptation\* au changement climatique\* dans les politiques

**Objectif :** mobiliser les CLE\* pour les rendre plus visibles en tant qu'acteurs majeurs de l'adaptation\* sur un territoire

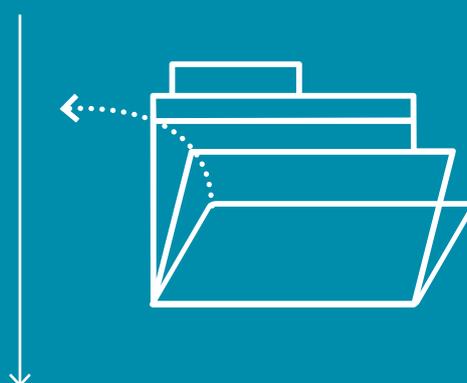
- Améliorer la connaissance sur les conséquences du changement climatique\* à l'échelle du Sage ;
- Se concerter pour proposer des évolutions réglementaires (lois, décrets, arrêtés) ;
- Encourager les échanges inter-Sage et les échanges d'expériences ;
- Envisager tous les aspects des projets de gestion de la ressource en eau via des études économiques, en se posant la question de sa valeur ;
- S'appuyer sur la représentativité des CLE\* et sur les Sage\* qu'elles élaborent pour proposer des solutions coordonnées associant l'amont et l'aval, le milieu rural et le milieu urbain, les usages et les milieux aquatiques ;
- Utiliser la connaissance du territoire par les CLE\* pour désigner un gestionnaire légitime et un projet pour l'entretien de certains espaces, comme les zones humides, et mobiliser les financements ;
- Identifier et partager les bonnes pratiques pour la prise en compte du changement climatique\* dans les Sage\*.

**Objectif :** mieux articuler les politiques

- Développer les relations entre les CLE\* et les autres acteurs à différentes échelles : communes, intercommunalités, départements, régions... et ce dès l'initiation d'un projet ;
- Promouvoir la prise en compte des enjeux sanitaires (eau potable, eaux de baignade, eaux conchylicoles...) dans les analyses socio-économiques préalables à la mise en œuvre des actions ayant pour objectif l'atténuation\* ou l'adaptation\* au changement climatique\*.
- Prendre en compte les interactions entre les enjeux de préservation des milieux aquatiques et les enjeux énergétiques (décarbonation) ;
- Intégrer l'adaptation\* au changement climatique\*, et notamment l'évolution des ressources disponibles, dans les documents d'urbanisme SCOT\*, PLU\*, PLUI\*, SLGRI\* ;
- Promouvoir la prise en compte du critère « Eau et climat » dans des choix politiques qui n'en tiennent pas encore suffisamment compte : orienter la demande de la restauration collective publique...

# 5

## Quelques exemples d'actions qui concourent à l'adaptation\* au changement climatique\*



- 5.1. [Qualité](#)
- 5.2. [Milieux aquatiques](#)
- 5.3. [Quantité](#)
- 5.4. [Inondations et submersion marine](#)
- 5.5. [Gouvernance](#)

## Quelques exemples d'actions qui concourent à l'adaptation\* au changement climatique\*

*Les exemples ci-dessous sont extraits des réponses reçues lors de la consultation sur le projet de plan de bassin d'adaptation\* au changement climatique\*. Ils ont été classés par secteur géographique et par type d'acteur. Ils illustrent des leviers d'action du plan d'adaptation\* et permettent à la fois de l'ancrer dans la réalité, de valoriser des actions et des acteurs locaux, de contribuer au partage des expériences.*

### 5.1. **Qualité**



- La FDAAPPMA (Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques) de la Loire a mis en place un suivi thermique pour évaluer l'évolution de la température de l'eau, sur une grande diversité de cours d'eau, et pour définir les risques pour les populations de truites fario. La FDAAPPMA du Cher mène une démarche similaire sur la Sauldre et l'Arnon.
- Plusieurs chambres d'agriculture ont mis en place un observatoire nommé Oracle afin de mesurer les évolutions de certains paramètres climatiques (température, précipitations...) depuis 40 ans puis mettre ces données à disposition des agriculteurs.
- La Région Centre-Val de Loire accompagne le secteur automobile pour mieux gérer ses déchets, sécuriser des stockages de liquides dangereux.
- Saint-Étienne Métropole et la Stéphanoise des eaux pilotent en temps réel le réseau d'eaux usées de l'agglomération, pour une gestion optimale des flux.
- La chambre d'agriculture du Cher propose un diagnostic aux agriculteurs dans les aires d'alimentation des captages d'eau, dans le cadre d'un accompagnement à l'échelle des systèmes d'exploitation.

### 5.2 **Milieux aquatiques**



- Clermont Auvergne Métropole a réalisé des travaux pour découvrir une rivière urbaine (la Tiretaine), afin de contribuer à la restauration du milieu et au rafraîchissement de la ville.
- Le syndicat de bassin de l'Oudon met en œuvre des actions de restauration de zones humides, restauration de la morphologie des cours d'eau et de la continuité écologique, restauration de la ripisylve.
- La fédération de pêche d'Indre-et-Loire a restauré des annexes hydrauliques sur la Loire et la Vienne.
- Le syndicat mixte du bassin versant du Lignon, de l'Anzon et du Vizézy réalise des travaux afin de préserver l'habitat de l'écrevisse à pied blanc.
- Le syndicat de la Manse soutient le CPIE (Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement) pour le reboisement des berges.

### 5.3. Quantité



- La ville de Roanne a mis en place de nouveaux modes d'évacuation des eaux de pluie sur les routes, incluant des désimperméabilisations, dans le cadre d'une gestion intégrée.
- La chambre d'agriculture du Loiret mène des actions pour augmenter l'efficacité de l'irrigation : messages de conseil, outils de pilotage disponibles sur Internet, utilisation de sondes tensiométriques, définition des réserves hydriques des sols...
- Le groupe départemental « Sol vivant 35 » regroupe des agriculteurs pour échanger et se former sur la réduction du travail du sol.
- La démarche Agr'eau Val de Loire vise à assurer une gestion raisonnée de la ressource en eau par un pilotage de l'irrigation et le développement de techniques de conservation du sol.

### 5.4. Inondations et submersion marine



- Face à des inondations récurrentes, la zone humide de Kerguelidic et un affluent de l'Aber Benoît à Plabennec ont été restaurés.
- Le projet Adapt'o, déjà cité à propos de son intérêt pour l'atténuation\* du changement climatique\*, participe aussi à la réflexion sur l'adaptation\*. En effet, l'étude inclut un objectif de protection des populations situées derrière une digue très ancienne.
- En Vendée, des chemins cyclables et piétons ont été aménagés sur les digues pour favoriser la prise de conscience sur la hauteur de la mer par rapport à la zone habitée.
- Dans la baie de Bourgneuf, une exposition itinérante sensibilise sur les risques littoraux.
- Dans l'Orne, la fédération de pêche a réhabilité une peupleraie en annexe hydraulique et frayère à brochets.

### 5.5. Gouvernance



- Les Ceser\* (Conseil économique, social et environnemental régional) de plusieurs régions du bassin ont mené des études visant à mieux connaître les conséquences du changement climatique\*. C'est le cas en Centre Val de Loire (scénarios prospectifs pour 2040), Pays de la Loire (propositions à la région pour un futur plan régional), Limousin (préconisations d'actions) et Bretagne (réflexion sur les conséquences politiques du changement climatique\*).
- L'observatoire Oracle développé par plusieurs chambres d'agriculture collecte des données sur une longue période passée présente des indicateurs climatiques « relus » pour l'agriculture, qui vont au-delà de la problématique quantitative. Il est complété par les projets Agri-accept et CLIMA XXI, qui visent à produire des simulations de situations climatiques futures et des pistes d'adaptation\*.
- Le Parc naturel régional du Morbihan a développé l'outil Cactus, également à destination des élus des collectivités. Il leur permet de savoir quelles questions ils doivent se poser pour tenir compte du changement climatique\* à venir lorsqu'un projet d'aménagement émerge.
- L'Établissement Public Loire a réalisé une étude visant à anticiper l'adaptation\* de la gestion des barrages de Villerest et Naussac.
- Le projet Hyccare (Hydrologie, changement climatique\*, adaptation\*, ressource en eau) Bourgogne a permis de faire se rencontrer chercheurs scientifiques et acteurs locaux dans des « ateliers du climat » afin que les décideurs puissent s'approprier des données et des outils pour prendre en compte le changement climatique\*.



# Conclusion

Le présent Plan d'adaptation\* au changement climatique\* se conçoit d'abord comme un plan de sensibilisation à la vulnérabilité du bassin Loire-Bretagne, de ses écosystèmes, de ses activités et des habitants qui y vivent, aux impacts du changement climatique\*.

Au-delà, ce plan est aussi une invitation à engager ou à intensifier des actions nécessaires à l'amélioration du bon état des eaux et des ressources naturelles, car ce bon état contribue directement à la résilience\* des écosystèmes du bassin.

Enfin, ce plan invite les acteurs des territoires, à décliner à leur échelle, des approches systémiques et transversales, adaptées à leurs enjeux, en mobilisant les principaux leviers d'actions évoqués.



# Glossaire

## **Adaptation au changement climatique**

Ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques.

source: GIEC,

[www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-fr.pdf)

## **Ademe**

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

## **Astee**

Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement

## **Atténuation**

Intervention anthropique pour réduire les sources ou augmenter les puits de gaz à effet de serre\*.

source: GIEC,

[www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-fr.pdf)

## **Ceser**

Conseil économique, social et environnemental régional.

## **Changement climatique**

Avis relatif au vocabulaire de l'environnement, JO du 12 avril 2009.

source: avis relatif au vocabulaire de l'environnement, JO du 12 avril 2009,

[www.legifrance.gouv.fr/jo\\_pdf.do?id=JORFTEXT000020506972](http://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000020506972)

## **CLE**

Commission locale de l'eau (articles L212-4, R212-29 et suivants du code de l'environnement). La commission locale de l'eau élabore, révisé et suit l'application du Sage\*. Elle organise la démarche sous tous ses aspects : déroulement des étapes, validation des documents, arbitrage des conflits, mais aussi suivi de la mise en œuvre. Une fois le Sage adopté, elle veille à la bonne application des préconisations et des prescriptions inscrites dans le Sage, ainsi qu'à la mise en place des actions.

source: Glossaire sur l'eau

[www.glossaire.eaufrance.fr](http://www.glossaire.eaufrance.fr)

## **COP21**

21<sup>e</sup> session de la « Conférence des Parties » à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques qui a débouché sur la signature de l'accord de Paris adopté le 12 décembre 2015.

## **EPCI**

Établissement public de coopération intercommunale.

## **Gaz à effet de serre (GES)**

Les gaz à effet de serre sont les composants gazeux de l'atmosphère, naturels et anthropiques, qui absorbent et émettent des radiations à des longueurs d'onde spécifiques dans le spectre du rayonnement infrarouge émis par la surface de la terre, l'atmosphère, et les nuages. Cette propriété cause l'effet de serre. La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'Oxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), le Méthane (CH<sub>4</sub>), et l'Ozone (O<sub>3</sub>) sont les principaux gaz à effet de serre dans l'atmosphère de la terre.

source: GIEC,

[www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-fr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-fr.pdf)

## **Irstea**

Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.

## **PAPI**

Programme d'actions de prévention contre les inondations.

## **PCAET**

Plan climat air énergie territorial. (article L. 229-26 du code de l'environnement).

## **PGRI**

Plan de gestion des risques d'inondation (articles L566-7, articles R566-10 et suivants du code de l'environnement).

## **PLU**

Plan local d'urbanisme (articles L151-1 et suivants, articles R151-1 et suivants du code de l'urbanisme).

## **PLUI**

Plan local d'urbanisme intercommunal.

## **PNACC**

Plan national d'adaptation\* au changement climatique\*. Le deuxième PNACC couvrira la période 2018-2022.

### Réserve de substitution

Pour le Sdage\* du bassin Loire-Bretagne, une réserve dite de substitution a pour objet de remplacer des prélèvements d'étiage par des prélèvements en période de hautes eaux, que le prélèvement soit fait dans le même milieu (superficiel, souterrain) ou non. Sa conception la rend impérativement étanche et déconnectée du milieu naturel en période d'étiage.

Pour pouvoir être considéré comme une réserve de substitution, un ouvrage qui intercepterait des écoulements (cette réserve serait alors une retenue) doit impérativement être équipé d'un dispositif de contournement garantissant qu'au-delà de son volume et en dehors de la période autorisée pour le prélèvement, toutes les eaux arrivant en amont de l'ouvrage ou à la prise d'eau sont transmises à l'aval, sans retard et sans altération.

### Résilience

Il s'agit de la capacité d'un écosystème à résister et à survivre à des altérations ou à des perturbations affectant sa structure ou son fonctionnement, et à trouver, à terme, un nouvel équilibre.

source : avis relatif au vocabulaire de l'environnement, JO du 12 avril 2009.

La résilience est parfois précédée d'une phase de résistance, l'écosystème absorbant une partie de la perturbation avant de changer de structure.

### Sage

Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (articles L212-3 et suivants, R212-26 et suivants du code de l'environnement).

Institué pour un sous-bassin correspondant à une unité hydrographique cohérente ou un système aquifère, le Sage fixe les objectifs généraux et les dispositions permettant de satisfaire au principe de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau ainsi que de préservation des milieux aquatiques et de protection du patrimoine piscicole. Il est établi par une commission locale de l'eau\* (CLE) et est approuvé par le préfet.

