



Territoire du SAGE et
Changement climatique

Vulnérabilité &
Adaptation

Table des matières

Préambule.....	5
Du septissisme à l'évidence scientifique et à l'action politique.....	6
Vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique.....	8
I. Préambule.....	8
a. Quelques définitions.....	8
b. Evolutions hydroclimatiques en Nouvelle-Aquitaine.....	8
II. Evolution des variables climatiques.....	8
c. La température de l'air.....	9
d. La température de l'eau.....	10
e. Les précipitations.....	12
f. L'évapotranspiration.....	14
g. Le niveau des mers, les vagues et les marées.....	14
h. Le niveau piézométrique des nappes.....	15
III. Impacts prévisibles du changement climatique.....	16
IV. Conclusion.....	23
Stratégies d'adaptation aux effets du changement climatique.....	24
I. Définitions pour un langage commun.....	24
II. Stratégies d'adaptation.....	24
a. Température des cours d'eau.....	24
b. Productivité piscicole.....	26
c. Peuplements forestiers.....	26
d. Agriculture.....	26
e. Aménagement du territoire, urbanisation.....	27
III. Conclusion.....	28

Liste des tableaux

Tableau 1: Impacts prévisibles du changement climatique sur l'environnement. Liste non exhaustive. En italique, tendances possibles (impacts à vérifier) (Sources : ACCLIMATERRA, 2018 ; AEAG, 2014 ; AERMC, 2016 ; ClimA-XXI – Dordogne, 2011 ; ADAPTA CLIMA II – CA24, 2014 ; Eaucéa-EPIDOR Dordogne 2050, 2018 ; CESER Pays de la Loire, 2016 ; INRA, 2009 ; CEP, 2013).....	22
Tableau 2 : Exemples de solutions fondées sur la nature pour lutter contre les changements climatiques (Source : UICN Comité Français, 2016).....	30

Liste des figures

Figure 1: Climat, eau et territoire. Conséquences prévisibles du changement climatique (Source : Eaucéa & al., Dordogne 2050, 2018).....	5
Figure 2 : Hausse des températures depuis 1850 (Source : GIEC Thibaut CAROLI, 5ème rapport du GIEC).....	6
Figure 3 : Elévation des niveaux de mers (Source : GIEC Thibaut CAROLI, 5ème rapport du GIEC).....	6
Figure 4 : Ecart de la température moyenne annuelle par rapport à la normale calculée pour la période 1981-2010.....	9
Figure 5 : Température moyenne annuelle en France, de 1900 à 2008 (Source : MétéoFrance).....	9
Figure 6 : Température moyenne annuelle à Bordeaux-Mérignac, de 1900 à 2000 (Source : Eaucéa, 2008).....	9
Figure 7 : Température observées (en tirets noirs) et simulées (lignes de couleur variée), au temps présent (PST) et futur (FUT). Station de Bergerac à gauche, station de Trémolat à droite (Source : Explore 2070).....	10
Figure 8 : Différentiel de températures (°C) entre la période 1980-2010 et 2040-2070 (Source : Eaucéa-EPIDOR – Dordogne 2050, 2018).....	10
Figure 9 : Evolution relative des températures de l'air et de l'eau au cours de la période 1978-2013. Les mesures sont prises au niveau de Blaye, dans l'estuaire de la Gironde (sur la période mai-novembre) (Source : AEAG, graphe adapté de QUINTIN JY. & al., 2014).....	11
Figure 10 : Tendances thermique Garonne et Dordogne à l'entrée de l'estuaire (Source : Eaucéa, données calculées à partir du SIE Adour Garonne, 2016).....	11
Figure 11 : Cumul annuel des précipitations à la station de Hourtin (Source : Eaucéa, 2009).....	13
Figure 12 : Evolution des cumuls de précipitation (mm) entre la période 1980-2010 et 2040-2070 (Source : Eaucéa-EPIDOR – Dordogne 2050, 2018).....	13
Figure 13 : Elévation du niveau des eaux dans l'estuaire : moyenne annuelle des niveaux haut de marées de vives eaux (Source : Eaucéa, 2009).....	14
Figure 14 : La vigne en Dordogne Atlantique et l'indice héliométrique – Evolution de l'indice d'Huglin 1850, caractéristique de l'actuel périmètre des vignobles de la basse Dordogne (Source : Eaucéa-EODOR Dordogne 2050, 2018).....	21
Figure 15 : Les différents types de zone hyporhéique (Source : DATRY T. & al., 2008. Modifié d'après MALARD & al., 2000).....	25

Préambule

Alors que le processus de changement climatique que connaît la Terre est aujourd'hui unanimement admis, se pose aujourd'hui la question de ces effets à l'échelle régionale, voire locale. Quelles répercussions peuvent en être attendues de ce phénomène global ? Quels impacts générera la hausse des températures sur notre mode de vie, notre modèle de développement économique et d'aménagement du territoire, sur notre environnement, sur notre santé ?

Si les modèles prédictifs ne permettent pas jusqu'alors d'augurer et de quantifier précisément ses effets, les changements à venir sont inéluctables. Aussi, comment pouvons-nous au mieux les appréhender pour les anticiper, s'en prémunir, en limiter les effets, ..., soit en d'autres termes les anticiper ?

Le présent document se propose d'éclairer le lecteur quant à ses différents points, ceci sous le prisme de l'eau comme support de vie et d'activité, de la biodiversité, mais aussi du territoire spécifique de Dordogne Atlantique.



Figure 1 : Climat, eau et territoire. Conséquences prévisibles du changement climatique (Source : Eaucéa & al., Dordogne 2050, 2018)

Du septissisme à l'évidence scientifique et à l'action politique

Longtemps contestée, la thèse de la **responsabilité humaine dans les changements climatiques** actuellement à l'œuvre n'est plus à démontrer. Elle est désormais largement partagée par la communauté scientifique et, bon an mal an, comprise et admise par la population.

La conclusion du 5^{ème} rapport du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat) est très claire en la matière : « *Les activités humaines, notamment l'usage des énergies fossiles, a conduit à une hausse exceptionnelle de la concentration des gaz à effet de serre, transformant le climat à un rythme jamais vu par le passé* » (Source : GIEC Thibaut CAROLI, 5^{ème} rapport du GIEC). Les effets attendus sur les températures, le niveau des mers ou la fonte des glaces sont majeurs. Le rapport avance un certain nombre d'éléments scientifiques dont :

- Un lien entre activités humaines et accroissement des températures extrêmement probable (+95% de chances).
- Une hausse des niveaux des mers, tous scénarii confondus, située entre 29 et 82 cm d'ici la fin du XXI^e siècle (2081-2100).
- Une survenue quasi certaine d'évènements pluvieux plus intenses et plus fréquents.
- Une hausse des températures maintenue sous le seuil de 2°C si les émissions de gaz à effet de serre sont réduites de 10% par décennie.
- Un manque de certitude quant aux sécheresses observées et les cyclones tropicaux.
- Un « palier des températures » qui semble atteint depuis la fin des années 1990 mais qui ne remet pas en cause le réchauffement anthropique sur les 30 dernières années¹ (Figure 2). Le réchauffement est bien plus important au-dessus de la terre qu'il ne l'est au-dessus des océans.
- Le volume de la cryosphère (glaces et neiges) est en diminution constante et ceci, toujours plus rapidement

¹ Les dix années les plus chaudes depuis 1850 ont eu lieu depuis 1998 (2005 et 2010 sont les plus chaudes depuis le début des mesures). Depuis 30 ans, chaque décennie a été significativement plus chaude que la précédente. Si depuis 1998, la hausse des températures est moins claire, elle est toujours effective.

- La hausse des mers s'accélère. Il est presque deux fois plus rapide depuis 20 ans par rapport au siècle dernier

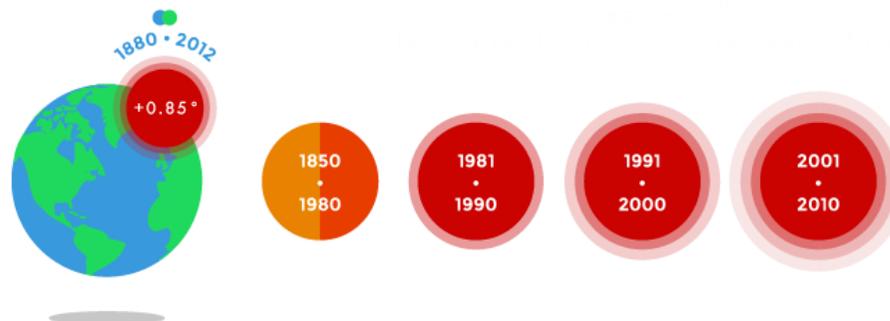


Figure 2 : Hausse des températures depuis 1850 (Source : GIEC Thibaut CAROLI, 5^{ème} rapport du GIEC)

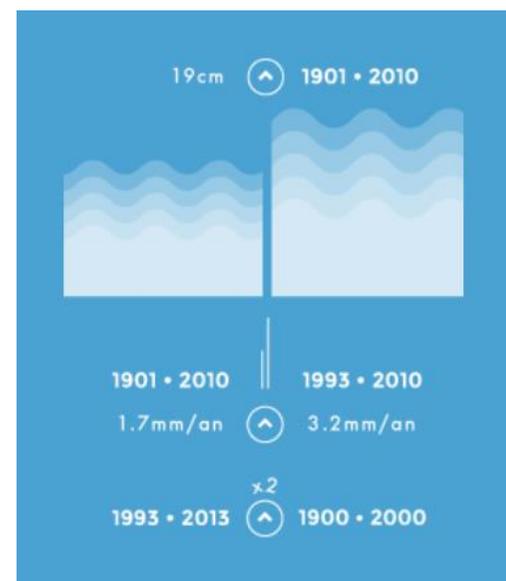


Figure 3 : Elévation des niveaux de mers (Source : GIEC Thibaut CAROLI, 5^{ème} rapport du GIEC)

Les impacts de ces changements climatiques globaux sont observés sur nombre de « réservoirs de vie ». En Europe, ceci se fait tout particulièrement sentir sur :

- les glaciers/neige/permafrost (baisse du stock d'eau « solide »),
- les écosystèmes terrestres et marins (modification des zones de répartition géographique, des déplacements migratoires et des activités saisonnières ; évolution des interactions entre espèces)

mais également sur :

- les rivières/lacs/inondations/sécheresse (modification des systèmes hydrologiques et perturbation des ressources en eau)
- la production alimentaire (baisse des rendements culturels et augmentation des prix des denrées pour suite des événements extrêmes).