### SCOT

Schéma de cohérence territoriale (articles L131-1 et suivants, articles R141-1 et suivants du code de l'urbanisme).

### Sdage

Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (articles L212-1 et suivants, R212-1 et suivants du code de l'environnement).

Le Sdage est un document de planification dans le domaine de l'eau. Il définit, pour une période de six ans (2016-2021), les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre dans le bassin Loire-Bretagne.

### SRADDET

Schéma régional d'aménagement et de développement durable et d'égalité des territoires. (articles L4251-1 et suivants du code général des collectivités territoriales, articles 10 et 13 de la loi n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République).

Le SRADDET va remplacer plusieurs schémas existants, en matière de climat et d'énergie, d'intermodalité, de déchets ou de biodiversité.

### SRCAE

Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (articles L222-1 et suivants du code de l'environnement). Il sera intégré dans le SRADDET.

### Taux d'étagement

Rapport entre la somme des hauteurs de chutes artificielles créées en étiage par les obstacles transversaux et le dénivelé naturel du cours d'eau. Il traduit l'altération morphologique des cours d'eau imputable aux ouvrages transversaux (homogénéisation des faciès d'écoulement, blocage des sédiments, blocage de la dynamique latérale du lit). C'est à cette définition que se rapporte le Sdage\* 2016-2021.

Un taux d'étagement proche de 100 % signifie que la quasi-totalité du linéaire de cours d'eau se caractérise par des habitats aquatiques typiques de « retenue d'eau ». Inversement, un taux d'étagement proche de 0 % signifie que la quasi-totalité du linéaire se caractérise par des habitats aquatiques typiques de « cours d'eau » (en l'absence d'autres facteurs d'altération).



# **ANNEXE**

au plan d'adaptation  
au changement climatique  
pour le bassin Loire-Bretagne

**État des  
connaissances**



# Sommaire Annexe

<b>Introduction</b>	Page 55
<b>1. Des projections de changement climatique disponibles sur le bassin Loire-Bretagne</b>	Page 55
1.1. Évolution des températures de l'air	Page 55
1.2. Évolution des précipitations	Page 57
1.3. Évolution de l'évapotranspiration potentielle et de l'humidité des sols	Page 59
1.4. Les extrêmes climatiques	Page 60
1.5. Évolution de l'enneigement	Page 62
<b>2. Une ressource en eau impactée en quantité et en qualité</b>	Page 63
2.1. Température de l'eau	Page 63
2.2. Impacts sur la qualité de l'eau	Page 63
2.3. Évolution des débits	Page 64
> Évolution du module	Page 64
> Évolution du QMNA5	Page 65
> Évolution des débits de crue	Page 65
2.4. Évolution des ressources en eau souterraine	Page 65
<b>3. Conséquences du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques et humides et sur les territoires anthropisés</b>	Page 67
3.1. Les écosystèmes	Page 67
> 3.1.1. Des écosystèmes d'eau douce impactés par les évolutions de température et de débits	Page 67
> 3.1.2. Des écosystèmes humides vulnérables, à fort potentiel pour l'adaptation et l'atténuation	Page 68
> 3.1.3. Des écosystèmes littoraux exposés mais indispensables à la résilience des zones côtières	Page 68
3.2. Les territoires anthropisés	Page 71
<b>4. Conséquences du changement climatique sur les usages actuels et à venir de l'eau</b>	Page 72
4.1. L'agriculture	Page 72
4.2. Les conséquences sur le petit cycle de l'eau	Page 74
4.3. L'industrie	Page 75
4.4. La pêche	Page 76
4.5. Le tourisme	Page 76

 **Ciel nuageux.**  
© Laurent Mignaux - Terra



# Introduction

Cette synthèse a pour objectif de faire un état des connaissances disponibles sur le changement climatique et ses conséquences dans le bassin Loire-Bretagne. Même s'il est partiel, cet état montre que les connaissances actuelles sur le changement climatique et ses impacts sur la gestion de l'eau sont suffisantes pour nous pousser à l'action. Il est nécessaire de s'engager dans un processus d'adaptation au changement climatique.

Après un rappel des projections de changement climatique disponibles sur le territoire du bassin Loire-Bretagne, les impacts sur la ressource en eau, les équilibres quantitatifs et les écosystèmes aquatiques et humides sont exposés. Cet exposé présente quelques actions possibles et/ou déjà en place, le plan de bassin d'adaptation ayant pour objet d'en faire un exposé détaillé.

## 1. Des projections de changement climatique disponibles sur le bassin Loire-Bretagne

### 1.1. Évolution des températures de l'air

La hausse des températures de l'air est déjà observable. Les températures planétaires en juin 2016 placent les six premiers mois de l'année au premier rang des débuts d'année les plus chauds<sup>1</sup>. Avec 0,79°C de plus que la moyenne calculée sur 1951/1980, le mois de juin 2016 poursuit la série des mois records depuis un an en battant l'année 2015. Malgré le cycle naturel pluriannuel du courant océanique El Niño, 2017 figure avec 2015 et 2016 parmi les années les plus chaudes jamais enregistrées. Ce phénomène océano-atmosphérique influe sur le réchauffement perceptible à l'échelle de quelques années, mais ne masque pas la tendance au réchauffement sur une plus grande échelle de temps.

Pour prendre un exemple dans le bassin, une température record pour un mois de juillet de 39°C a été observée en 2016 à la Ferrière Airoux (Vienne), soit 2°C de plus que le précédent record qui datait de 2015<sup>2</sup>.

Par ailleurs, l'observatoire Oracle de Poitou-Charentes<sup>3</sup> a montré une baisse du nombre de jours de gel allant de 9 à 13 jours par an en moins selon les endroits depuis 1960 (avec une forte variabilité interannuelle)... et une augmentation de 23 à 31 jours par an du nombre de jours

estivaux<sup>4</sup> sur la même période. L'observatoire Oracle des Pays de la Loire<sup>5</sup> relève une baisse significative du nombre de jours de gel au Mans (21 jours par an en moins depuis 1970, également avec une forte variabilité interannuelle), avec une augmentation de 22 jours du nombre de jours estivaux sur la même période.

Différentes projections des températures de l'air peuvent être faites :

- en utilisant le modèle de Météo-France (nommé Aladin) ou celui de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) (nommé WRF),
- en se projetant à court, moyen ou long terme,
- en appliquant un scénario de baisse, de stabilisation ou de non-maîtrise des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Les cartes ci-après présentent une projection de la température moyenne quotidienne pour tous les jours de l'année avec le modèle de Météo-France, à moyen terme (2041-2070), pour les trois scénarios (baisse, stabilisation, non-maîtrise des émissions de GES). Les cartes sur la gauche donnent la situation de référence (période 1976-2005)<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Source : Données de l'équipe Nasa / Université Columbia de New-York, publiées dans le Monde du 21/07/2016.

<sup>2</sup> Source : La Nouvelle République du 19 juillet 2016 citant Météo-France.

<sup>3</sup> ORACLE - Poitou-Charentes - Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Poitou-Charentes - édition 2014.

<sup>4</sup> Jour estival : jour où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 25°C.

<sup>5</sup> ORACLE - Pays de la Loire - Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Pays de la Loire - édition 2015.

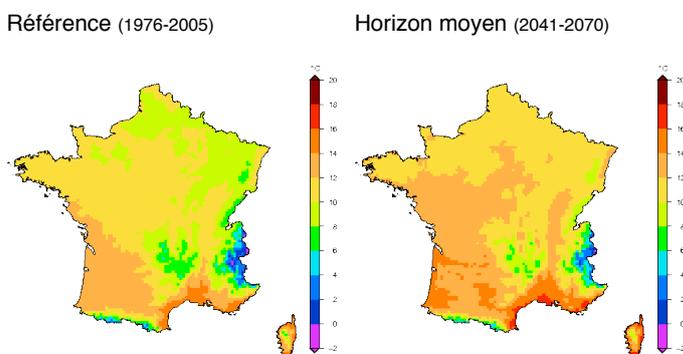
<sup>6</sup> Source : portail « Drias - les futurs du climat », <http://www.drias-climat.fr/>, porté par le Ministère chargé de l'environnement.

On observe que le nord-ouest du bassin est moins touché par la hausse de la température moyenne de l'air, de même que la pointe sud-est (sauf dans le scénario le plus pessimiste). Ailleurs, sur le sud des Pays de la Loire, le Poitou-Charentes, le Centre-Val de Loire, la Bourgogne, il faut s'attendre à des hausses plus importantes (de l'ordre de 2°C).

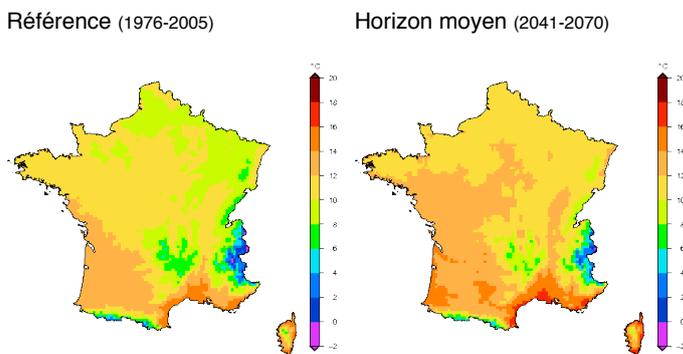
Le Ceser Pays de la Loire<sup>7</sup> relève que la température moyenne s'est élevée de 0,8°C au cours du XX<sup>e</sup> siècle, et qu'à l'horizon 2030 cette hausse, plus marquée en été, serait comprise entre 0,8 et 1,4°C selon les différents scénarios du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).

**Température moyenne quotidienne [°C], Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de Météo-France**

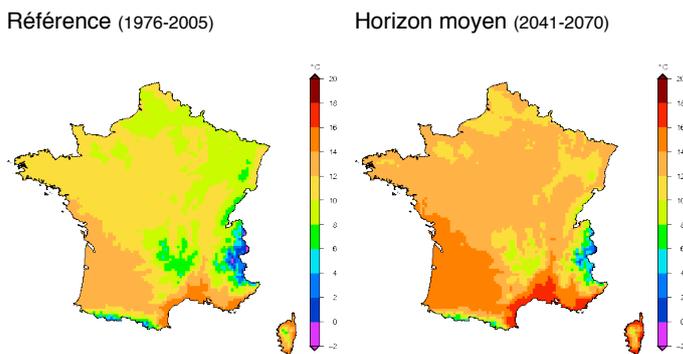
Scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2 (RCP2.6)



Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2 (RCP4.5)



Scénario sans politique climatique (RCP8.5)



<sup>7</sup> « Impacts des changements climatiques et mesures d'adaptation en Pays de la Loire » - Ceser Pays de la Loire, février 2016.

## 1.2. Évolution des précipitations

Les précipitations vont évoluer dans les décennies à venir, tant en termes de répartition spatiale (quelle quantité de pluie à quel endroit) qu'en termes de répartition sur l'année (quelle quantité de pluie à quelle saison). La simulation qui suit<sup>8</sup> a été faite avec le modèle de Météo-France sur l'anomalie de cumul annuel des précipitations, c'est-à-dire l'écart à la période de référence des précipitations modélisées.

On observe que le scénario joue beaucoup : selon que les émissions de GES sont plus ou

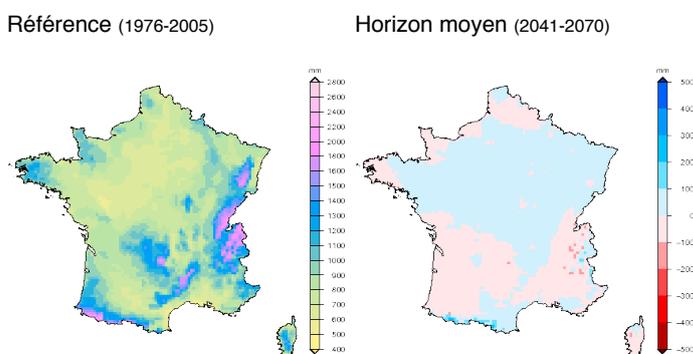
moins maîtrisées, les projections aboutissent à une augmentation ou une baisse du cumul annuel des précipitations sur la majeure partie du bassin.

Sur la région Centre-Val de Loire, il est probable que le cumul des précipitations augmente un peu.

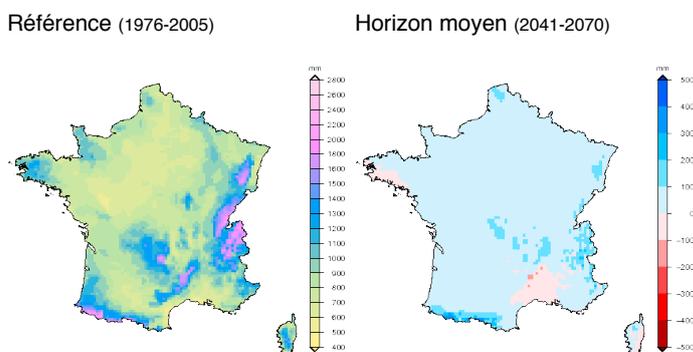
Sur la Bretagne, en revanche, le cumul annuel des précipitations baisse pratiquement partout dans tous les cas.