Les principaux risques auxquels les pays de l'Europe auront à faire face, dans un avenir proche, intéressent :

- **Les pertes matérielles et humaines liées aux inondations** par cumul de la hausse du niveau des mers et des fortes pluies
- **La baisse du niveau des rivières et des nappes face à une demande en hausse** inhérente à la hausse des températures, des températures extrêmes et les épisodes de sécheresse-canicule
- **Les pertes matérielles et humaines liées aux vagues de chaleur** (températures extrêmes).

Des engagements internationaux aux politiques françaises de lutte contre le changement climatique

(Source : Région Aquitaine, Schéma Régional Climat Air Energie d'Aquitaine, 2012)

Lors de la conférence de Copenhague (COP²15) en 2009, la communauté internationale a fixé pour objectif de contenir l'augmentation maximale de la température terrestre à +2°C à l'horizon 2100. Bien que critiqué pour la faible ambition qu'il porte, cet objectif impliquera la mise en œuvre de politiques vigoureuses

d'atténuation, d'abord dans les pays industrialisés principaux émetteurs de GES à l'échelle mondiale mais également dans les pays du Sud.

Pour sa part, l'Union Européenne a toujours fait preuve d'un fort volontarisme en matière de lutte contre le changement climatique. Dès les années 1990, dans le cadre du protocole de Kyoto elle a fixé des objectifs quantitatifs de réduction des émissions pour ses pays membres. Plus récemment, en 2008, le Conseil des ministres européens a adopté le paquet « énergie-climat » ou objectif « 3 X 20 » visant notamment à réduire les émissions de GES de 20 % à l'horizon 2020.

La France s'est engagée dès le début des années 2000 dans une politique ambitieuse de réduction des émissions de GES : publication du Plan National de Lutte contre le Changement Climatique (PNLCC) en 2000, puis du premier Plan Climat en 2004, adoption de la loi POPE en 2005 fixant l'objectif du Facteur 4 en 2050 puis des lois Grenelle I & II confirmant ces objectifs et traduisant ceux du paquet énergie climat. **La politique française s'appuie largement sur les acteurs territoriaux : l'idée est désormais largement acquise que leur intervention est indispensable à l'atteinte d'objectifs aussi ambitieux que ceux fixés par les lois Grenelle I et II.**

Enfin, l'accord de Paris sur le Climat (décembre 2015) qui fait suite aux négociations s'étant tenues lors de la Conférence de Paris sur le climat (COP21), marque le premier accord universel sur le climat juridiquement contraignant. L'accord définit un plan d'action international visant à garantir l'engagement véritable du monde pour :

- éviter un changement climatique dangereux, ceci en maintenant le réchauffement planétaire largement en deçà de 2°C ;
- augmenter la capacité d'adaptation au changement climatique et à la résilience en diminuant l'émission de gaz à effets de serre, sans que la production alimentaire en soit impactée ;
- maintenir les financements pour la baisse des gaz à effet de serre et le développement de la résilience au changement climatique.

L'Union Européenne a ratifié l'accord le 5 octobre 2016, permettant ainsi son entrée en vigueur le 4 novembre 2016.

² Conférences of Parties ou Conférence des Parties (CdP en français).



Vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique

Sans recherche d'exhaustivité, les paragraphes suivants dressent un état des connaissances de la vulnérabilité nationale, régionale et locale aux changements climatiques.

I. Préambule

a. Quelques définitions

Changements climatiques :

Ils désignent une variation de l'état du climat qui peut être identifiée (par exemple à l'aide de tests statistiques) par des changements affectant la moyenne et/ou la variabilité de ses propriétés, persistant pendant de longues périodes, généralement des décennies ou plus.

Les changements climatiques peuvent être la conséquence de processus naturels internes ou de forçages externes tels que : les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques et les changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des terres. On notera que la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit le changement climatique comme étant : « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables. » La CCNUCC établit ainsi une distinction entre le changement climatique qui peut être attribué aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la variabilité climatique due à des causes naturelles.

Vulnérabilité :

La propension ou la prédisposition à être affectée de manière négative par les changements climatiques. La vulnérabilité recouvre plusieurs concepts et éléments, notamment la sensibilité ou la susceptibilité d'être atteint et le manque de capacité à réagir et à s'adapter.

b. Evolutions hydroclimatiques en Nouvelle-Aquitaine

D'après le Comité Scientifique Régional sur le Changement Climatique de Nouvelle-Aquitaine, les évolutions hydroclimatiques de la région se traduisent comme suit (Source : ACCLIMATERRA, 2018) :

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

Le signal du changement climatique est plus robuste pour les températures que pour les précipitations.

« Au niveau national, la Nouvelle-Aquitaine est l'une des régions où le changement climatique est le plus prononcé, avec une augmentation de 1°C de température enregistré au siècle dernier, selon les observations de MétéoFrance. Les prévisions climatiques prévoient jusqu'à +4°C d'augmentation des températures moyennes à la fin du siècle pour les scénarios socio-économiques du GIEC les plus pessimistes ».

« L'évapotranspiration (ETP) moyenne sur la période de 1990-2014 est bien supérieure - jusqu'à 25% - à celle de la période 1959-1983 selon 6 mailles de la grille SAFRAN de MétéoFrance (région-Aquitaine) ».

(Source : ACCLIMATERRA, 2018)

II. Evolution des variables climatiques

Au-delà des simples projections futures en matière de changement climatique et parce qu'elles permettent d'en diminuer les incertitudes, les tendances passées, sont également abordées dans les paragraphes suivants.

c. La température de l'air

A l'échelle de la France :

La France s'est réchauffée d'environ 0.9°C au cours du XXe siècle, un peu plus vite que la moyenne du globe (+0.7°C depuis 1860).

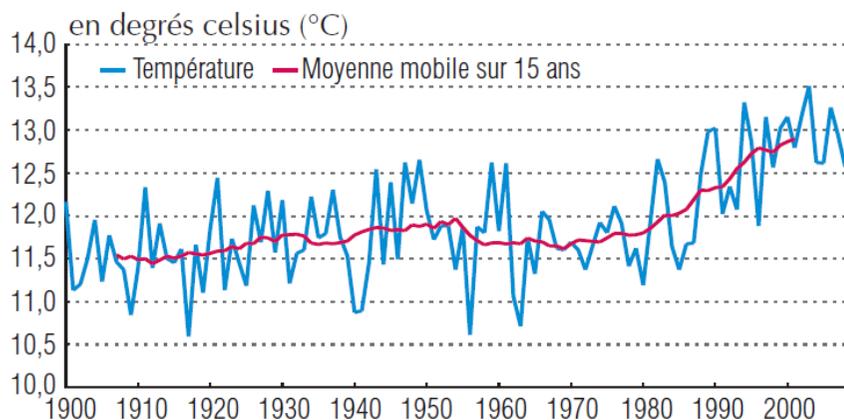


Figure 4 : Température moyenne annuelle en France, de 1900 à 2008 (Source : MétéoFrance)

A l'échelle de la région :

Dans la lignée des observations à l'échelle nationale, l'évolution des températures en Nouvelle-Aquitaine atteste d'un réchauffement d'environ +1.4°C au cours de la période 1959-2016. La tendance actuelle confirme cette croissance de la température moyenne annuelle, particulièrement marquée au Sud de la région et sur la période estivale. Pour un changement de 2°C à l'échelle globale, le Sud de l'Europe dont la Nouvelle-Aquitaine, subirait un réchauffement plus important d'environ 2.5°C (plus particulièrement en été) (Source : *Projet IMPACT2C-ACCLIMATERRA, 2018* ;). Une augmentation des extrêmes chauds est également attendue.

A l'échelle plus locale :

Le territoire de Dordogne Atlantique n'échappe pas au constat. Les données issues de la station météorologique de Bergerac témoignent en effet d'une tendance forte et continue à la hausse de la température moyenne annuelle de 1953

à 2011 (Figure 4). De même pour la station météorologique de Bordeaux-Mérignac (Figure 6).

La croissance tendancielle des températures de l'air sur le bassin de la Dordogne, a fortiori sur sa partie aval, est attestée quel que soit le scénario du dernier rapport GIEC pris en référence (Figure 8, page suivante). Les écarts simulés entre les normales de 1980-2010 et 2040-2070, non uniformes à l'échelle du bassin de la Dordogne et selon le scénario pris en référence, sont supérieurs à 1°C (voire 1.5°C pour le scénario le plus pessimiste).

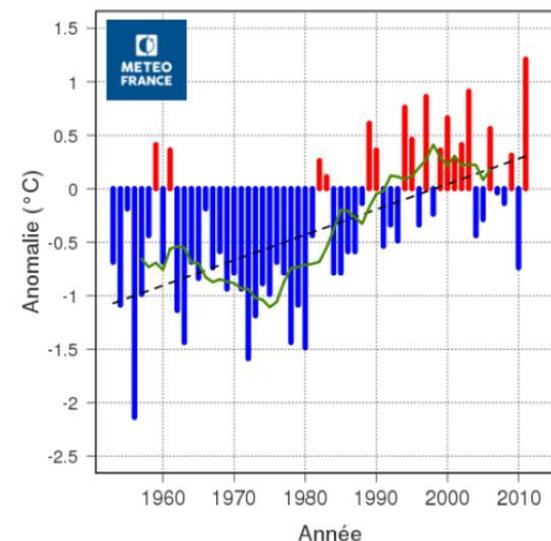


Figure 5 : Ecart de la température moyenne annuelle par rapport à la normale calculée pour la période 1981-2010

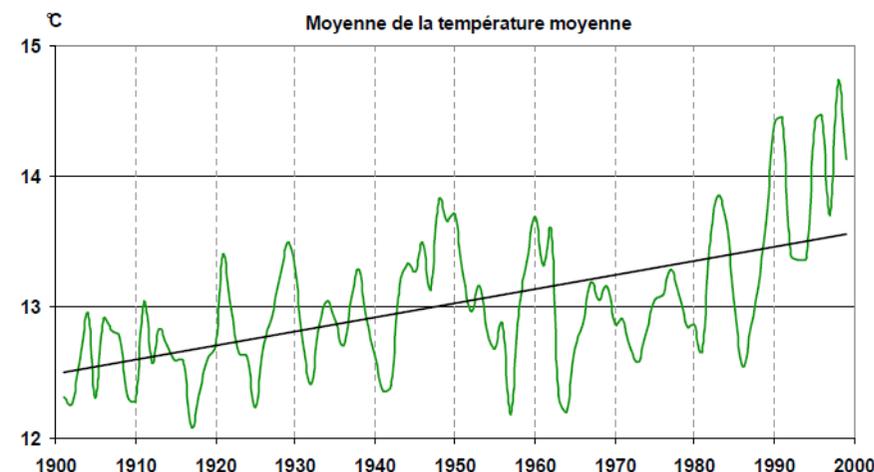


Figure 6 : Température moyenne annuelle à Bordeaux-Mérignac, de 1900 à 2000 (Source : Eaucéa, 2008)

En outre, les données mensuelles observées et simulées du projet *Explore 2070*, au droit des stations de Bergerac et de Trémolat, témoignent d'une hausse des températures futures maximales en période estivale, soit en période d'étiage des cours d'eau (Figure 7). Ce constat de saisonnalité nécessite toutefois d'être confirmé à l'avenir (tendance incertaine selon les modèles de simulation considérés).

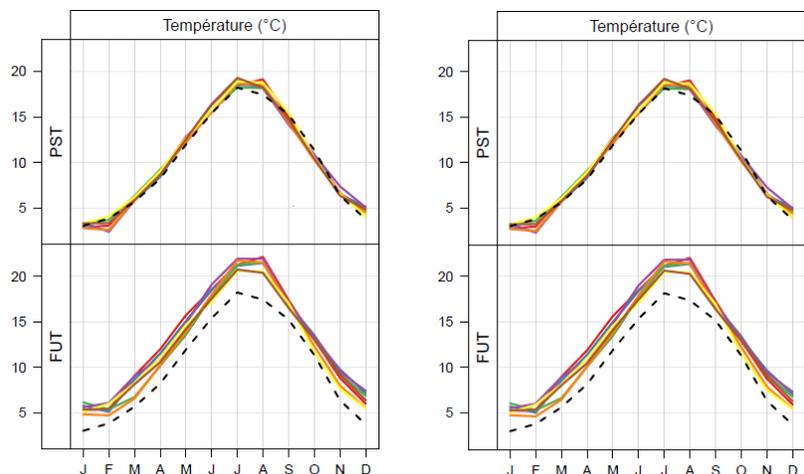


Figure 7 : Température observées (en tirets noirs) et simulées (lignes de couleur variée), au temps présent (PST) et futur (FUT). Station de Bergerac à gauche, station de Trémolat à droite (Source : Explore 2070)

Parallèlement, il est très probable que la fréquence et la durée des vagues de chaleur augmenteront, comme d'ores et déjà observé ces dernières années (Sources : GIEC rapport de synthèse 2014, 2015 ; Eaucéa & al. Dordogne 2050, 2018) : multiplication par 1.5 à 1.7 du nombre de jours estivaux par an au cours des 5 dernières décennies en Nouvelle-Aquitaine (Source : ORACLE, 2018).

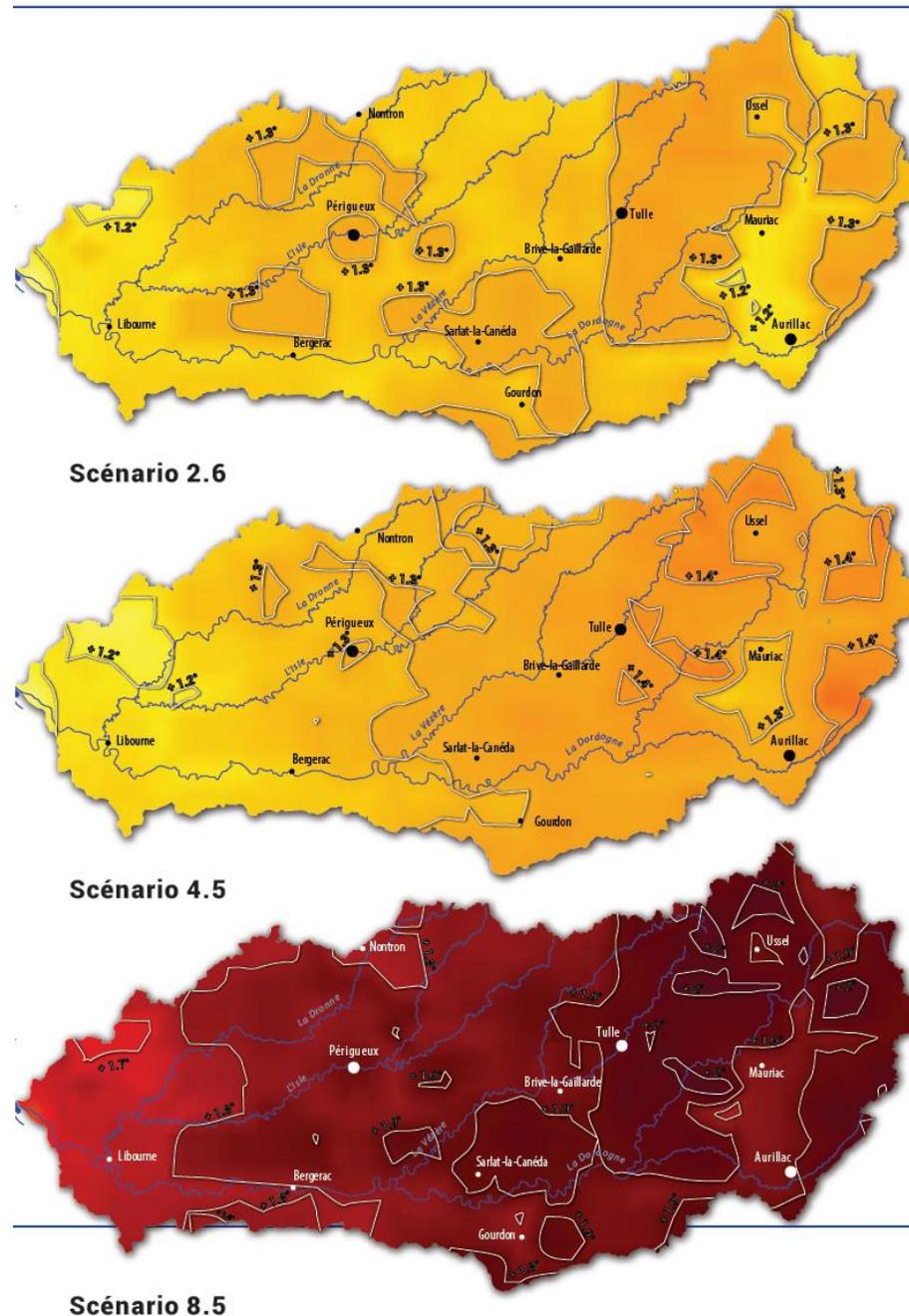


Figure 8 : Différentiel de températures (°C) entre la période 1980-2010 et 2040-2070 (Source : Eaucéa-EPIDOR – Dordogne 2050, 2018)

d. La température de l'eau

Inhérente aux conditions atmosphériques et au régime hydrologique des cours d'eau, voire également aux conditions géographiques et géomorphologiques, la température de l'eau est vouée à s'accroître dans les décennies futures.

A l'échelle de la France :

Sans pouvoir donner un chiffre global à l'échelle de la France, les données acquises en différents bassins versants rendent tous compte d'une évolution à la hausse des températures de l'eau des fleuves : +1.5°C dans le haut Rhône et +3°C dans le bas Rhône entre 1977 et 2004 ; entre +1.5 et 2°C sur la Loire moyenne entre 1976-2003. Des variabilités spatiales et temporelles existent cependant selon l'influence de nombreux paramètres parmi lesquels l'impact anthropique (rejets thermiques de centrales nucléaires, ...).