### Anomalie du cumul de précipitations : écart entre la période considérée et la période de référence [mm], Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de Météo-France

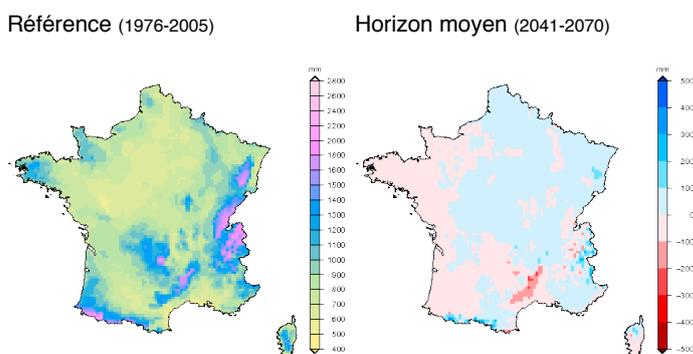
Scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2 (RCP2.6)



Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2 (RCP4.5)



Scénario sans politique climatique (RCP8.5)



<sup>8</sup> Drias – Déjà cité

Les mêmes incertitudes se retrouvent sur les cartes de cumul saisonnier (non présentées) : il est difficile d'affirmer qu'il pleuvra plus en dehors de l'étiage, et moins pendant celui-ci. De plus, le modèle choisi influe sur les résultats de simulation : le modèle de l'IPSL prévoit ainsi une augmentation marquée des précipitations hivernales dans l'ouest du bassin avec le scénario le plus pessimiste, ce que ne prévoit pas le modèle de Météo-France, qui prévoit plutôt une légère hausse, voire une baisse sur la pointe bretonne.

L'étude Explore 2070<sup>9</sup> avait déjà pointé la plus grande incertitude qui règne sur la modélisation des précipitations, avec de grandes disparités entre les modèles dans la répartition géographique des ratios de précipitations : « Une tendance à la baisse apparaît sur la moyenne multimodèles, hormis en hiver où aucune tendance ne se dessine. Au printemps la baisse apparaît peu significative à l'échelle du territoire. C'est en été que les précipitations semblent le plus déficitaires avec -23,6 % à -15,9 % de la valeur moyenne de référence. »

Une thèse<sup>10</sup> consacrée à l'évolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies a développé une méthode particulière de traitement des données. Si elle conclut également que les précipitations estivales vont diminuer sur l'ensemble du pays, elle estime cependant que d'ici la fin du siècle les précipitations hivernales augmenteront sur la

moitié nord du pays et diminueront légèrement sur la moitié sud. A plus court terme, dans les prochaines décennies, la diminution des précipitations est importante en été mais l'évolution est moins marquée pour les autres saisons.

Le Ceser Pays de la Loire<sup>11</sup> a constaté la même prudence des experts, à propos de précipitations dont on peut s'attendre à ce qu'elles soient plus ou moins constantes en hiver et en diminution progressive en été.

L'observatoire Oracle de Poitou-Charentes<sup>12</sup> n'a pas relevé de tendance nette sur l'année concernant les précipitations passées, avec un signal assez faible d'augmentation des pluies de printemps et d'automne et de diminution des pluies d'été et d'hiver. L'observatoire Oracle de Pays de la Loire<sup>13</sup> a relevé une légère tendance à l'augmentation des pluies annuelles passées, due à une augmentation en automne.

Ces incertitudes et ces contradictions s'expliquent par le fait que, à l'échelle de la planète, la France se situe à une latitude de transition entre des zones où les précipitations seront plus abondantes, et d'autres où elles le seront moins. Les lois de la physique nous enseignent aussi qu'un air plus chaud peut contenir plus d'eau en suspension ; c'est la relation de Clausius-Clapeyron : « plus l'air est chaud, plus il peut contenir de vapeur d'eau avant condensation ».



📷 **Plage de Plomodiern (Finistère).**

© Jean-Louis Aubert

<sup>9</sup> Explore 2070 – Ministère chargé de l'Environnement. Rapport B1 sur l'hydrologie de surface - 2012.

<sup>10</sup> « Évolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies ». G. Dayon, Université de Toulouse - 2015

<sup>11</sup> Déjà cité

<sup>12</sup> Déjà cité

<sup>13</sup> Déjà cité

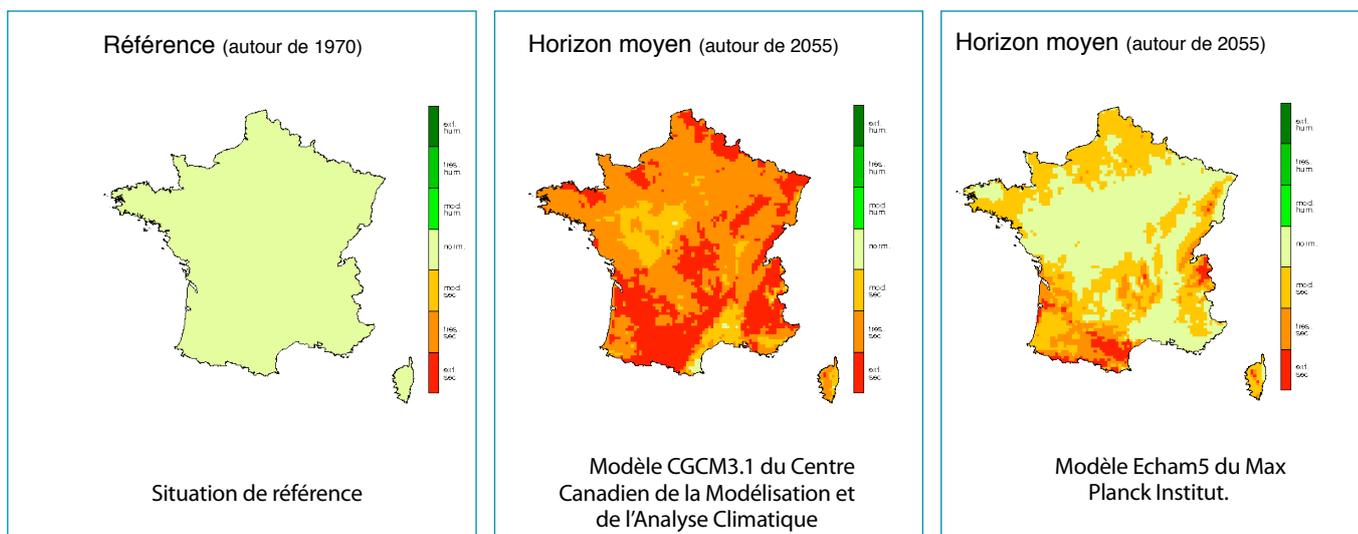
### 1.3. Évolution de l'évapotranspiration potentielle et de l'humidité des sols

L'Observatoire Oracle de Poitou-Charentes<sup>14</sup> a déjà relevé une augmentation de 145 à 291 mm de l'évapotranspiration potentielle annuelle depuis 1960. Celui des Pays de la Loire<sup>15</sup> montre une augmentation de 77 à 95 mm depuis 1971.

Un indicateur de sécheresse agricole des sols<sup>16</sup> a été modélisé par Météo-France dans le cadre du projet Climsec, avec deux modèles différents. Les cartes ci-dessous représentent

l'anomalie moyenne de l'indicateur de sécheresse agricole des sols simulée, pour une période de référence sur le XX<sup>ème</sup> siècle, ainsi que pour le XXI<sup>ème</sup> siècle.

On observe que la partie centrale du bassin serait moins touchée que la Bretagne, le Limousin et l'Auvergne. Ce stress hydrique breton a été mis en évidence dans une autre étude<sup>17</sup>.



**Anomalie moyenne de l'indicateur de sécheresse agricole des sols simulée (scénario d'évolution socio-économique intermédiaire - A1B)**  
(Source: Météo France)

L'évapotranspiration potentielle et sa possible évolution dans les décennies à venir devrait toujours être prise en compte dans les travaux de réflexion qui utilisent des projections de précipitations. En effet, il faut avoir en tête qu'à quantité de pluie égale, la quantité d'eau qui s'infiltrera dans le sol ou qui ruissellera ne sera pas la même: il y aura plus d'eau à retourner dans l'atmosphère du fait d'une évaporation, et d'une évapotranspiration par les plantes, plus importantes.

#### À SAVOIR!

##### Les différents types de sécheresse

Il existe trois types de sécheresse:

- > La sécheresse météorologique, qui est directement liée aux précipitations et aux mesures faites dans les pluviomètres
- > La sécheresse agricole, qui prend en compte le taux d'humidité dans le sol à 1 mètre de profondeur
- > La sécheresse hydrologique, qui est liée au débit des cours d'eau et au niveau des nappes.

<sup>14</sup> Déjà cité

<sup>15</sup> Déjà cité

<sup>16</sup> Cet indicateur est un ratio prenant en compte le contenu intégré en eau du sol, le contenu en eau au point de flétrissement, et le contenu en eau du sol à la capacité au champ.

<sup>17</sup> Modélisation du bilan hydrique en Bretagne dans le contexte du changement climatique, cas du scénario A1B du GIEC. Lamy C., Dubreuil V., 2011.

## 1.4. Les extrêmes climatiques

### Les fortes pluies

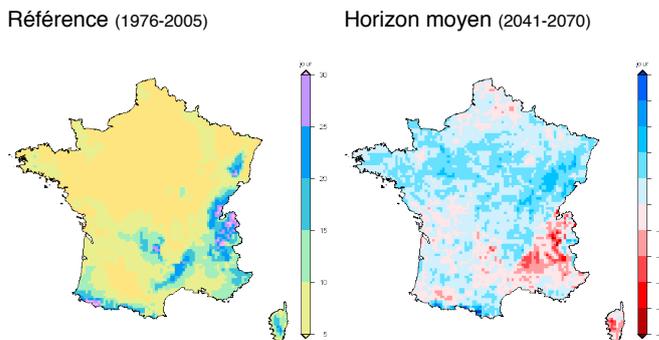
Les cartes ci-dessous<sup>18</sup> présentent l'évolution du nombre de jours de fortes précipitations sous la forme d'une anomalie par rapport à une période de référence, en fonction des scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Il y a une « forte précipitation » lorsqu'il est tombé plus de 20 mm par jour.

On observe que sur le bassin, il faut s'attendre à ce qu'il y ait 1 à 3 jours par an supplémentaires de fortes précipitations. À noter que le modèle de l'IPSL (non présenté) est plus pessimiste, avec des projections de l'ordre de 4 jours de fortes précipitations sur une plus grande partie du bassin.

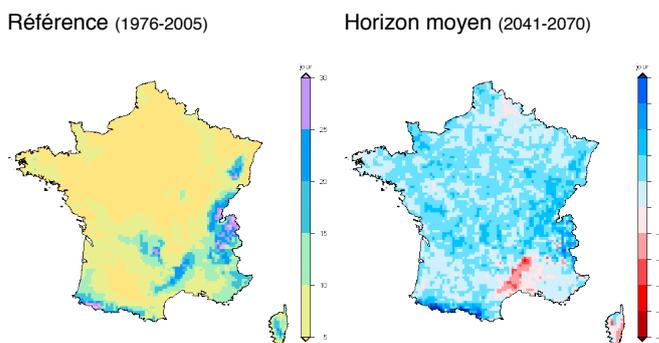
Certains scientifiques parlent d'une « intensification du cycle hydrologique », liée au fait que l'atmosphère contient plus de vapeur d'eau (Cf supra : relation de Clausius-Clapeyron). Il faut noter qu'il y a plus d'incertitudes concernant les événements extrêmes, comme les orages violents, que pour les modélisations de précipitations en général.

### Anomalie du nombre de jours de fortes précipitations : écart entre la période considérée et la période de référence [NBJ], Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de Météo-France

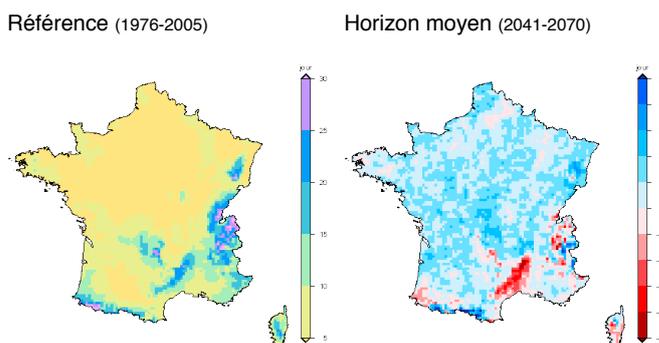
Scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2 (RCP2.6)



Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2 (RCP4.5)



Scénario sans politique climatique (RCP8.5)



<sup>18</sup> Drias – Déjà cité

**Les fortes chaleurs**

Les cartes ci-dessous<sup>19</sup> présentent l'évolution du nombre de jours anormalement chauds, en fonction des scénarios d'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Un jour est considéré comme anormalement chaud lorsque la température maximale est supérieure de plus de 5°C à la normale.

On observe que le bassin Loire-Bretagne n'est pas le plus touché de la métropole française, et qu'un gradient nord-ouest/sud-est est bien visible. Ainsi :

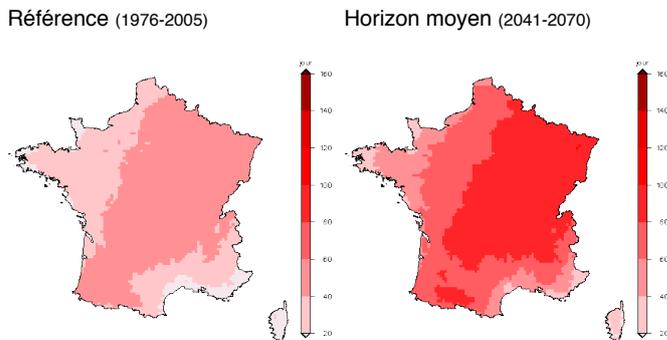
→ sur la pointe ouest de la Bretagne, on passerait de moins de 20 jours à potentiellement 20 à 60 jours anormalement chauds selon les scénarios;

→ en Auvergne, on passerait de moins de 60 jours à potentiellement 80 à 120 jours anormalement chauds selon les scénarios.