A l'échelle de la région :

Depuis 30-40 ans, une augmentation de la température moyenne des eaux de surface est constatée en Nouvelle-Aquitaine (Source : ACCLIMATERRA, 2018). Selon les sites d'observations, la tendance est plus ou moins marquée :

- Pour les eaux douces : d'environ +1 à +1.5°C sur 43 ans ;
- Pour les eaux marines : de 0.023 à 0.035°C/an³ au droit de stations situées dans le Nord de la région contre 0.07 à 0.08°C/an⁴ (moyenne de mai à novembre) pour l'estuaire de la Gironde.

A l'échelle plus locale :

Dans le Golfe de Gascogne, la température de l'eau a déjà connu une augmentation de 1°C entre 1980 et 2000, avec une accélération lors de la décennie 1990-2000 (Source : MEROT P. & al., 2012) (Figure 9 et Figure 10).

En zone d'influence maritime, à l'influence des conditions atmosphériques s'ajoute celle des apports d'eau marine. De température beaucoup plus stable que celles des eaux fluviales durant l'année, les eaux marines ont une influence

³ Sur une période de 43 ans.

⁴ Sur une période de 35 ans.

modératrice sur la température de l'estuaire et, vraisemblablement, sur la partie tidale de la Dordogne (au moins en partie extrême aval).

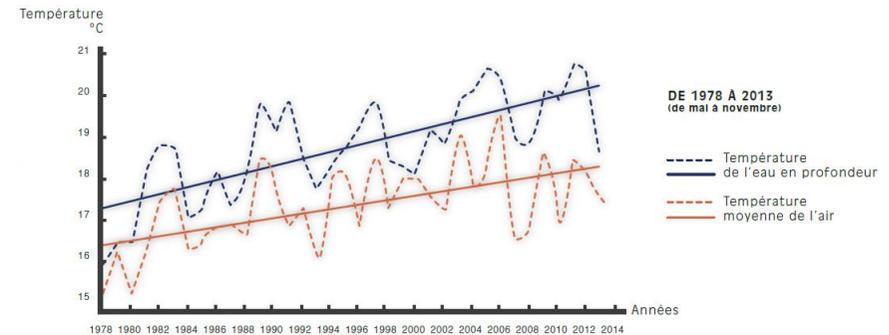


Figure 9 : Evolution relative des températures de l'air et de l'eau au cours de la période 1978-2013. Les mesures sont prises au niveau de Blaye, dans l'estuaire de la Gironde (sur la période mai-novembre) (Source : AEAG, graphe adapté de QUINTIN JY. & al., 2014)

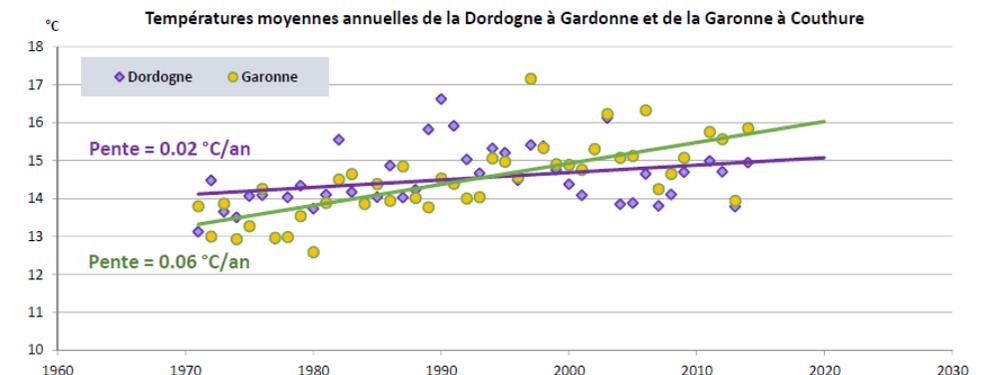


Figure 10 : Tendances thermiques Garonne et Dordogne à l'entrée de l'estuaire (Source : Eaucéa, données calculées à partir du SIE Adour Garonne, 2016)⁵

⁵ La différence de comportement thermique entre la Garonne et la Dordogne (réchauffement moins net) est à apprécier notamment au regard de l'impact potentiel des activités anthropiques, notamment de la présence de l'importante chaîne hydroélectrique sur le bassin de la Dordogne.

Notion :

Relation température de l'air-température de l'eau (Sources : AERMC, 2016 ; ACCLIMATERRA, 2018)

Les variables de contrôle de la température de l'eau diffèrent selon la taille des cours d'eau :

- Cours d'eau de largeur supérieure à 3 m : 80% des échanges thermiques ont lieu à l'interface eau-atmosphère. L'apport principal d'énergie est le rayonnement solaire (ondes courtes). Suivent la température de l'air et le rayonnement atmosphérique (ondes longues)
- Tronçons de rivière de quelques kilomètres : au-delà des conditions atmosphériques, les facteurs géographiques-topographiques et géomorphologiques influent sur la température de l'eau. S'y ajoutent l'ombrage (ripisylve)⁶ et les interactions nappe-rivière.

A grande échelle : il existe une relation linéaire entre la température de l'air et celle de l'eau au niveau annuel. Ceci est d'autant plus marqué pour les grands cours d'eau associés à des bassins versants de surface supérieure à 1 000 km, et au substrat peu perméable. Elle est plus difficile à établir pour les cours d'eau à petit bassin versant avec un substrat très perméable.

A l'échelle locale (sections de rivière de quelques kilomètres) : la relation entre température de l'air et température de l'eau n'est pas linéaire. La présence de corridors boisés ainsi que les échanges nappe-rivière régulent fortement les régimes thermiques des eaux superficielles. Les facteurs anthropiques (seuils, barrages, prélèvements, ...) jouent également un rôle plus ou moins important.

Les flux hydrologiques (contributions hydrologiques de types eau de surface/sub-surface/eau souterraine/fonte de neige) interfèrent également dans l'évolution des températures de l'eau, quelle que soit la taille des cours d'eau pris en référence. CASSIE & al., 2006, classifient les facteurs de contrôle de la température en quatre catégories : les conditions atmosphériques, l'hydrologie, les échanges à l'interface eau-sédiments et la géomorphologie.

⁶ Plusieurs travaux montrent l'impact des corridors boisés sur la température des cours d'eau, principalement sur une diminution des températures maximales journalières estivales (Source : GARNER & al., 2015 ; SIMMONS & al., 2015). L'effet est amoindri quand le corridor se trouve à l'aval).

e. Les précipitations

A l'échelle de la France :

L'évolution des précipitations, ces dernières décennies et à l'avenir, reste incertaine. La plupart des modèles numériques s'accorde cependant sur une tendance à la baisse des précipitations en été sur l'ensemble de la métropole, en moyenne de l'ordre de -16 à -23% (Source : Explore 2070). Aucune tendance significative générale ne se dessine en hiver et au printemps à l'échelle de la France.

A l'échelle de la région :

Le volume global des précipitations sur la Nouvelle-Aquitaine ne montre pas de tendance discernable. Néanmoins, l'intensité des épisodes pluvieux est susceptible d'augmenter, ceci relevant d'un principe physique simple : plus il fait chaud, plus le niveau de saturation en vapeur d'eau s'accroît et, avec lui, la quantité de vapeur d'eau stockée dans l'atmosphère.

Selon les sources, une baisse de la pluviosité en été est également à prévoir ; celle-ci semble pouvoir être de l'ordre de 10 à 30% de la pluviosité moyenne estivale de référence (c'est-à-dire actuelle) selon le scénario et la zone considérés (Source : Etude MEDCIE, données Météo-France-DATAR, 2010).

A l'échelle plus locale :

Les données pluviométriques moyennes annuelles ne permettent pas de dégager de tendances significatives au cours du XXe siècle (Figure 11). Les principaux enjeux intéressent la variabilité saisonnière et l'évolution des extrêmes.

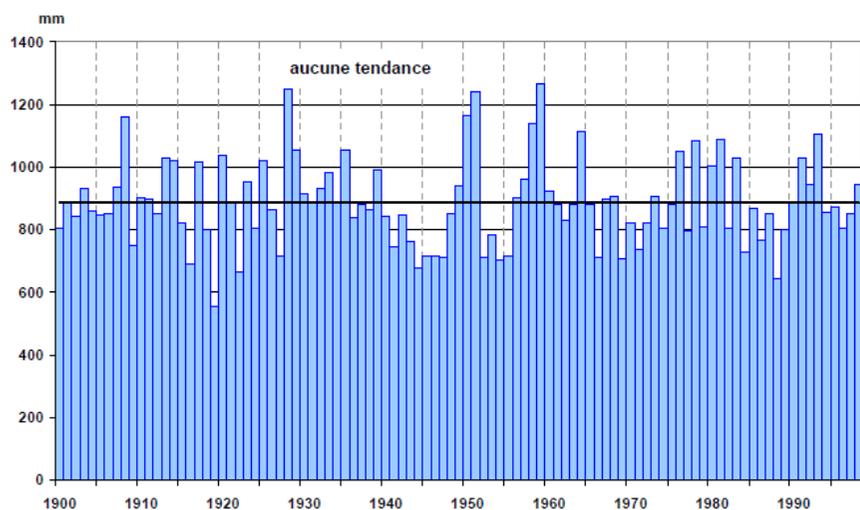


Figure 11 : Cumul annuel des précipitations à la station de Hourtin (Source : Eaucéa, 2009)

S'il n'est pas possible au regard des différents scénarii climatiques pris en référence par le GIEC de qualifier l'évolution des cumuls annuels (Figure 12), il semble toutefois indéniable que **les évènements caniculaires sur le territoire vont s'accroître en fréquence et en amplitude**. De même, les épisodes de pluies intenses devraient être plus nombreux et plus intenses (Source : Eaucéa & al., Dordogne 2050, 2018).

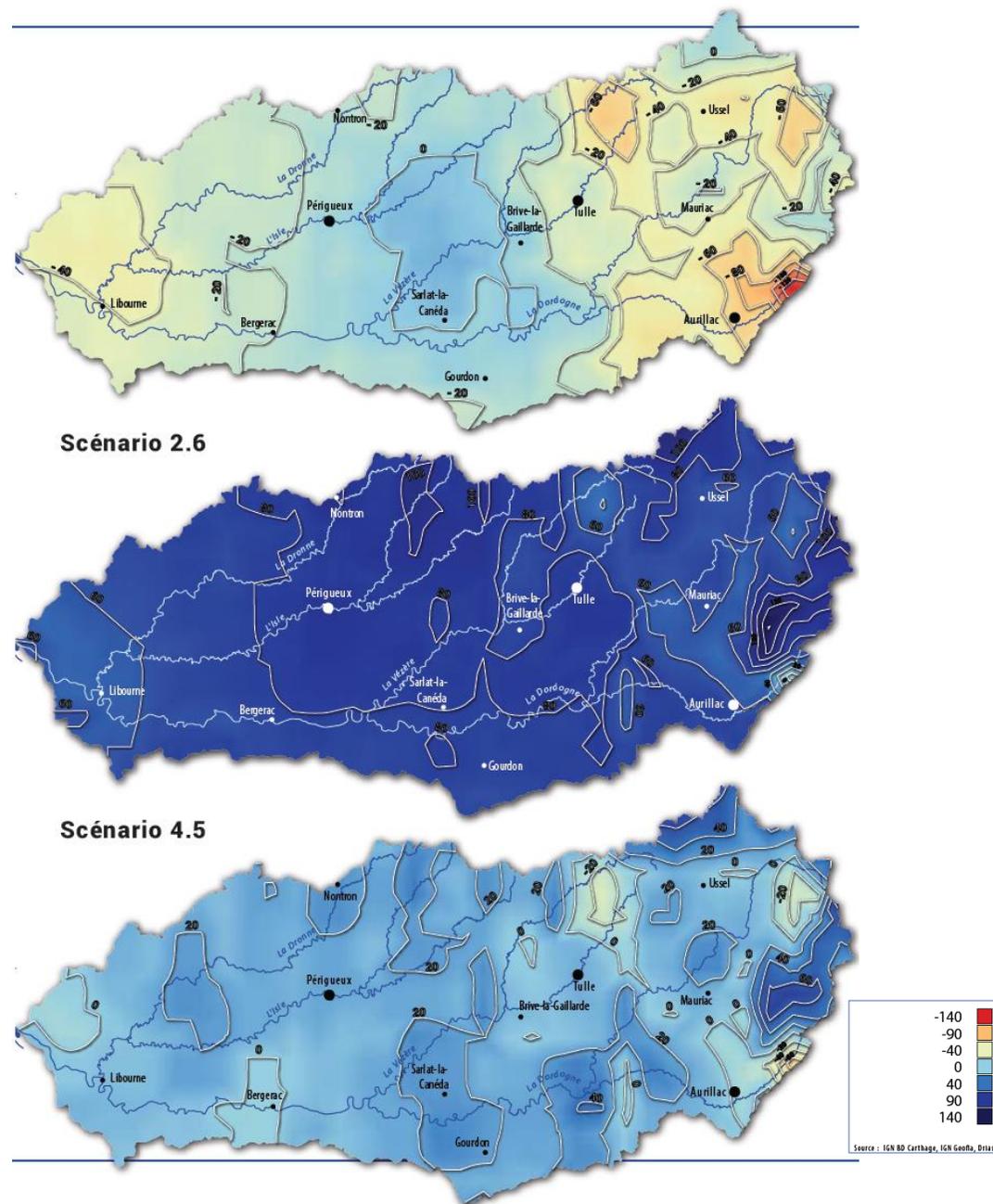


Figure 12 : Evolution des cumuls de précipitation (mm) entre la période 1980-2010 et 2040-2070 (Source : Eaucéa-EPIDOR – Dordogne 2050, 2018)

f. L'évapotranspiration

A l'échelle de la France et de la région :

A l'échelle de la France, il est observé une hausse de l'évapotranspiration, assortie d'un assèchement des sols.

En Nouvelle-Aquitaine, l'évapotranspiration potentielle annuelle s'est accrue : de +140 à 240 mm au cours des 50 dernières années (Source : ORACLE, 2018), de +200 mm sur 40 ans en Charente (Source : ACCLIMATERRA, 2018). Ce phénomène semble être plus marqué depuis la fin des années 1970, ce qui est concomitant avec l'augmentation plus rapide des températures et traduit un durcissement des conditions hydriques (les précipitations annuelles sur la même période étant relativement stables).

A l'échelle plus locale :

De 1959 à 2017, l'accroissement de l'évapotranspiration potentielle annuelle est le suivant (Source : ORACLE, 2018) :

- +31 mm par décennie en Dordogne (soit +180 mm en 58 ans)
- +36 mm par décennie en Gironde (soit +210 mm en 58 ans)
- +38 mm par décennie en Lot-et-Garonne (soit +220 mm en 58 ans).

Le processus devrait s'accroître à l'avenir au vu des observations et prévisionnels en matière de température de l'air.

g. Le niveau des mers, les vagues et les marées

A l'échelle de la France et de la région :

Les chroniques des niveaux marins témoignent d'une élévation continue du niveau moyen des mers (+28 cm en un siècle ; +4 cm depuis 2006), élévation qui devrait s'accroître dans le futur : +3.3 ±0.4 mm/an à l'échelle globale. La dilatation thermique en est responsable pour moitié (Source : Météo-France, 2019).

⁷ Le second paramètre est la fonte des glaces terrestres. L'influence anthropique sur l'élévation du niveau moyen de la mer est importante depuis les années 1970, via leurs effets sur ces deux contributeurs (T°C et fonte des glaces).

Autre enjeu de cet élément de forçage du changement climatique, l'augmentation des niveaux marins extrêmes.

Complémentaire au niveau des mers, la modification de la climatologie des vagues et du marnage devrait aboutir à moyen terme à :

- Un renforcement de l'intensité et de la fréquence des événements extrêmes de vagues : élévation de la hauteur moyenne des vagues d'hiver.
- Une augmentation probable du marnage de vives eaux : <2% en Nouvelle-Aquitaine pour une augmentation du niveau des mers de +0.6 m.

A l'échelle plus locale :

L'estuaire de la Gironde connaît une évolution à la hausse des niveaux marins, depuis plusieurs décennies, comme en témoigne la Figure 13. Entre 1953 et 2014, le marnage y a augmenté de +60 cm (Source : ACCLIMATERRA, 2018). La croissance tendancielle devrait se confirmer à l'avenir.

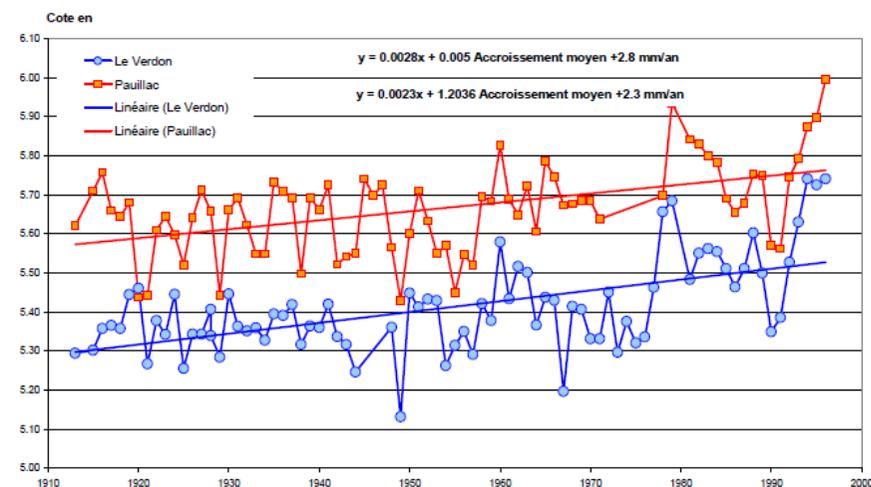


Figure 13: Elévation du niveau des eaux dans l'estuaire : moyenne annuelle des niveaux haut de marées de vives eaux (Source : Eaucéa, 2009)

h. Le niveau piézométrique des nappes

A l'échelle de la France :

Les résultats du projet Explore 2070 font ressortir une **baisse quasi générale de la piézométrie associée à une diminution de la recharge comprise entre 10 et 25%**, avec globalement deux zones plus sévèrement touchées : le bassin versant de la Loire avec une baisse de la recharge comprise entre 25 et 30% sur la moitié de sa superficie et surtout le Sud-Ouest de la France avec des baisses comprises entre 30 et 50%, voire davantage.

Toutes simulations confondues, il est attendu une baisse du niveau piézométrique mensuel des nappes inhérente à la baisse de la recharge des systèmes hydrogéologiques. Limitée au droit des plaines alluviales (grâce aux apports des cours d'eau), elle pourrait atteindre 10 m sur les plateaux et contreforts des bassins sédimentaires (*Source : Explore 2070*). De même, l'impact direct du changement semble devoir être moins conséquent, à court terme, pour les nappes captives que pour les nappes libres en raison de leur caractère plus inertiel.