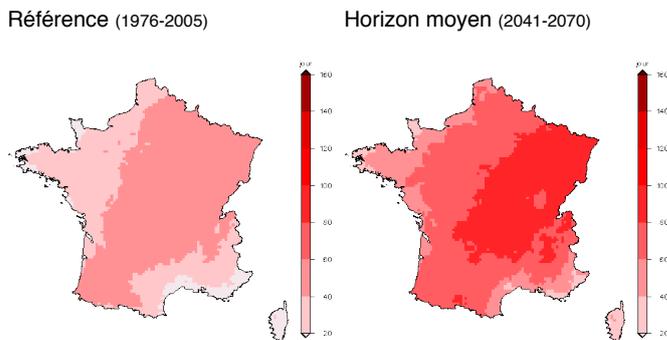
La Datar des Pays de la Loire<sup>20</sup> a également relevé une hausse probable du nombre de jours de canicule.

**Nombre de jours anormalement chauds [NBJ], Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de Météo-France**

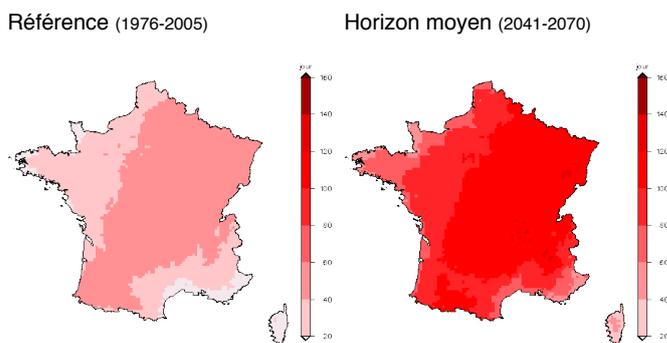
Scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO2 (RCP2.6)



Scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO2 (RCP4.5)



Scénario sans politique climatique (RCP8.5)



<sup>19</sup> Drias – Déjà cité

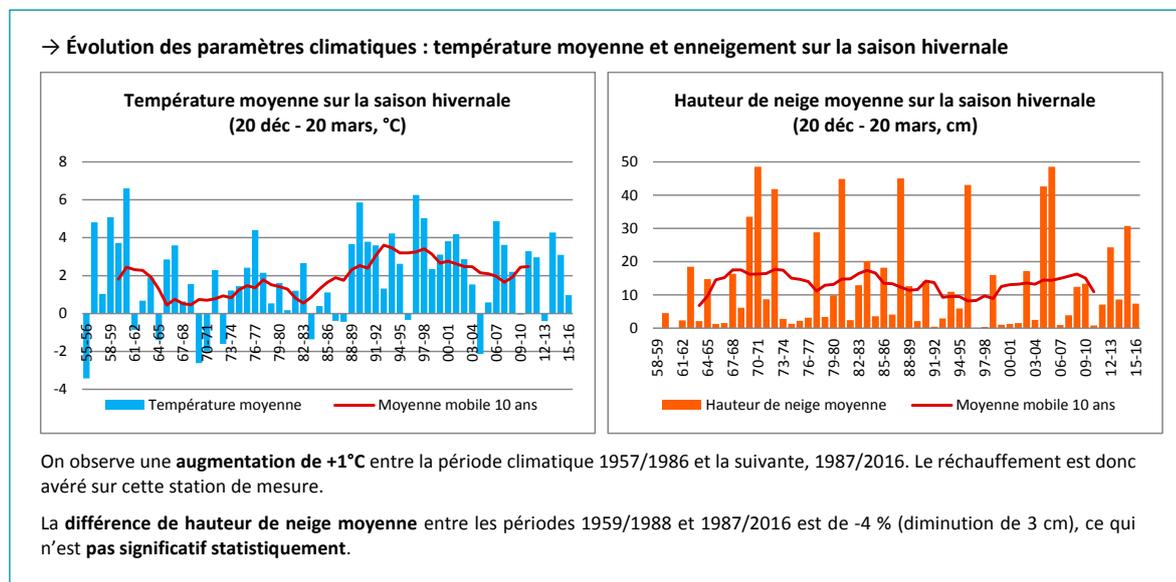
<sup>20</sup> Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand Ouest - Datar 2013.

### 1.5. Évolution de l’enneigement

L’enneigement et les enjeux associés (comme le tourisme ou le stockage naturel de l’eau en hiver) ne constituent pas un enjeu majeur dans le bassin Loire-Bretagne; on ne le retrouve d’ailleurs pas dans l’état des lieux 2013 du bassin<sup>21</sup>. Le bilan des connaissances sur les impacts du changement climatique dans le domaine de l’eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse<sup>22</sup>, explique toutefois : « Le manteau neigeux devrait également subir des modifications en conséquence du changement climatique. Le couvert neigeux devrait diminuer, en volume et en durée (Leblois, 2003). Cette diminution serait prononcée aux basses altitudes et de moins en moins marquée vers les hautes altitudes. La quantité d’eau dans le manteau neigeux devrait donc baisser, avec un pic avancé d’environ un mois en haute altitude (Boé, 2007). »

L’Onerc (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique) a mis en place depuis septembre 2016 un indicateur sur le stock nival dans les massifs montagneux français au 1<sup>er</sup> mai. Cet indicateur ne concerne que les Alpes et les Pyrénées. Il met en évidence que « Au 1<sup>er</sup> mai, le stock nival se réduit sur tous les massifs en moyenne de 20 kg/m<sup>2</sup> par décennie, soit -12 % par rapport à la normale 1981-2010 ».

L’Orecc (Observatoire régional des effets du changement climatique, dans la région Auvergne Rhône-Alpes) a mis au point des indicateurs de suivi sur quelques paramètres climatiques. La synthèse de juin 2017 présente notamment les deux graphes ci-dessous, qui concernent la station du Sancy, au Mont Dore (Puy-de-Dôme).



Extrait de « **Changement climatique et tourisme en Auvergne Rhône-Alpes**  
Températures, enneigement et fréquentation des domaines skiables »  
ORECC – juin 2017

<sup>21</sup> État des lieux du bassin Loire-Bretagne établi en application de la directive-cadre sur l’eau – Comité de bassin Loire-Bretagne – décembre 2013

<sup>22</sup> Impacts du changement climatique dans le domaine de l’eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse - Bilan des connaissances. Agence de l’eau Rhône-Méditerranée et Corse, septembre 2012.

## 2. Une ressource en eau impactée en quantité et en qualité

### 2.1. Température de l'eau

La température de la Loire a déjà augmenté d'environ 0,8°C en moyenne annuelle et estivale au cours du siècle dernier, cette élévation s'accroissant depuis la fin des années 1980<sup>23</sup>. L'étude Explore 2070<sup>24</sup> prévoit une augmentation moyenne de 1,6°C de la température des eaux superficielles, avec des augmentations allant de 1,1 à 2,2°C. Il existe une forte incertitude autour de ces résultats, liée aux incertitudes sur la façon dont la température de l'air va évoluer. Il faut également savoir que la température de l'eau des nappes, qui alimentent les cours d'eau, est réputée comme ne changeant pas par rapport à aujourd'hui dans la modélisation, alors que l'on

sait que l'eau des aquifères se réchauffera très probablement aussi.

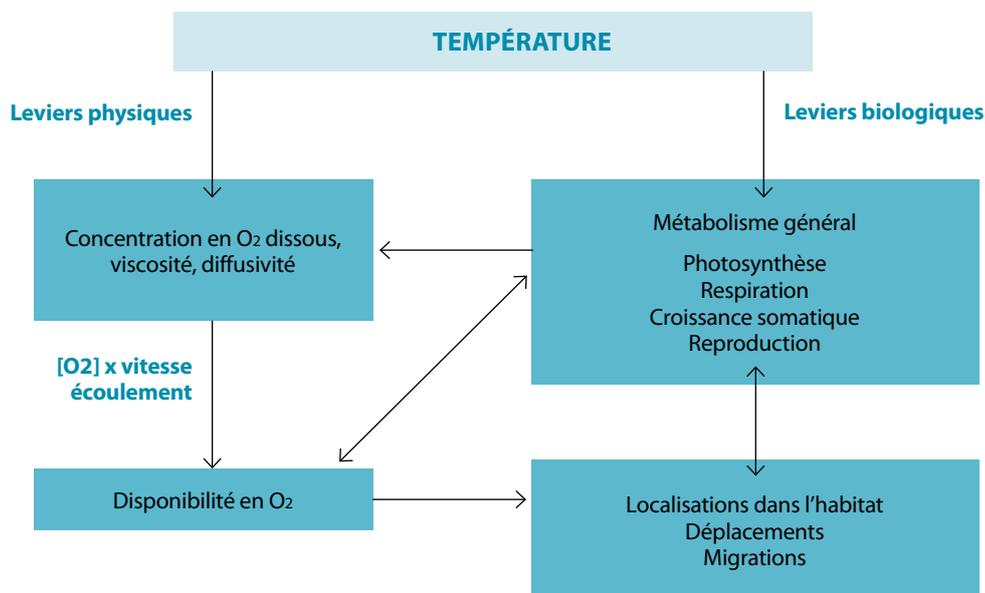
La hausse des températures de l'eau concernera les eaux douces (lacs et rivières) comme les eaux salées (littoral et estuaires). Selon les différents scénarios du GIEC, la température de surface des océans augmentera de 1°C (scénario optimiste) à 3°C (scénario pessimiste). Il faut s'attendre à ce que les plans d'eau, dans lesquels une eau non courante sera soumise à une température de l'air extérieur plus élevée, voient mécaniquement leur température augmenter de façon plus importante. Cela induira également une évaporation plus intense.

### 2.2. Impacts sur la qualité de l'eau

Au-delà de la seule température, la qualité de l'eau aura tendance à se dégrader. L'eutrophisation, stimulée par la chaleur, engendrera une consommation plus importante de l'oxygène. À Montjean-sur-Loire (Maine-et-Loire), la production d'algues pourrait augmenter de 40%<sup>25</sup> (dans l'hypothèse d'apports d'azote et de

phosphore identiques à ceux de 2001 et 2002, avec les projections climatiques et hydrologiques de 2050 dans un scénario pessimiste).

Le schéma ci-dessous explicite les conséquences de l'augmentation de la température sur la concentration en oxygène et les milieux aquatiques.



Processus reliant la température à la disponibilité en oxygène et ses impacts sur les écosystèmes aquatiques (d'après Dumont et al. 2007). Pour rappel, la concentration maximale en oxygène dissous dans l'eau diminue quand sa température augmente. Par exemple, à 10°C, la concentration maximale en oxygène dissous est de 11 mg/L et, à 30°C, cette concentration maximale n'est plus que de 7 mg/L.

<sup>23</sup> Source : Moatar F. et Gaillard J., 2006

<sup>24</sup> Explore 2070 – Ministère chargé de l'environnement

<sup>25</sup> Étude ICC-hydroqual de l'Établissement Public Loire – 2010

Des pluies intenses plus fréquentes (voir plus haut) pourront engendrer, selon les cas (type de sol, labouré ou non..),  
 → un ruissellement et une lixiviation plus importante qui chargeront les cours d'eau en matière organique et en eau peu oxygénée;  
 → un lessivage en profondeur, vers la nappe souterraine, de particules non solubles (comme les argiles par exemple).

L'étude de l'Onema (devenue l'AFB - Agence française pour la biodiversité) sur les populations de poissons<sup>26</sup> cite que « certains facteurs environnementaux comme le rayonnement UV dont la distance de pénétration dans la colonne d'eau est largement dépendante du pH et de la transparence des eaux (deux paramètres pouvant subir l'influence du changement climatique) pourraient venir modifier la toxicité même de certains contaminants, en augmentant la réactivité de ces derniers par un phénomène appelé photo-activation. »

Dans les estuaires et sur le littoral, l'évolution de la qualité de l'eau douce aura des conséquences sur les milieux aquatiques, dont les micro-algues, qui s'ajouteront :

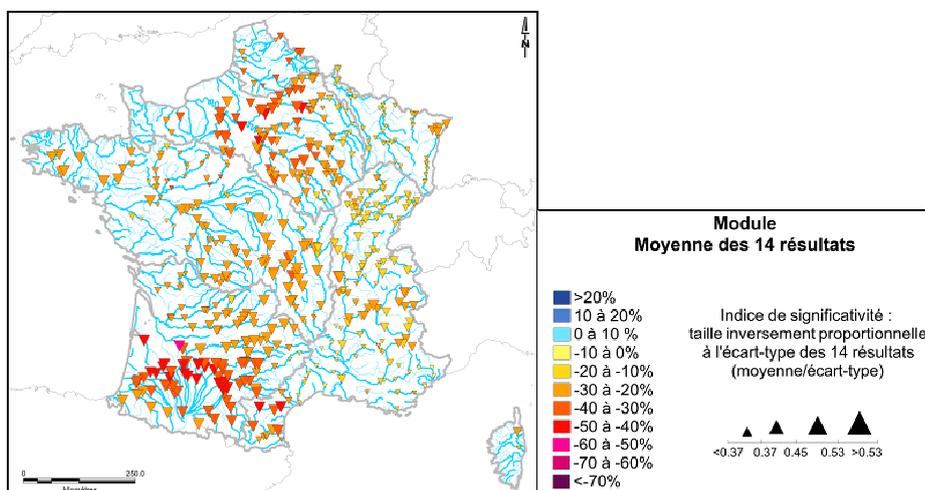
- à l'augmentation de la salinité due à l'apport moins important d'eau douce fluviale (baisse des débits);
- à la baisse du pH (acidification de l'eau due à l'absorption plus importante de CO<sub>2</sub> par les mers et océans); depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle, le pH des océans a déjà diminué de 0,1 unité<sup>27</sup>; cette baisse aura un impact sur la fixation du calcium par les coquillages;
- à la hausse de la température de l'eau de mer, qui peut avoir un impact sur les migrations des espèces;
- à la modification des grands courants océaniques, encore sujette à beaucoup d'incertitudes (notamment à cause de l'impact très difficile à estimer de la fonte des glaces de l'Antarctique).

### 2.3. Évolution des débits

L'étude Explore 2070<sup>28</sup> a permis de modéliser les débits des cours d'eau, ce qui donne une idée de la sécheresse hydrologique. Le résultat de l'étude pour le module (débit moyen annuel) et le QMNA5 (débit minimum mensuel de fréquence quinquennale) est présenté sur les deux

cartes ci-après. Pour chaque point de mesure, 14 résultats de calcul sont disponibles, résultant de simulations fondées sur 2 modèles hydrologiques et 7 modèles de circulation générale (MCG).

#### Évolution du module (débit moyen annuel)



**Évolution relatives possibles (en %) du débit moyen annuel (module) entre 1961-90 et 2046-65. Résultats moyens établis sur 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 modèles climatiques). La couleur des points est fonction de l'intensité du changement et la taille des points est liée à la convergence des 14 simulations.**

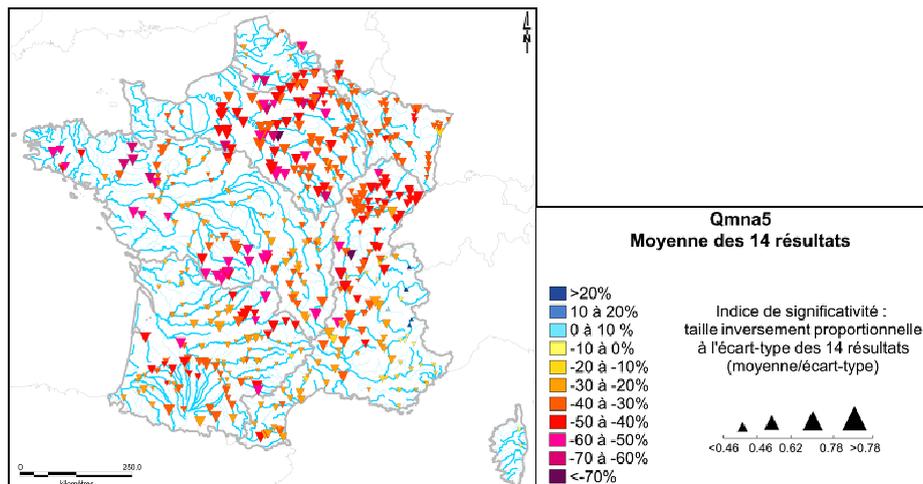
Concernant le module, le bassin Loire-Bretagne sera moins touché par la baisse du débit moyen annuel que les bassins Adour-Garonne et Seine-Normandie. Il faut pourtant bien voir que les modules des cours d'eau devraient tous baisser, de -10 à -40%.

<sup>26</sup> Les poissons d'eau douce à l'heure du changement climatique : état des lieux et pistes pour l'adaptation. Baptiste F., Poulet N., Seon-Massa N. Onema - 2104.

<sup>27</sup> CNRS, L. Bopp, 2015

<sup>28</sup> Explore 2070 – déjà cité

## Évolution du QMNA5 (débit minimum mensuel de fréquence quinquennale)



**Évolution relatives possibles (en %) du QMNA5 entre 1961-90 et 2046-65. Résultats moyens établis sur 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 MCG).**

Dans le bassin Loire-Bretagne, le débit d'étiage accuse une baisse plus marquée que le module, avec des simulations pouvant atteindre -60% sur certains bassins des Pays de la Loire ou du Limousin.

L'étude ICC Hydroqual<sup>29</sup>, qui a réalisé sur la Loire des modélisations différentes de celles

d'Explore, conclut à une baisse des débits des cours d'eau tout au long de l'année avec une plus forte proportion en période estivale. Les débits moyens et les débits d'étiage diminueraient de 25 à 40%.

### Évolution des débits de crue

L'étude Explore n'a pas pu montrer de tendance significative sur la majeure partie du territoire. Le bassin Loire-Bretagne serait plutôt concerné par une baisse de 10 à 20% de la crue journalière de fréquence décennale.

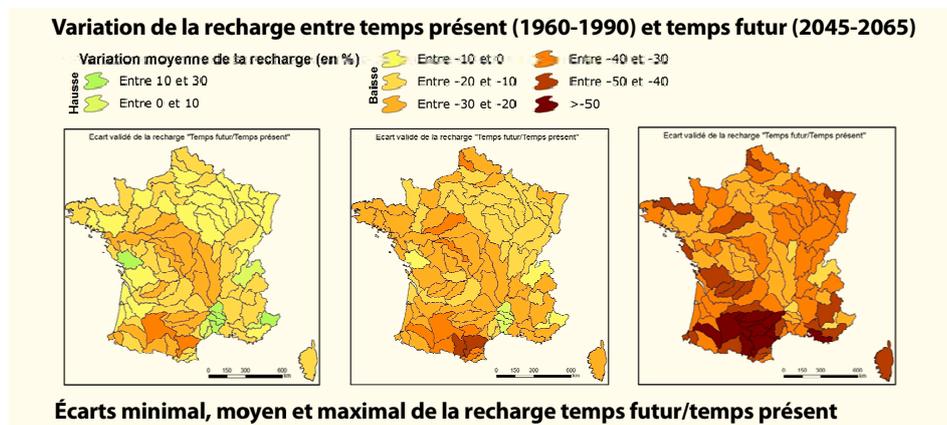
La thèse citée plus haut<sup>30</sup> a également analysé l'évolution des débits. Les résultats convergent avec ceux des études précédentes, avec « une augmentation de l'évapotranspiration, une

diminution des débits et un assèchement des sols ». La thèse a utilisé plusieurs modèles climatiques globaux, et plusieurs modèles de débits. Elle pointe les fortes incertitudes qui influent sur les résultats, mais malgré cela elle conclut que « les changements de débits annuels [seront] plus forts sur la Loire, la Garonne et le Rhône que les changements maximaux observés pendant le XX<sup>ème</sup> siècle ».

## 2.4. Évolution des ressources en eau souterraine

La variation de la recharge des aquifères entre temps présent et temps futur a été étudiée dans le cadre du projet Explore 2070. Mis à part dans le centre de la Bretagne, les écarts

calculés avec différents modèles à partir du scénario A1B indiquent une baisse prévisible de la recharge sur l'ensemble du bassin, celle-ci pouvant atteindre 50%.



<sup>29</sup> Déjà citée

<sup>30</sup> « Évolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies ». G. Dayon, Université de Toulouse - 2015

L'observatoire Oracle de Poitou-Charentes n'a jusqu'à 2016 pas observé de tendance nette à la baisse de la recharge des aquifères.

Un réseau piézométrique géré par le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières)<sup>31</sup> est désormais en place sur le territoire national, avec 8 aquifères surveillés dans le bassin Loire-Bretagne (leur code selon la BDLISA est donné entre parenthèses):

- en Auvergne : chaîne des Puys (153AA)
- en Bretagne: socle breton (2 aquifères: 193AE et 193AA)

→ en Centre-Val de Loire: calcaires de Beauce (107AA), Calcaires du Jurassique supérieur (135AC),

- en Limousin: massif granitique (201AE)
- en Pays de la Loire: Cénomaniens dans le bassin de la Sarthe (123AB05) et sables du Pliocène (104AB).

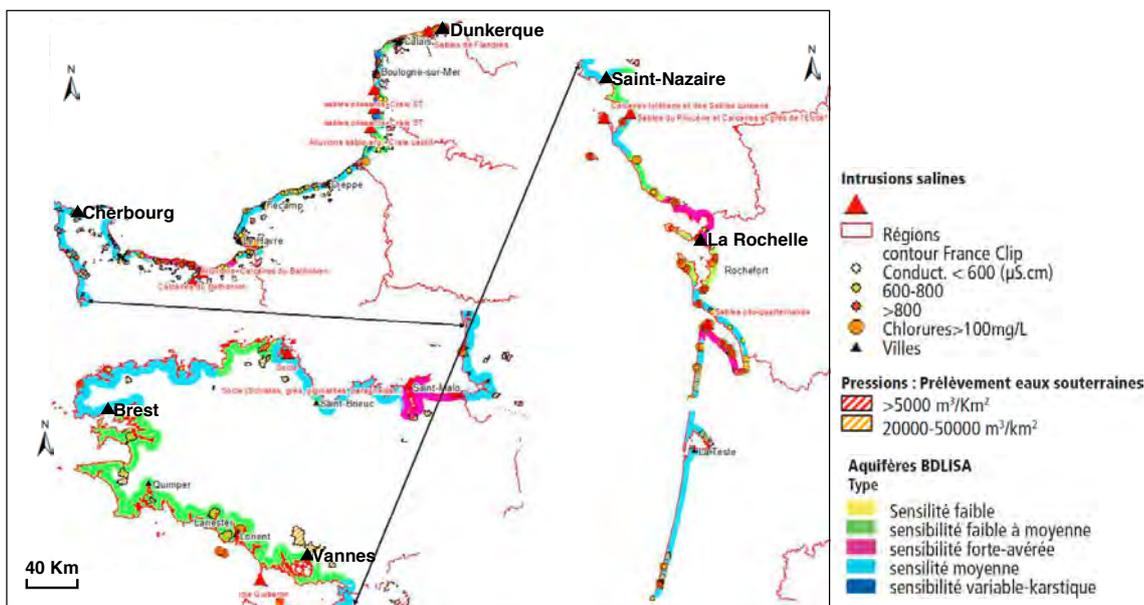
Deux autres aquifères avaient été sélectionnés mais aucun point de suivi répondant aux critères de l'étude n'a pu être trouvé.

### LE CAS DES AQUIFÈRES CÔTIERS

Le BRGM a réalisé deux études<sup>32</sup> sur les conséquences de la montée du niveau de la mer sur les aquifères côtiers, en utilisant des données sur les prélèvements et sur la sensibilité des nappes. Sur

le bassin Loire-Bretagne, c'est la côte nord-est de la Bretagne et la côte nord du Poitou-Charentes qui sont les plus vulnérables.

Façade Atlantique: Région Normande et Nord Pas de Calais, région Bretagne et région Aquitaine.



**Carte de vulnérabilité des nappes souterraines vis-à-vis d'une intrusion saline pour une bande littorale de 5 km de large.**

Le rapport Jouzel sur le changement climatique et le niveau de la mer<sup>33</sup>, indique que pour une élévation de 1,5 m du niveau marin, la migration de l'extension du biseau salé pourrait atteindre 45 m (avec certaines hypothèses de recharge, de profondeur de l'aquifère, et de conductivité hydraulique). Il pointe que pour l'instant, l'impact des prélèvements est plus important que celui de la montée du niveau de la mer.

<sup>31</sup> Vernoux JF (2015) – Réseau de référence piézométrique pour le suivi de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines. Rapport final. BRGM/RP-64858-FR, 51p, 18 fig., 7 tabl., 1 ann.

<sup>32</sup> Dörfliger N., Dumon A., Aunay B., Picot G., avec la collaboration de Moynot C. et de Bollard M. 2011a. Influence de la montée du niveau de la mer sur le biseau salin des aquifères côtiers des DROM/COM. BRGM RP-60828-FR et « Montée du niveau marin induite par le changement climatique: conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers en métropole ». BRGM/RP-60829-FR. Dörfliger N., Schomburgk S., Bouzid M., Petit V., Caballero Y., Durst P., Douez O., Chatelier M., Croiset N., Surdyk N.. Décembre 2011.

<sup>33</sup> Changement climatique et niveau de la mer, de la planète aux côtes françaises, GIEC, mars 2015, volume 5, 71 pages.

## 3. Conséquences du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques et humides et sur les territoires anthropisés

### 3.1. Les écosystèmes

#### 3.1.1. Des écosystèmes d'eau douce impactés par les évolutions de température et de débit

Une étude de l'Onema<sup>34</sup> devenu l'AFB (Cf. supra) s'est intéressée au devenir des populations de poissons dans un contexte de changement climatique. Des effets négatifs seront observables, selon les espèces et l'évolution du milieu :

- sur la fécondité et la survie des œufs ;
- sur la tolérance à une exposition à des substances toxiques ; par ailleurs la toxicité de certaines substances augmente (mais peut également diminuer) avec la température ;
- sur la taille des individus ; leur diminution a déjà été mise en évidence dans les rivières européennes ainsi qu'en mer du Nord en mer Baltique par Irstea (anciennement le Cemagref)<sup>35</sup> : il y a de plus en plus de poissons de petites espèces, comme le spiralin ou l'ablette, et les poissons sont plus petits qu'avant par rapport à la moyenne de leur espèce ;
- sur le processus de bioaccumulation ;
- ...

Le changement climatique pourra causer une perte de « synchronie trophique entre les espèces » : cette expression désigne la bonne cohérence des périodes de prolifération de certains individus avec celles d'individus qui s'en nourrissent.