Globalement, la baisse attendue de la piézométrie de nombre de nappes devrait principalement affectée les zones d'affleurement (recharge principale par la pluviométrie) et les zones de drainance entre aquifère (recharge entre système) (*Source : BRGM, mai 2014*).

A l'échelle régionale et locale :

L'ex-Aquitaine dispose d'un fort potentiel hydrogéologique, caractérisé par de nombreux aquifères profonds naturellement peu vulnérables aux activités anthropiques de surface.

Au regard du fonctionnement des différents systèmes, de leurs diverses relations (ou interrelations) avec des composantes externes (climatique, hydrologique, océanique, ...), la signature des effets du changement climatique est et sera différente en fonction du type de système observé. Les observations et les modèles prédictifs quant à l'évolution des flux entrants (apports météorologiques et drainance) ne permettent pas à l'heure actuelle de préciser l'évolution piézométrique attendue pour chaque système hydrologique. Les incertitudes quant à la distribution spatio-temporelle des pluies à l'avenir en sont l'une des raisons principales.

Dans la prospective avérée d'une baisse de la ligne d'eau de nombre de cours d'eau en période estivale, un renforcement du drainage des systèmes hydrogéologiques et une vidange plus rapide de ces derniers (car plus intense et souvent plus tôt dans l'année) est attendu. La majorité des affluents de la basse Dordogne Atlantique pourrait en être affecté.

La nappe des alluvions de la Dordogne, de prime abord, paraît moins vulnérable à un abaissement important de son niveau d'eau, à l'avenir et dans les conditions actuelles de pression.

Nota Bene :

Les effets indirects du changement climatique soulèvent d'importants questionnements comme l'effet d'un report des prélèvements de surface vers les aquifères profonds, report résultant notamment d'un déficit de ressources de (sub)surface.

III. Impacts prévisibles du changement climatique

Sur la base de la bibliographie existante, un panel des impacts prévisibles du changement climatique sur différents « réservoirs » de vie est présenté ci-après, sans que soit prétendu à l'exhaustivité.

	Impacts prévisibles	Remarques	Source de la donnée
<i>Eaux superficielles (fluviales et marines)</i>			
QUALITE DES EAUX	- accentuation des problèmes de concentration en polluants (↘ dilution) - remobilisation + importante des transferts de polluants (pollutions diffuses) (événements extrêmes, lessivages, ...) - ↘ oxygène de l'eau : de l'ordre de 3 à 5% (↗ T°C)	En lien avec la baisse des débits de cours d'eau avec des étiages et des assecs plus sévères, des précipitations ponctuelles plus importantes, une augmentation de la T°C des eaux de surface, une baisse de la recharge des nappes de surface et une élévation du niveau de l'océan	ACCLIMATERRA, 2018
	- ↗ de la T°C de l'eau de surface (jusqu'à 100 m de profondeur) et des eaux littorales : entre +0.03°C et 0.07°C par décennie		
	- ↗ salinité et acidification : eaux littorales et de transition		
	- ↗ des teneurs en matière organique dissoute		
	- ↗ des teneurs en nitrates (surtout dans le NW de l'Aquitaine)	Tendance possible	
	- ↗ de la remise en suspension et du relargage des éléments traces métalliques	Tendance possible	
	- ↗ des teneurs en micropolluants organiques (persistants ou non, comme les pesticides, résidus médicamenteux et détergents)	Tendance possible	
	- ↗ de la fréquence et de l'intensité du développement du phytoplancton en général et des cyanobactéries en particulier (↗ T°C) - ↗ écotoxicité des milieux		
	- accentuation des problèmes de qualité des eaux en parties estuarienne et fluvio-maritime, en partie de l'anoxie	En lien avec l'allongement du temps de présence du bouchon vaseux. Processus à forts impacts écologiques. Renforcement de l'influence maritime dans l'estuaire et dans les parties fluviales tidales	AEAG, 2014
	- acidification des eaux marines		AERMC, 2016
QUANTITE	- modification des régimes de débit des fleuves et de leurs affluents : baisse prévisionnelle des débits annuels de l'ordre de 20-30% à l'horizon de 30 ans - périodes estivales d'étiage plus marquées - crues hivernales plus soutenues		ACCLIMATERRA, 2018
	- élévation du niveau des mers et avec elle de la fréquence et de l'intensité des submersions marines	Augmentation du niveau de la mer de l'ordre du mètre d'ici 2100	
	- ↘ moyenne des débits naturels annuels des principaux cours d'eau du Sud-Ouest : de -20 à -40% - étiages en moyenne plus précoces, plus sévères et plus longs		AEAG, 2014
	- accentuation des situations hydrologiques extrêmes : ↗ du nombre de jours de sécheresse ; ↗ des assecs sur les rivières présentant d'ores et déjà de faibles débits d'étiages	Tendance possible. En lien avec la diminution de la fréquence des pluies efficaces	
	- amplification de l'impact des tempêtes : accélération de l'érosion des côtes et avec submersions et risques de salinisation de l'espace côtier		
	- assèchement des zones humides de la zone littorale et ↗ de leur salinité - allongement du temps de présence du bouchon vaseux	Salinisation par évaporation et remontées des sels En lien avec la baisse des débits d'eau douce notamment	

Impacts prévisibles		Remarques	Source de la donnée
Eaux superficielles (fluviales et marines)			
BIODIVERSITE	- érosion de la biodiversité aquatique, ↗ de la vulnérabilité des communautés de microalgues indigènes, prolifération des micro-organismes pathogènes et des cyanobactéries (↗ T°C)		ACCLIMATERRA, 2018
	- augmentation des espèces invasives qui s'accompagnent davantage d'une grande variabilité hydrologique	Tendance possible. En lien avec les « forçages physiologiques » sur les espèces, forçages induits par le changement climatique	AEAG, 2014
	- modification, altération des habitats		CEP, 2013
Eaux souterraines			
QUANTITE	- tension accrue sur les ressources souterraines, notamment sur celles dites profondes moins sensibles directement aux effets du changement climatique : baisse des niveaux piézométriques	Question de la disponibilité de l'eau souterraine revêtant 2 dimensions : 1/ évolution par variation des conditions hydrologiques (moins de ressources stricto sensu) ; 2/ tension accrue sur la ressource par augmentation des conflits d'usage (prélèvements accrus)	ACCLIMATERRA, 2018
	- évolution de la recharge des nappes (intensité, période)	En lien avec des modifications du régime d'infiltration des pluies	
	- modification de la saisonnalité des cycles hydrogéologiques des aquifères libres et captifs	En lien avec la modification de l'origine des prélèvements (transfert sur les eaux souterraines par diminution de la disponibilité des eaux de surface) et de la part restituée au milieu (surexploitation des nappes aggravant le soutien des rivières par les aquifères)	AERMC, 2016
Forêts			
FORETS	- changements importants dans la composition des forêts, en particulier pour les espèces se trouvant en limite de leur aire de répartition (entre zone tempérée et zone méditerranéenne) : remontée des espèces méditerranéennes au détriment des espèces tempérées	Directement liés à la remontée en altitude et en latitude de l'écotone entre zone tempérée et méditerranéenne	ACCLIMATERRA, 2018
	- changements d'aires de répartition des différents groupes d'espèces, notamment entre espèces tempérées et subméditerranéennes		
	- <i>baisse de rendement</i>	Tendance possible pour certaines essences forestières notamment	CEP, 2013

Poissons, espèces exploitées par la pêche

DIVERSES ESPECES DONT GRANDS MIGRATEURS	- déplacements des limites biogéographiques vers le Nord (conditions thermiques au Sud moins favorables)	En d'autres termes, évolution des aires de distribution favorables pour les poissons. Tendance au glissement des aires de répartition des espèces vers les zones amont ; les espèces d'eau froide (truite commune, chabot, saumon atlantique ou encore lamproie de Planer) présentent les plus fortes vulnérabilités (Source : AERMC, 2016). En résultera une homogénéisation des communautés le long du gradient amont-aval	ACCLIMATERRA, 2018	
	- conséquences sur la phénologie de certaines espèces (notamment sur la reproduction)	Modification pour exemple de la période de ponte de la sole ; la température de l'eau est un facteur très impactant. Une modification de la phénologie peut entraîner une restructuration du réseau trophique et donc une modification des relations proies-prédateurs (Source : AERMC, 2016)		
	- risques physiologiques (mortalité larvaire, croissance des espèces, etc.) : pour exemples 1/ saumon atlantique : détérioration des conditions de croissance entraînant une altération de la survie en mer et l'allongement du temps de séjour en mer 2/ alosons (juvéniles de moins de 3 mois) : conditions de survie détériorée en lien avec leur sensibilité à l'hypoxie en situations de températures plus élevées 3/ ...	La température de l'eau est un facteur très impactant et essentiel		
	- modifications de la dynamique des populations (c.a.d. des fluctuations spatio-temporelles des effectifs des populations) avec des effets contrastés selon les espèces : pour exemples 1/ saumon atlantique : fragilisation des populations naturelles 2/ dorade royale : espèce plus abondante dans le Golfe de Gascogne 3/ ...	Les facteurs environnementaux, comme la température, ont de fortes influences sur les dynamiques des populations. La T°C moyenne annuelle a plus d'influence sur l'abondance que sa variabilité annuelle (Source : AERMC, 2016)		
	- effets positifs et négatifs sur le stock d'anguilles : 1/ phase de croissance : ↗ des T°C favorables 2/ dévalaison : effets négatifs en lien avec le changement de régime des précipitations 3/ juvéniles et stade de vie en partie océanique : effets négatifs en lien avec la courantologie et la productivité des masses d'eau			
	- modification de la phénologie et de la physiologie de la faune piscicole et conchylicole (fécondité, âge à la reproduction, ...)	En lien avec l'élévation des températures de l'eau		AEAG, 2014
	- ↗ des risques de maladies et de parasites	En lien avec l'élévation des températures de l'eau		
	- modification des aires de répartition des espèces : contraction et dégradation de ces zones (et habitats) pour les migrateurs amphihalins (alose, saumon, ...) et les espèces d'eau froide (truite, vairon, ...); expansion de ces zones pour les espèces d'eau chaude (ablette, gardon, ...)	En lien avec l'élévation des températures de l'eau		
	- modification des aires de distribution			ARBNA, 2019
	- modification des rivalités entre les espèces migrantes et celles déjà présentes			
- augmentation du nombre d'espèces invasives				