Des conséquences sont également attendues sur la distribution des espèces, celles-ci pouvant soit s'adapter aux nouvelles conditions de vie, soit migrer vers de nouveaux espaces. Ces mouvements sont d'ailleurs déjà observés, et affectent plutôt les espèces dont la localisation géographique est située à l'amont (zones à truites, zones à barbeau), les autres espèces (dans les zones à brèmes) ayant plutôt tendance à étendre leur aire de distribution. « *De manière générale, l'ensemble des modèles annonce un glissement des aires de répartition des espèces d'eau froide vers les zones amont.* »

L'étude explique également que les poissons ne sont pas les seuls organismes aquatiques qui sont et seront impactés et prend les exemples des cyanobactéries ou des macroinvertébrés. Pour ces derniers, les taxons sont selon les cas favorisés ou au contraire pénalisés par les nouvelles conditions climatiques.

Enfin, l'étude note que « *Le changement climatique ne constitue de fait que l'un des éléments du changement global. Il est donc crucial de souligner*

*que les pressions anthropiques et la modification du climat agissent de concert et tendent à renforcer la vulnérabilité des milieux et de leurs espèces (par exemple le renforcement de l'augmentation de la température de l'eau en réponse à une réduction des débits des cours d'eau).* ».

L. Buisson (thèse de 2009, « Poissons des rivières françaises et changement climatique ; impacts sur la distribution des espèces et incertitudes des projections ») envisage plusieurs impacts sur les populations de poissons, avec notamment une réorganisation des assemblages d'espèces (les espèces thermophiles ou venant de latitudes inférieures devenant dominantes), et une homogénéisation de ces assemblages. Les assemblages de poissons des têtes de bassin-versant devraient subir de plus importantes modifications de leur diversité et de leur composition que ceux situés à l'aval, qui seraient moins affectés.

L. Comte (thèse de 2013, « Changements globaux et distribution spatiale des espèces de poissons d'eau douce : observations récentes et prédictions futures ») envisage que les mouvements de population de poissons induisent des modifications fortes de leur structure et de leur diversité génétique (érosion). Certaines espèces migreraient vers des altitudes plus élevées, tandis que d'autres s'éteindraient et disparaîtraient des habitats les plus exposés au réchauffement.

M. Floury (thèse de 2013, « Analyse des tendances d'évolution de peuplements de macroinvertébrés benthiques dans un contexte de réchauffement des eaux ») explique que sur la Loire moyenne, les taxons rhéophiles (vivant en milieu courant) et psychrophiles (affectionnant les milieux frais) ont eu tendance à décliner ou disparaître depuis les 30 dernières années du fait de l'augmentation des températures de l'eau et dans une moindre mesure de la baisse des débits. Dans le même temps sont apparues des taxons limnophiles (vivant dans les eaux calmes voire stagnantes) et thermophiles, dont des espèces invasives comme la corbicule. Il note aussi que l'amélioration des traitements d'épuration, avec la réduction des apports de phosphore, a permis de compenser au moins en partie l'augmentation du niveau trophique de la Loire attendue avec la hausse de la température moyenne de l'eau et la baisse des débits. Pour la même raison, la dérive progressive vers un assemblage généraliste et pollutotolérant a été partiellement confondue (i.e. masquée).

<sup>34</sup> Déjà cité.

<sup>35</sup> Étude du Cemagref publiée en 2009 dans la *Proceedings of the National Academy of Sciences* et relayée dans la presse.

A. Maire (thèse de 2014: « Comment sélectionner les zones prioritaires pour la conservation et la restauration des communautés de poissons de rivière ? Applications aux échelles de la France et du Pas-de-Calais ») propose une méthode de priorisation afin 1) de déterminer les priorités globales de conservation qui tiennent compte de la biodiversité actuelle et de ses éventuelles modifications dans le futur et 2) d'identifier les mesures de gestion qu'il serait souhaitable de mettre en place en priorité à l'échelle locale pour protéger les milieux naturels et restaurer leurs conditions environnementales naturelles.

Concernant le saumon, une étude est en cours sur l'influence du réchauffement climatique sur la smoltification et sur la migration de dévalaison du saumon de l'Allier par le laboratoire Arago dans le cadre du contrat de projet interrégional Loire et du programme opérationnel interrégional Feder Loire.

Une étude de 2017<sup>36</sup> estime que la moitié des rivières européennes vont changer de régime hydrologique d'ici 2050, la France étant largement concernée. Cela impliquera des changements dans les écosystèmes, et pose au passage la question des « états de référence » définis dans la Directive cadre sur l'eau.

### 3.1.2. Des écosystèmes humides vulnérables, à fort potentiel pour l'adaptation et l'atténuation

La bibliographie sur le rôle de protection et de prévention que jouent les zones humides littorales est abondante, et le Pôle-relais Zones humides a publié en 2015 une bibliographie<sup>37</sup> très complète sur le sujet.

De façon synthétique, parmi les nombreux services écologiques qu'offrent les zones humides, on peut identifier les services suivants comme étant à l'origine du rôle d'« amortisseur climatique » qu'elles jouent<sup>38</sup>:

- le service de régulation du climat à travers le stockage du carbone (rôle dans l'atténuation du changement climatique);
- le service de protection contre les événements climatiques extrêmes;
- le service de maîtrise des crues;
- le service de soutien d'étiage.

Grâce à leur végétation, les milieux humides protègent les rives des cours d'eau et les rivages côtiers contre l'érosion. Ils stockent l'eau dans le sol et diminuent l'intensité des crues, tout en contribuant à la recharge des nappes et au soutien des étiages de cours d'eau.

J. Salmon-Monviola, dans sa thèse<sup>39</sup> de 2017, a mis en évidence l'importance des effets de l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Celle-ci augmente ainsi la minéralisation de l'azote et la dénitrification des sols dans les zones humides.

### 3.1.3. Des écosystèmes littoraux exposés mais indispensables à la résilience des zones côtières

Les conséquences du changement climatique sur le littoral concerneront plusieurs fonctions des organismes marins: leur survie, mais aussi leur croissance, leur calcification, leur capacité photosynthétique...

Deux phénomènes sont attendus sur le littoral:

- La submersion des terres, directement liée à la montée du niveau de la mer;
- L'érosion du trait de côte, c'est-à-dire le recul vers l'intérieur des terres de la ligne marquant la limite qu'atteignent les eaux marines. La montée du niveau de la mer favorise ce phénomène, de même que les événements violents. L'érosion n'est pas forcément compensée par un engraissement (ou accrétion, c'est-à-dire le phénomène inverse de l'érosion) sur une autre portion du trait de côte.

Les projections du GIEC dans son 5<sup>ème</sup> rapport<sup>40</sup> sont moins pessimistes que celles du précédent (qui date de 2007) sur l'élévation du niveau de la mer. Les scientifiques tablent quand même sur une augmentation moyenne de 26 à 98 cm d'ici à 2100. Depuis la publication du rapport, une étude américaine<sup>41</sup> prenant mieux en compte la fonte des glaces de l'Antarctique fait l'hypothèse que celle-ci viendrait ajouter 1 mètre d'ici la fin du siècle.

Pour mémoire, entre 1901 et 2010, les océans se sont déjà élevés de 19 cm tandis qu'à Brest, l'océanographe a relevé une hausse de 25 à 30 cm depuis 1711, avec une accélération depuis les années 50. Les études du GIEC montrent qu'en métropole, 31 % des côtes sableuses sont vulnérables à l'érosion et à la submersion marine.

<sup>36</sup> Laizé C et al. (2017) Projected novel eco-hydrological river types for Europe, *Ecohydrology and Hydrobiology*.

<sup>37</sup> Changement climatique et zones humides – bulletin bibliographique – mise à jour 03/2015 – Pôle-relais zones humides.

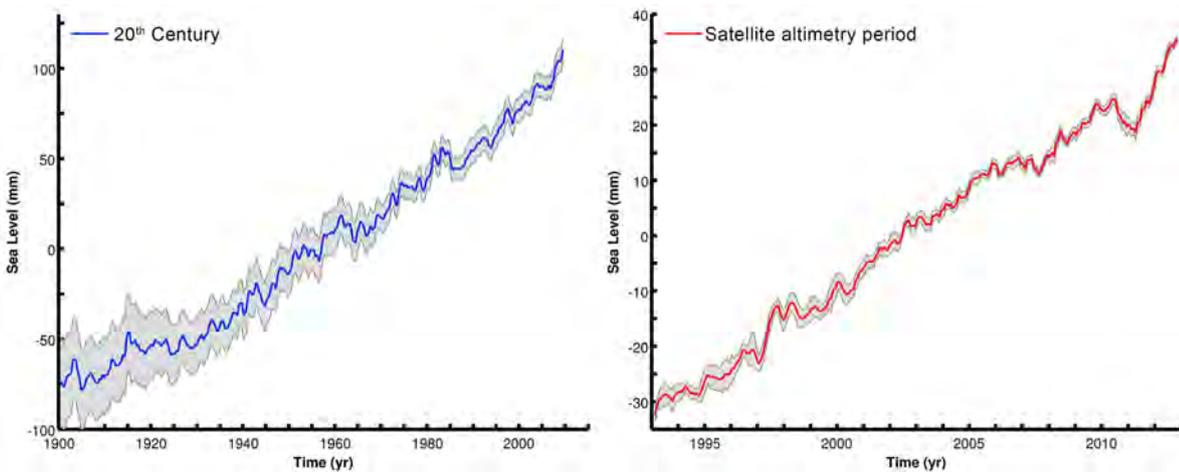
<sup>38</sup> Extrait de « Services écologiques rendus par les zones humides en matière d'adaptation au changement climatique: état des lieux des connaissances et évaluation économique ». Tour du Valat – Arles; Plan Bleu - Valbonne, Avril 2014 – Vaschalde D.

<sup>39</sup> « Modélisation agro-hydrologique spatialement distribuée pour évaluer les impacts de changements climatiques et agricole sur la qualité de l'eau » - 2017 – Jordy Salmon-Monviola – AgroCampus Ouest

<sup>40</sup> 1. GIEC, 2013: Résumé à l'intention des décideurs, *Changements climatiques 2013: Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat sous la direction de Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley*. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique.

<sup>41</sup> DeConte R. (Université du Massachusetts) et Pollard D. (Université de Pennsylvanie) étude publiée dans la revue *Nature* le 31/03/2016 et citée dans *Le Monde* du même jour.

Le graphe ci-dessous<sup>42</sup> présente l'évolution du niveau de la mer.



**Évolution du niveau de la mer en centimètres en moyenne globale pour deux périodes : 1900-2010 (reconstruction à partir de données marégraphiques) à gauche et 1993-2012 (à partir de l'altimétrie spatiale) à droite - (Medde – 2015).**

La modélisation de la submersion marine peut être faite de façon assez simple en superposant le niveau marin simulé à la topographie. Néanmoins, cette simulation inonde des zones basses plus importantes que celles qui le seraient en réalité, car d'autres phénomènes viennent s'ajouter : la hauteur des vagues, les ouvrages de protection, les écoulements... Le BRGM a déjà réalisé localement ce genre de modélisation plus approfondie.

Par ailleurs, au-delà de l'élévation globale du niveau de la mer se pose la question des conséquences du changement de l'amplitude des marées exceptionnelles sur les phénomènes d'érosion comme de submersion.

Un indicateur national de l'érosion côtière a été mis en place<sup>43</sup>. Il présente l'évolution passée de cette ligne ; son élaboration rentre dans la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte. Les cartes sont disponibles sur le site [Geolittoral](http://www.geolittoral.fr) de même que les données cartographiques (*un extrait est présenté ci-contre*). Au-delà de la mobilité du trait de côte, des phénomènes d'abaissement de plage sont observés.

Depuis la fin des années 60, l'accroissement de la population dans les communes du bord de mer est supérieur à la moyenne métropolitaine, et la pression de construction y est plus forte : 12,5 % des logements construits en métropole entre 1990 et 2007 l'ont été sur ces 4 % du territoire<sup>44</sup>. Les cartes de l'évolution de la population publiées dans l'état des lieux 2013<sup>45</sup> illustrent le fait que la bande littorale est soumise à une pression croissante.

Le Ceser Bretagne, qui s'est intéressé aux enjeux de l'eau à l'horizon 2040, relève que 95 % de la population bretonne vit à moins de 60 km de la mer.

**Evolution du trait de côte (carte de France)**

- Accrétion supérieure à 0,5 m/an
- Accrétion inférieure à 0,5 m/an
- Erosion inférieure à 0,5 m/an
- Erosion supérieure à 0,5 m/an



**Évolution du trait de côte en métropole**

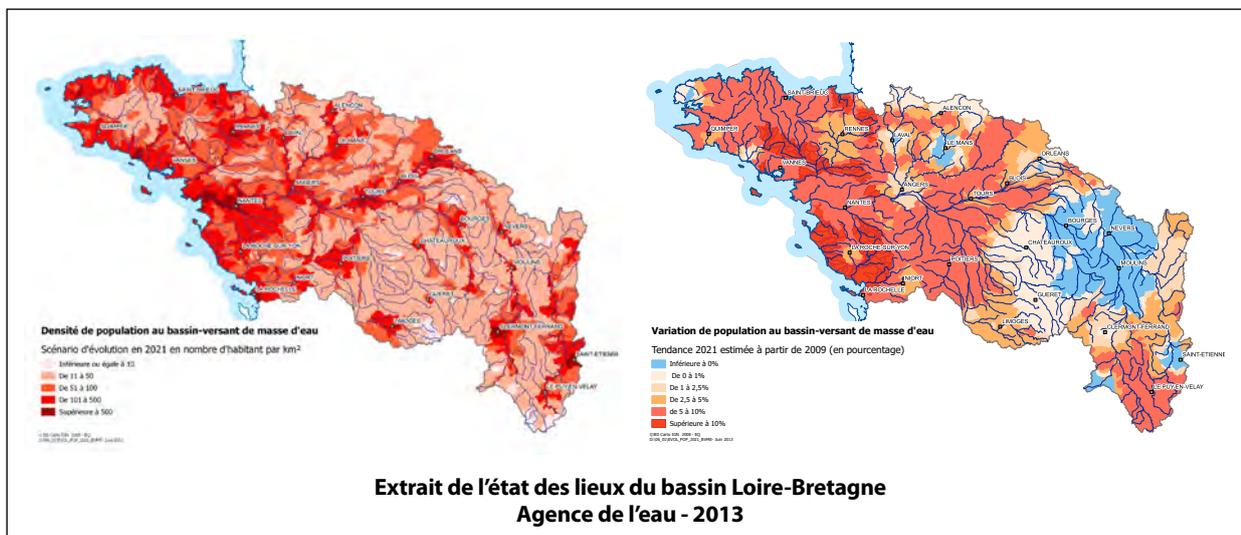
(Source : geolittoral)

<sup>42</sup> D'après Church et White (2011) et Cazenave et Le Cozannet (2014) dans le rapport « changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises » constituant le 5<sup>ème</sup> volume de « Le climat de la France au XXI<sup>ème</sup> siècle » (Medde, 2015).

<sup>43</sup> « Développer la connaissance et l'observation du trait de côte – contribution nationale pour une gestion intégrée ». Cerema - Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie. 2015. Les données sont disponibles sur le portail [Geolittoral](http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr) ([www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr](http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr))

<sup>44</sup> Alternatives économiques, septembre 2016, citant les chiffres du Commissariat général au développement durable (Études et documents n°32).

<sup>45</sup> Déjà cité



Les habitats naturels côtiers participent à la résilience du milieu, en jouant un rôle de « tampon » vis-à-vis de l'érosion comme de la submersion. Ils amortissent l'énergie des vagues et des tempêtes (et protègent du même coup les biens et les personnes), constituent des réserves de biodiversité, et des espaces naturels de qualité.

Suite à la tempête Xynthia, de nombreuses études ont été réalisées pour essayer d'anticiper sur les risques futurs et les dégâts potentiels. Cette tempête, qui est venue après les tempêtes Lothar et Martin en 2009, a en effet suscité une prise de conscience du fait qu'une protection totale par endiguement n'était pas réaliste. Des alternatives sont à trouver.

Des expérimentations sont en cours pour envisager d'autres solutions d'adaptation pour le littoral. Le projet européen Adapt'O en fait partie, avec un site situé à Lancieux (Côtes d'Armor). Cet ancien polder aménagé depuis le Moyen-Âge a été racheté par le Conservatoire du littoral, qui mène une concertation sur les aménagements possibles qui concilieraient restauration et protection de la biodiversité d'une part, et protection des populations d'autre part.

De façon plus générale, l'adaptation du littoral au changement climatique est à envisager à une échelle géographique plus large que celle de la seule zone potentiellement inondable, que ce soit :

- vers l'intérieur des terres, qui sera concerné par une réflexion sur le repli de certaines activités, la conservation ou la restauration des services écosystémiques rendus, l'évolution du front de salinité et du biseau salé aquifère...
- ou vers le milieu marin, concerné par les réflexions sur les conséquences de l'évolution

de la qualité des eaux, l'élévation du niveau de la mer, la modification de la faune et de la flore...

Dans le cadre d'une étude sur le marais de Mortagne, la région Aquitaine mène avec l'Irstea une étude qui envisage la dépolderisation comme une opportunité pour recréer des zones de nurserie pour les poissons. Ce marais est en effet submergé depuis que sa digue de protection a cédé lors de la tempête Martin en 1999; il a été rapidement recolonisé par les poissons et les crustacés. L'étude, à poursuivre, analyse les intérêts stratégiques, économiques et écologiques de cette submersion.

Le BRGM a réalisé une étude<sup>46</sup> sur l'adaptation au changement climatique et les coûts associés pour les risques côtiers, en croisant les enjeux actuels avec les aléas et en utilisant des coûts moyens de référence (coût de la submersion temporaire d'un logement, coût de reconstruction d'une entreprise...) ainsi que diverses hypothèses. Il en ressort que le coût des dommages potentiels dus à l'érosion et la submersion marine permanente (l'hypothèse prise étant celle d'une élévation de 1 mètre du niveau de la mer) est plus important que les coûts des dommages potentiels dus à la submersion marine temporaire. Les stratégies d'aménagement ont tout intérêt à s'appuyer sur ce type d'évaluation.

Dans le cas du littoral, comme pour d'autres territoires du bassin, l'adaptation au changement climatique gagne à être abordée pas uniquement comme une contrainte, mais également comme une opportunité pour repenser certaines politiques ou habitudes et en tirer finalement un bénéfice partagé entre le milieu naturel et les activités humaines.

<sup>46</sup> « Impacts du changement climatique – Adaptation et coûts associés en France pour les risques côtier ». BRGM, Groupe de travail « risques naturels, assurances et adaptation au changement climatique » : G. Le Cozannet, N. Lenôtre, P. Nacass, C. Perherin, C. Vanroye, C. Peinturier, C. Hajji, B. Poupat, C. Azzam, J. Chemitte, F. Pons – 2009

### 3.2. Les territoires anthropisés

La problématique de l'adaptation des villes au changement climatique est une illustration de la nécessité de prendre en compte le petit cycle comme le grand cycle de l'eau :

→ petit cycle car les villes, notamment sur le littoral, auront à faire face à des tensions plus importantes sur la ressource en eau pour garantir l'alimentation en eau potable des populations ;

→ grand cycle car les villes, avec le phénomène des îlots de chaleur urbains, et la possible augmentation de la fréquence des événements secs ou pluvieux intenses, devront trouver des solutions pour entretenir des espaces verts en été tout en absorbant rapidement de grandes quantités d'eau.

La présence de végétation en ville a des bénéfices qui dépassent le fait de faire baisser localement la température (celle-ci baissant plus vite dans les zones moins denses où il y a de la végétation) : les plantes filtrent l'air, peuvent absorber l'eau pluviale, ... La végétalisation est plus efficace que l'arrosage des rues lors des épisodes de chaleur (surface peu importante des routes, effet qui est ressenti surtout au ras du sol...). Son développement est cependant actuellement peu compatible avec la tendance observée à la minéralisation des villes, avec de grands espaces dallés. Le rôle des cours d'eau pour rafraîchir les villes semble quant à lui limité, la fraîcheur étant transportée le long des fleuves sans bénéficier aux espaces latéraux<sup>47</sup>.

Une thèse de M. Hendel réalisée avec l'Onema devenu l'AFB (Cf. supra) avait pour objet : « Rafraîchir les villes de demain : quels (nouveaux) usages de l'eau ? » Si l'arrosage de la chaussée permet, *via* la vapeur d'eau émise, de rafraîchir l'atmosphère (de 1.3°C en température ressentie), la généralisation de cette solution entraînerait une consommation d'eau supplémentaire de 25 litres d'eau par jour et par habitant (dans l'exemple pris, dans le centre de Paris). La thèse envisage plutôt alors la combinaison de solutions : végétation haute et basse, matériaux frais sur les toitures, façades et revêtements...

Certaines villes, comme Nantes (Loire-Atlantique), ont déjà mis en place des capteurs de température et d'humidité, afin d'identifier les quartiers et comprendre, grâce à ces données, les liens entre formes de quartiers, caractéristiques, lieux et températures.

Dans le cas des villes, l'adaptation au changement climatique peut aussi être envisagée comme une opportunité pour rendre la ville plus verte et plus agréable.

Une étude menée conjointement par Météo-France, l'Office national des forêts et l'inventaire forestier national montre qu'il faut s'attendre à une augmentation de la sensibilité de la végétation aux incendies de forêts estivaux.

Une étude<sup>48</sup> pilotée par l'Établissement Public Loire s'est intéressée à la vulnérabilité des zones bâties inondables du corridor ligérien, afin de mieux anticiper les effets du changement climatique sur les régimes hydrologiques de la Loire. Elle a permis de collecter des données et d'élaborer des méthodes.

<sup>47</sup> Environnement et technique, juillet 2016

<sup>48</sup> Établissement Public Loire – Programme de recherche sur la connaissance des vulnérabilités des activités humaines et des milieux du bassin de la Loire par rapport aux effets du changement climatique sur les régimes d'inondation et de sécheresse - 2011

## 4. Conséquences du changement climatique sur les usages actuels et à venir de l'eau

D'une manière générale, les conséquences sur les activités humaines ont été analysées par les Ceser, notamment ceux des Pays de la Loire et de Bretagne (déjà cités). Le Ceser Bretagne pointe ainsi le fait que « la limitation de l'usage de l'eau serait susceptible de devenir un frein au développement économique de certaines activités en Bretagne. » Il pose la question de la définition d'une « empreinte eau des productions et des activités », qui pourrait devenir « un nouvel indicateur, ou une clause d'éco-conditionnalité des produits marchands ».

### 4.1. L'agriculture

L'activité agricole est très liée au climat et les agriculteurs ont à la fois constaté certains changements climatiques et commencé à mettre en place des stratégies d'adaptation. L'atténuation du changement climatique fait également l'objet de beaucoup de recherches et projets, par exemple avec le programme « 4 pour 1000 » qui vise à augmenter chaque année le stock de carbone des sols de 4 pour 1000 (et dans le même temps la séquestration de carbone).

En 2003, dans une étude prospective sur l'eau et les milieux aquatiques<sup>49</sup>, l'INRA et le Cemagref pointaient l'eau et les risques qui lui sont liés (inondations, sécheresses...) comme un enjeu majeur du développement local. Déjà, le caractère nécessairement local de la gestion était souligné : comme le besoin, la ressource dépend de conditions qui varient, et varieront, dans le temps et dans l'espace. Différents scénarios prospectifs sont envisagés, avec des hypothèses sur le marché de l'eau potable, la politique agricole commune, les politiques territoriales,...

Une conséquence très importante pour l'agriculture concerne la baisse de la disponibilité de la ressource en eau, liée d'une part à la baisse attendue des précipitations estivales (sans signal clair d'une augmentation des précipitations hivernales) et à l'augmentation de l'évapo-transpiration potentielle. Une possibilité d'adaptation réside dans la construction de retenues qui stockeraient l'eau en hiver. L'incertitude qui pèse sur l'évolution des précipitations hivernales, ajoutées aux autres enjeux environnementaux, rend

nécessaire la réalisation d'études d'impact détaillées. D'autre part, une étude est en cours<sup>50</sup> qui a pour objectif d'expertiser l'impact cumulé des retenues d'eau sur un bassin-versant.

Toutefois, la problématique de la quantité ne doit pas occulter les conséquences du changement climatique qui affecteraient la qualité des eaux. En effet, la lutte contre certains ravageurs dont l'expansion est déjà constatée (comme la pyrale du chou) pourrait conduire à une utilisation plus importante de produits pesticides, créant ainsi un risque de pollution diffuse.

Certaines conséquences du changement climatique seront très directes : par exemple, le fait qu'il y ait moins de précipitations estivales entraînera mécaniquement une augmentation de la concentration des lisiers dans les fosses qui ne sont pas couvertes (ce phénomène a déjà été observé).

Les observatoires Oracle, mis en place par les Chambres d'agriculture de Poitou-Charentes et Pays de la Loire, et dont la mise en place dans d'autres régions est en cours, regroupent divers indicateurs, (dont certains ont été présentés plus haut) :

- sur le changement climatique : cumul de précipitations...
- sur « l'agro-climat », i.e. des indicateurs climatiques particulièrement pertinents pour l'agriculture comme le nombre de jours échaudants au printemps...
- sur les impacts agricoles : date de récolte du maïs grain...
- sur les adaptations : date de semis du blé tendre d'hiver...
- sur les atténuations : surfaces en légumineuses à graines en grande culture...

Fondés sur des observations passées, ils mettent en évidence, ou pas, des indices du changement climatique en cours.

Les chambres d'agriculture cherchent à améliorer leurs connaissances pour mieux anticiper les effets du changement climatique. Outre Oracle qui s'intéresse à l'évolution passée du climat, elles développent des outils comme :

- Agri-accept, qui consiste en une projection tendancielle de variables climatiques à moyen terme ;
- CLIMA XXI, qui modélise les effets du changement climatique à une plus longue échéance.



 Champs de blé.  
© Jean-Louis Aubert

<sup>49</sup> INRA, Cemagref – Prospective, l'eau et les milieux aquatiques, enjeux de société et défis pour la recherche – décembre 2003

<sup>50</sup> Étude en cours de l'Irstea, l'Inra, l'Onema (AFB) et le Ministère chargé de l'Environnement.