Impacts prévisibles		Remarques	Source de la donnée
<i>Ressources mobilisées pour l'activité agricole</i>			
SOL	- assèchement des terres agricoles et plus globalement des sols : \searrow du taux d'humidité	Du fait de l'augmentation des T°C et de la modification du régime pluviométrique	ACCLIMATERRA, 2018
	- érosion hydrique (surtout des sols limoneux issus des terrasses anciennes des principaux fleuves, Garonne-Dordogne-Adour), surtout lorsque les sols ne sont pas couverts par des cultures d'hiver les protégeant de l'impact des pluies. Risque d'ablation accélérée	Erosion hydrique se caractérisant par le départ de particules terreuses sous l'action du ruissellement des eaux de pluie ne pouvant s'infiltrer. Impacts fonction de la modification du régime pluviométrique : augmentation des pluies hivernales et fréquence accrue des événements extrêmes	
	- altération de la fertilité des sols	Changement climatique susceptible d'affecter le fonctionnement des cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote et du phosphore : inhérent au fait que les processus de transformation de la matière organique (indispensable à la croissance des plantes) [immobilisation, stabilisation, minéralisation] dépendent fortement de la température et de la teneur en eau du sol	
EAU	- augmentation de la demande évapotranspiratoire des cultures en été	Par effet cumulé du déficit des bilans hydriques et hydrologique ainsi que par augmentation de la température	
	- accroissement du besoin en eau d'irrigation pour les cultures irriguées		
	- dégradation du confort hydrique des cultures pluviales		
ENVIRONNEMENT BIOTIQUE	- augmentation du niveau d'imprédictibilité des interactions, spatiales et temporelles, entre les cultures et leur environnement (sans pouvoir prédire qui seront les ravageurs des cultures notamment)		
	- accélération du taux d'entrée d'exotiques et à leur établissement en Europe		
	- accélération de l'évolution des exotiques d'ores et déjà en place : vers plus d'agressivité et plus de cycles (pour les insectes)		
	- accroissement des risques pathogènes : processus de moisissures, développement des larves et des champignons	Sous l'effet conjugué des hétérogénéités de stades de développement des plantes favorisées et des hivers plus doux et humides	
	- dégradation de certaines formes de conservation des parasites dans les écorces et les sols	Impact positif du changement climatique	
<i>Fonction biologique</i>			
PLANTES	- avancement et réduction des cycles phénologiques	Modification induite des dates de semis et de récolte des cultures ainsi que des aires de production géographiques des différentes espèces/variétés. Idem, réduction potentiel des rendements	ACCLIMATERRA, 2018
	- réduction de la production de la biomasse (selon les optimaux de température de photosynthèse des différentes plantes), et donc des rendements	Sous l'effet d'une \nearrow plus sévère des températures à plus long terme conduisant à dépasser les températures optimales de la photosynthèse	
	- augmentation de l'activité photosynthétique (en particulier chez les plantes de type C3 comme blé, betterave, pomme de terre, vigne)		
	- amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau des plantes	Effet positif du CC induit par l'élévation de la concentration en CO2	
	- pénalisation de certaines espèces (notamment des étages montagnards) et conditions favorables à l'installation d'autres espèces	En lien avec la réduction prévue du gel et de la neige	Eaucéa-EPIDOR Dordogne 2050, 2018
ANIMAUX	- altération des fonctions de croissance (porcins, volailles), de reproduction (ruminants, volailles), de lactation (ruminants), de santé (ruminants, volailles, porcins)		ACCLIMATERRA, 2018

	Impacts prévisibles	Remarques	Source de la donnée
<i>Fonction biologique</i>			
VITICULTURE	- altération du développement, de la production et de la composition du produit final : 1/ avancée des stades phénologiques et des dates de vendanges 2/ blocage du développement des raisins verts (vagues de chaleur) et retard du début de maturation 3/ diminution de la production de la biomasse (n et n+1)		ACCLIMATERRA, 2018
	- effets sur la composition des raisins (↗ teneur en sucres, baisse d'acidité)		
	- déplacement vers le Nord-Est de la frontière de l'indice de Huglin de 1850, indice caractéristique actuellement des vignobles du bassin versant de la Dordogne (Figure 14)	Ce fort déplacement de cette frontière vers le Nord-Est est observé pour le scénario RCP 4.5 du GIEC. Les vignobles actuels seront alors en présence d'un indice d'Huglin de 2100 impliquant une modification de la nature et de la répartition des cépages adaptés à ce nouveau climat	Eaucéa-EPIDOR Dordogne 2050, 2018
	- impacts sur la phénologie (avancement de la floraison et de la récolte) et les caractéristiques des jus (↗ de la teneur en sucres, baisse de l'acidité)	En lien avec la forte évolution du contexte thermique; évolution de l'indice de Winkler II (années 1970), à la catégorie III (2030) puis à la catégorie V	ClimA-XXI – Dordogne, 2011
PRAIRIES	- démarrage de végétation plus précoce et accélération de la phénologie au printemps aboutissant, le cas échéant, à une mise à l'herbe plus précoce des animaux	Par évolution des températures MAIS selon conditions hydriques	ClimA-XXI – Dordogne, 2011
	- ↗ de la productivité des prairies au début du printemps (compensation de la baisse de productivité attendue l'été)	Par évolution des températures MAIS selon conditions hydriques	
	- ↗ de la productivité en fin d'automne	Tendance possible <u>SI</u> les sols sont suffisamment pourvus en eau	
	- modification de la saisonnalité de la production fourragère (avancement de la croissance et augmentation de sa vitesse)		ACCLIMATERRA, 2018
TABAC	- raccourcissement du cycle cultural (propice à la productivité)	Evolution du contexte thermique favorable à cette espèce thermophile (T°C optimales comprises entre 20 et 35°C)	ClimA-XXI – Dordogne, 2011
ARBORICULTURE	- ↘ des dégâts de gel lors de la floraison	Tendance possible <u>SI</u> la floraison n'est elle-même pas significativement avancée	ClimA-XXI – Dordogne, 2011
	- ↗ des dégradations sur les fruits par apparition de nouveaux insectes ravageurs	Tendance possible <u>SI</u> évolution parasitaire négative	CESER Pays de la Loire, 2016
	- évolution phénologique de la floraison (levée de dormance, période de croissance florale, ...)		INRA, 2009
	- altération de la qualité de floraison	Tendance possible. Influence forte de la température, notamment des épisodes de chaleur excessive à l'approche de la floraison (LEGAVE, 1978 ; RODROGO et HERERRO, 2002) et de températures estivales très élevées	
	- baisse de la durée de croissance du fruit et donc modifications des calendriers de maturité des gammes variétales actuellement cultivées	Tendance possible. Qualité (calibre notamment) du fruit qui pourrait être impactée	
ELEVAGE	- altération de la santé et de la production animale (zones de plaine)		