Le projet Climator a été mené de 2007 à 2010 sous maîtrise d'ouvrage de l'agence nationale pour la recherche. Il a établi une évolution potentielle du climat à partir de différentes hypothèses, puis caractérisé l'agriculture française par un nombre limité mais représentatif de productions végétales, de sites, de sols et d'itinéraires techniques. Cela a permis d'observer les impacts potentiels du changement climatique. Les conclusions sont organisées

→ **par thème**, avec

- **le timing** ; diverses possibilités de modification des calendriers culturaux pour répondre à l'augmentation des températures sont envisagées ;
- **l'eau** ; le bilan hydrique sera de plus en plus déséquilibré ; cela se fera sentir sur le confort hydrique des cultures pluviales, et sur les capacités d'irrigation des cultures irriguées ;
- **l'irrigation** : les besoins vont évoluer et le rapport considère l'avancée des calendriers d'irrigation, renforcée par des choix variétaux plus précoces, comme une adaptation efficace à la moindre disponibilité en eau. « *La baisse probable des précipitations hivernales, généralisée dans le futur lointain, entraînera des difficultés de recharge des aquifères.* »

*Les projets d'accroissement des capacités de stockage d'eau pour l'irrigation devront en tenir compte.»*

- **la matière organique**, dont le stock dans le sol dépend beaucoup du système de culture ;
- **la santé**, avec une baisse de la pression des maladies fongiques pour les trois exemples étudiés grâce à une moindre humidité ;
- **le rendement**, dont les facteurs limitants dépendront plus fortement des conditions d'alimentation hydrique et des fortes températures en fin de cycle ;

→ **par culture**. « *Le changement climatique, tel qu'il est prévu par les modèles climatiques, ne provoquera ni dégradation ni amélioration générale des possibilités de culture.* » Pour chaque culture (blé, maïs, sorgho, prairie, colza, tournesol, vigne ainsi que pour la forêt et l'agriculture biologique), les opportunités et les vulnérabilités sont ainsi passées en revue ;

→ **par région** (sud-ouest, centre-est...)

Centrée sur le grand Ouest, l'étude Climaster s'est intéressée aux évolutions des systèmes agricoles et des ressources naturelles. Ses résultats indiquent :

- que le climat a déjà changé dans l'Ouest ;
- que la conduite des surfaces fourragères (herbe et maïs) devrait être plus souple, même si des incertitudes persistent ;
- que la ressource en eau est fragilisée et plus variable, et l'érosion des sols plus fréquente ;
- que les agriculteurs sont ouverts à la réflexion, pour peu qu'ils se reconnaissent dans les systèmes agricoles de référence choisis et que la réflexion soit positionnée par rapport à des situations ou des accidents vécus. La problématique de la qualité actuelle de l'eau rend difficile le questionnement à long terme.

La prairie devrait profiter de la plus forte concentration en dioxyde de carbone de l'atmosphère, qui lui permet de mieux récupérer après un épisode de sécheresse<sup>51</sup>, en stimulant la croissance des racines (permettant ainsi une repousse plus rapide après la fin de l'épisode de sécheresse). L'observatoire Oracle de Poitou-Charentes n'a pas observé d'évolution de la date de reprise de la végétation. La Dreal Pays de la Loire<sup>52</sup>, en exploitant les données d'Explore 2070 et celles de Climator, envisage une avancée des dates de mise à l'herbe, sous réserve d'une portance des sols suffisante.



 **Vignes du coteaux du Layon au moulin de Guérim près de St Aubin de Luigné (Maine-et-Loire).**  
© Jean-Louis Aubert

Le programme «Life-Adviclim», piloté par plusieurs organismes de recherche français et européens, a pour objectif de faire des « observations à haute résolution des scénarios d'adaptation et d'atténuation pour la viticulture ». Le Val de Loire fait partie des sites d'expérimentation et de démonstration ; il a été équipé d'un réseau d'outils de mesures agroclimatiques à l'échelle locale des vignobles. Les viticulteurs peuvent ainsi évaluer les impacts du changement climatique sur leurs parcelles et simuler des scénarios d'adaptation.

## 4.2. Les conséquences sur le petit cycle de l'eau

La production d'eau potable sera affectée par le changement climatique de plusieurs façons :

- en termes de **qualité**. Comparativement aux autres bassins français, le bassin Loire-Bretagne a plus recours aux eaux superficielles pour la production d'eau potable, or il s'agit d'une ressource plus sensible à la pollution, à l'évaporation, et qui nécessite plus d'énergie pour être rendue potable. Le développement des cyanobactéries, favorisé par le réchauffement des eaux, complique le traitement de l'eau en interdisant le recours à certaines techniques (comme l'ultrafiltration).
- en termes de **quantité**, avec des conflits d'usages potentiellement plus fréquents dans un contexte de raréfaction de la ressource à certaines périodes de l'année.

La réutilisation des eaux usées traitées fait partie des solutions envisageables pour s'adapter à la raréfaction de la ressource. Irstea et Ecofilae ont réalisé des études coûts/bénéfices sur trois projets existants<sup>53</sup>, en comparant la situation

actuelle avec une situation où le projet n'aurait pas été mis en œuvre : réutilisation d'eaux usées d'une sucrerie et d'une Step près de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme), arrosage d'un golf à partir d'une Step dans le Morbihan et un cas de multi-usages des eaux usées traitées.

L'étude souligne que, pour que la réutilisation des eaux usées traitées soit réellement intéressante, en sus des contraintes réglementaires éventuelles, devraient être remplies :

- une demande à proximité de l'offre en eaux usées traitées pour minimiser les investissements nécessaires en matière de réseau de distribution et assurer une certaine rentabilité économique et financière pour les différents acteurs concernés ;
- un respect de certains critères qualitatifs et quantitatifs des masses d'eau à la fois réceptacles des eaux de la station d'épuration et des eaux qui feraient l'objet de substitution par les eaux usées traitées.

<sup>51</sup> Roy J. (CNRS) et Picon-Chochard C. (Inra) - 2016

<sup>52</sup> Zoom sur le changement climatique, la ressource en eau et l'agronomie en Pays de la Loire – Dreal - 2013

<sup>53</sup> S. Loubier et R. Declercq, Analyses coûts-bénéfices sur la mise en œuvre de projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUSE) - application à trois cas d'études français, juin 2014, éd. Irstea, 37 p.

L'étude aborde seulement le premier point. Elle indique que le second, normalement préalable au premier, est particulièrement important et est de nature à nuancer très fortement les opportunités quantitatives de réutilisation des eaux usées traitées. Il est en effet difficilement envisageable de supprimer un rejet de station d'épuration en période estivale dans un cours d'eau dont le débit objectif d'étiage (DOE) est difficilement atteint. Cela pourrait être envisageable si les eaux usées traitées sont utilisées par un usager remplaçant un prélèvement dans cette même masse d'eau. À l'opposé, des rejets en mer pourraient être partiellement supprimés si une demande locale existait.

L'analyse coûts-bénéfices a identifié des conditions de « succès ». En premier lieu, la proximité géographique de la station d'épuration et des utilisateurs potentiels de l'eau réutilisée (agriculteurs, golf...) minimise les coûts d'investissement en matière de réseau de distribution. Ensuite, le coût de traitement prohibitif des eaux de la sucrerie ou la nécessité de satisfaire la croissance de la demande future en eau potable à Sainte-Maxime (Var) compte tenu des projets de développement urbain, ont contribué à rendre économiquement intéressants ces projets. Enfin, troisième condition de succès repérée, l'existence de liens contractuels entre les fournisseurs des services de réutilisation des eaux usées et les usagers. Ce travail a aussi mis en lumière le fait que, dans certains cas, les acteurs qui supportent les coûts du projet de réutilisation des eaux usées ne sont pas ceux qui en tirent le plus de bénéfices. Les analyses économiques peuvent donc aider à chercher des solutions financières de compensation (tarification, modulation de subventions) pour se rapprocher de solutions gagnant / gagnant et obtenir une certaine équité dans la répartition du bénéfice collectif. Ce sera sûrement le cas dans le Morbihan où le golf est le principal bénéficiaire, alors que les porteurs du projet et les financeurs supportent un coût net.

De même la recharge artificielle de nappe est envisageable moyennant des précautions énoncées par l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail)<sup>54</sup> afin de ne pas hypothéquer l'avenir et compromettre l'atteinte du bon état. De plus, cette solution dépend fortement du contexte local et des modalités de recharge naturelle des aquifères.

Concernant les rejets, la baisse attendue des débits d'étiage et l'augmentation de la température naturelle de l'eau nécessitera de réexaminer les conditions des rejets polluants dans les cours d'eau, dont la capacité de dilution sera amoindrie. À l'autre extrémité des valeurs de débit, le dimensionnement des déversoirs d'orage devra être repensé afin de limiter les apports ponctuels très importants d'une eau peu oxygénée et potentiellement chargée en contaminants.

Enfin, la vigilance sera nécessaire concernant les nombreux projets qui émergent visant à atténuer les émissions de gaz à effet de serre par les stations d'épuration, voire à en extraire de l'énergie. En effet, il est possible de mettre au point des solutions techniques pour augmenter la valeur des boues, voire valoriser les émissions (de méthane, par exemple). Il conviendra donc de ne pas perdre de vue que l'objectif premier d'une station d'épuration doit rester de rejeter dans le milieu naturel une eau dont la qualité ne compromet pas l'atteinte du bon état.

### 4.3. L'industrie

Les industriels n'ont pas attendu le changement climatique pour mettre en place des processus économes en eau, et ces économies seront de plus en plus intéressantes, aussi bien pour garantir la continuité de l'accès à la ressource qu'un coût maîtrisé. De nombreux industriels ont déjà mis en place une réutilisation de l'eau sur leur site. C'est le cas des betteraviers (comme celui d'Artenay dans le Loiret par exemple), de l'abattoir de la Cooperl à Lamballe (Côtes-d'Armor)...

L'eau étant souvent utilisée comme moyen de refroidissement à certaines étapes des processus, la température des rejets pourrait également poser plus de problèmes à l'avenir. Les solutions déjà existantes consistent par exemple à utiliser des bassins tampons, à stocker l'eau le temps qu'elle refroidisse...

Le Ceser Pays de la Loire<sup>55</sup> relève que lors des épisodes de fortes chaleurs de juillet 2015, les ventes de glaces, de sirops ou encore de bière

<sup>54</sup> ANSES, *Avis de l'Anses, Risques sanitaires liés à la recharge artificielle de nappes d'eau souterraine, rapport d'expertise collective, avril 2016, 192 p.*

<sup>55</sup> *Impacts du changement climatique et mesures d'adaptation en Pays de la Loire- Ceser - 2016*

ont explosé (de +20% à +45%). Au-delà du fait que ces produits industriels sont fabriqués à base d'eau et que leur production constitue une pression sur la ressource, on peut y voir une opportunité économique.

#### Le cas de la production d'électricité

L'eau est présente dans tous les processus de fabrication d'électricité, que ce soit :

- comme force motrice, dans les centrales hydroélectriques, les usines marémotrices, les hydroliennes,
- comme vecteur de chaleur, dans les turbines des centrales thermiques,
- comme moyen de refroidissement.

EdF a réalisé des études visant à modéliser la température des rivières à l'horizon 2035, et mis en place une stratégie qui consiste à disposer de modèles prédictifs à différentes échelles de temps, à augmenter la résistance des ouvrages actuels et intégrer les conséquences du changement climatique dans la conception des ouvrages futurs, et à renforcer la résilience des ouvrages aux aléas climatiques extrêmes<sup>56</sup>. Des travaux ont déjà été engagés par exemple pour améliorer l'efficacité du refroidissement par temps chaud, et des mesures d'adaptation prises (comme le fait de favoriser la production des centrales de bord de mer en été).

L'Établissement Public Loire a réalisé des études sur l'adaptation du mode de gestion du barrage des barrages de Villerest (Loire) et Naussac (Lozère) sous l'effet du changement climatique. Après avoir appréhendé les effets du changement climatique et des usages de l'eau sur le fonctionnement des barrages, ces études ont cherché à identifier les meilleures stratégies d'adaptation de leur gestion. Différents modèles ont permis de tester plusieurs cas de fonctionnement. Ces études ont montré une augmentation significative des besoins en soutien d'étiage des barrages de Villerest et Naussac d'ici 2065, de l'ordre de 116 millions de m<sup>3</sup> pour assurer un objectif de 50 m<sup>3</sup>/s à Gien (Loiret), à usage et objectifs égaux.

Cette valeur correspond environ au double des prélèvements moyens actuels à l'étiage sur la Loire et l'Allier réalimentés en amont de Gien et correspond à l'ordre de grandeur du volume maximum prélevé. La Loire et l'Allier constituent donc des ressources d'ores et déjà limitées, et qui le seront encore davantage dans les années à venir sous l'effet du changement climatique.

#### 4.4. La pêche

Les conséquences du changement climatique sur les milieux aquatiques et les populations de poissons (voir plus haut) auront des conséquences sur toute l'industrie de la pêche. Cela est également probable pour les piscicultures en circuit fermé, qui seront confrontées à la difficulté de maintenir la température de l'eau des bassins à un niveau acceptable pour les poissons.

#### 4.5. Le tourisme

Le Ceser Pays de la Loire a relevé<sup>57</sup> que le changement climatique constitue une opportunité pour certains secteurs d'activité, comme le tourisme. Il est en effet probable que les estivants délaisseront les côtes méridionales devenues trop chaudes et soumises à des épisodes caniculaires plus fréquents, pour le littoral de la côte Atlantique. Ce sera probablement vrai également pour la Bretagne, la Normandie... Le Ceser note toutefois que ce développement du tourisme est conditionné par l'existence d'un littoral préservé.

<sup>56</sup> Source : EdF, présentation devant le comité de bassin Seine-Normandie, 2013

<sup>57</sup> Déjà cité





Édition : Agence de l'eau Loire-Bretagne, DEP-DIC - DTP 654

Photos de couverture : © Jean-Louis Aubert

Crédits iconographie : Jean-Louis Aubert, Laurent Mignaux (Terra), Starcevic, Efil, Étienne Bouju, Christophe Brochier, Météo France, ORECC, MEDDE, Geolittoral

Réalisation : Efil 02 47 47 03 20 / [www.efil.fr](http://www.efil.fr) - Coordination : Anne-Paule Duboulet et Christophe Brochier

ISBN (PDF) 978-2-916869-82-7 - dépôt légal : juin 2018