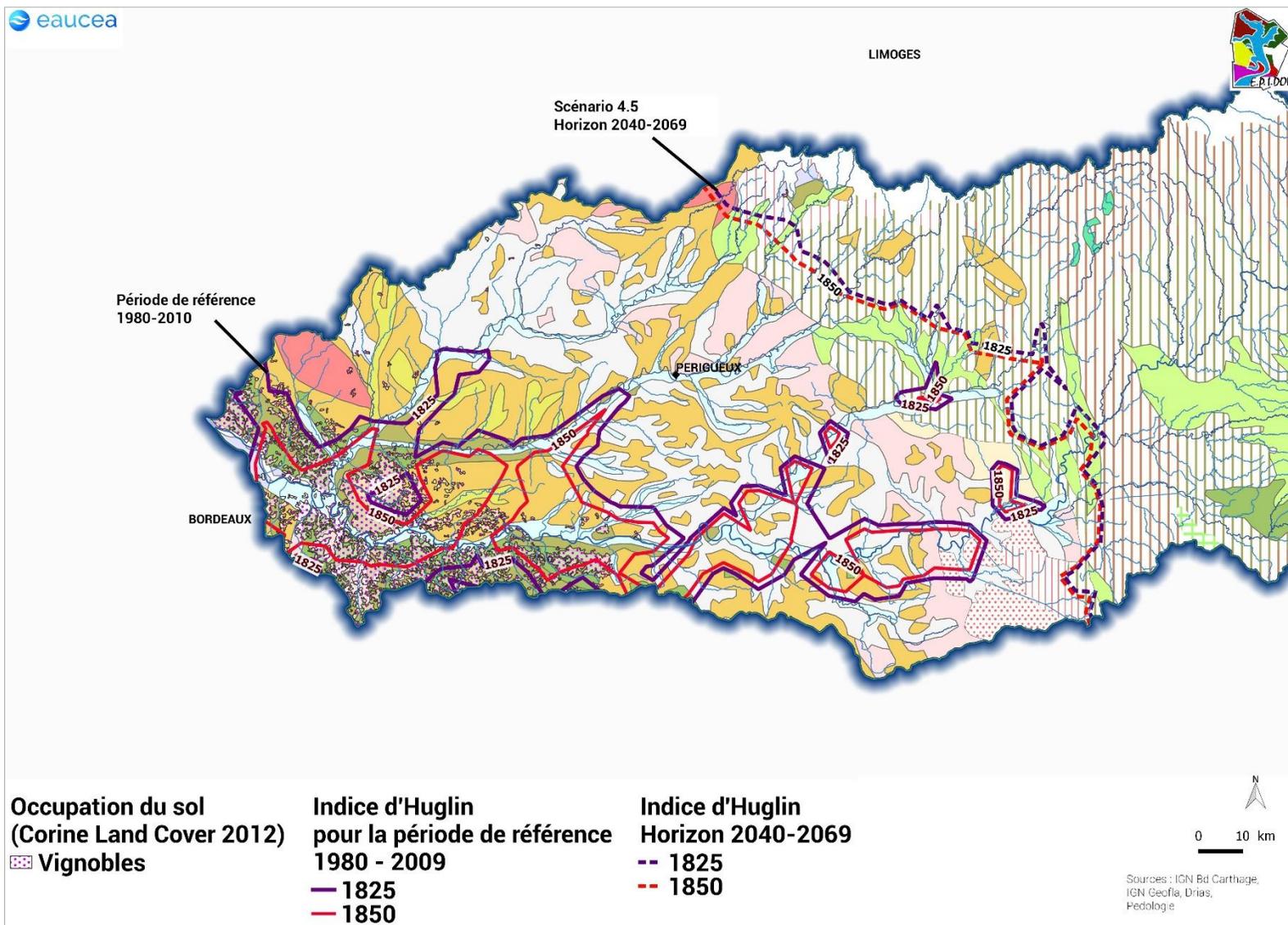


Figure 14 : La vigne en Dordogne Atlantique et l'indice héliométrique – Evolution de l'indice d'Huglin 1850, caractéristique de l'actuel périmètre des vignobles de la basse Dordogne (Source : Eaucéa-EOIODOR Dordogne 2050, 2018)

Impacts prévisibles		Remarques	Source de la donnée
<i>Fonction biologique</i>			
GRANDES CULTURES	- avancement des dates de semis pour les cultures de printemps (maïs, tournesol, ...)		ACCLIMATERRA, 2018
	- retard des dates de semis pour les cultures d'hiver (blé)		
	- avancée de la floraison (de 5 à 15 jours selon les cultures et périodes)		
	- raccourcissement de la phase de remplissage des grains, surtout pour les cultures de printemps		
	- rendements affectés		AEAG, 2014
	- évolution de la santé des cultures : diminution du risque "maladies" durant les mois secs et chauds (mai-sept) ; risques accrus en fin d'automne (nov) et début printemps (mars-avril)		
	- réduction du cycle cultural avec anticipation des stades phénologiques, augmentation des accidents physiologiques, possible dégradation des rendements ou de la qualité des productions		
	- diminution fortes des rendements des cultures d'été (en particulier en Bergeracois) en périodes intermédiaire et sèche	Cultures exigeantes en eau comme le maïs	
- raccourcissement du cycle cultural du maïs (à dates de semis et variétés fixés) et donc avancement des dates de récolte	Lié à l'augmentation de la disponibilité thermique printanière et estivale (1 ^{er} avril-15 septembre)	ClimA-XXI – Dordogne, 2011	
- avancement des dates de semis pour les grandes cultures de printemps et pour les légumes de plein champ	En lien avec le recul des gelées printanières	ClimA-XXI – Dordogne, 2011	
<i>Zones humides et autres milieux aquatiques (hors mers, cours d'eau et nappes)</i>			
ZONES HUMIDES	- accentuation de la régression/dégradation/disparition de certaines zones humides en vallées alluviales	Liée notamment à l'augmentation des températures et à la diminution des débits	AEAG, 2014
	- augmentation du risque d'assèchement des zones humides	Les tourbières apparaissent être les zones humides les plus touchées et les plus sensibles au changement climatique du fait de leur forte dépendance aux conditions climatiques (pluie, T°C, évapotranspiration). L'évapotranspiration pour les zones humides en plaines intérieures est le facteur le plus discriminant	AERMC, 2016
AUTRES	- fragilisation des milieux, modification des chaînes trophiques et plus globalement des réseaux écologiques		AEAG, 2014
<i>Milieu urbain, infrastructures</i>			
VILLES	- augmentation du nombre de jours avec des T°C diurnes supérieures à 30°C		ACCLIMATERRA, 2018
	- accroissement du niveau d'aléa inondation, submersion marine	Notamment par augmentation de la fréquence et de l'intensité des submersions marines	
	- augmentation des îlots de chaleur urbains	Effet sur le bien-être des populations, sur la concentration des polluants et sur la consommation accrue de la climatisation	CESER Pays de la Loire, 2016
INFRA.	- fragilisation potentielle ou accélérée des fondations de ponts et dégradation prématurée des chaussées (par accentuation du risque d'inondation)		CESER Pays de la Loire, 2016

Tableau 1 : Impacts prévisibles du changement climatique sur l'environnement. Liste non exhaustive. En italique, tendances possibles (impacts à vérifier) (Sources : ACCLIMATERRA, 2018 ; AEAG, 2014 ; AERMC, 2016 ; ClimA-XXI – Dordogne, 2011 ; ADAPTACLIMA II – CA24, 2014 ; Eaucéa-EPIDOR Dordogne 2050, 2018 ; CESER Pays de la Loire, 2016 ; INRA, 2009 ; CEP, 2013)

IV. Conclusion

L'évolution des variables climatiques conduira à terme à une nouvelle géographie climatique sur le territoire de Dordogne Atlantique et, avec elle, à des impacts sur l'environnement comme l'érosion de la biodiversité.

Au-delà, elle intervient comme un amplificateur des phénomènes plus généraux de santé et de confort de vie pour l'Homme. Parmi ces derniers, un certain nombre sont susceptibles d'avoir des incidences sur la gestion des ressources en eau sur le bassin du SAGE, en particulier :

- L'augmentation de la demande en eau potable : consommation d'eau dite « de confort » induite par l'augmentation de la température estivale de +1°C = 1.6% prévisible⁸ ;
- L'abaissement de la consommation énergétique en hiver (chauffage) a contrario des besoins en climatisation l'été : entre +3 à 9 fois la valeur actuelle selon les scénarii GIEC pour la période 2040-2070.

Le choix d'une stratégie d'avenir par et pour le territoire de basse Dordogne nécessitera de les garder en mémoire, de même que les facteurs de mutations socioéconomiques (démographie, dichotomie ville-campagne, influence métropolitaine, ...). A cette condition, le territoire pourra ainsi s'envisager sous l'angle de l'adaptabilité, de la résilience et plus globalement de l'alternance.

⁸ Selon l'étude de *Prospective de la demande en eau potable* (Source : EISENBEIS P. & al., 2022), pour le département spécifique de la Gironde pris en référence, « l'évolution démographique et surtout le réchauffement climatique auront une incidence forte sur les consommations : entre 1.5 et 2% par degré supplémentaire supérieur à 20°C ».



Stratégies d'adaptation aux effets du changement climatique

I. Définitions pour un langage commun

Afin de disposer d'un langage commun pour parler de l'adaptation aux effets du changement climatique, sont rappelées quelques définitions fondamentales.

Nota Bene :

Les définitions ci-après sont empruntées au GIEC et à la région Nouvelle-Aquitaine (Sources : GIEC rapport de synthèse 2014, 2015 ; Région Nouvelle-Aquitaine SRCAE, 2012).

Adaptation :

Démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Pour les systèmes humains, il s'agit d'atténuer les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Pour les systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu ainsi qu'à ses conséquences. Sont distinguées :

- L'adaptation spontanée : adaptation à une contrainte climatique par une réponse immédiate et non réfléchie d'un point de vue stratégique ;
- L'adaptation planifiée : résulte de décisions stratégiques délibérées, fondées sur une perception claire des conditions ayant ou devant changer et sur les mesures qu'il convient de prendre pour revenir, s'en tenir ou parvenir à la situation souhaitée.

Atténuation (des changements climatiques) :

Intervention humaine visant à réduire les sources ou à renforcer les puits de gaz à effet de serre (GES). Peut aussi inclure les interventions humaines qui visent à réduire les sources d'autres substances et qui peuvent contribuer directement ou indirectement à limiter le changement climatique, par exemple celles qui réduisent les émissions de matières particulaires pouvant directement influencer sur le bilan radiatif (ex.: le carbone suie) ou les mesures prises pour lutter contre les émissions de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote, de composés organiques

volatils et d'autres polluants pouvant modifier la concentration de l'ozone troposphérique qui a un effet indirect sur le climat.

Résilience :

Capacité des systèmes sociaux, économiques ou environnementaux à faire face à une perturbation, une tendance ou un événement dangereux, leur permettant d'y réagir ou de se réorganiser de façon à conserver leur fonction essentielle, leur identité et leur structure, tout en gardant leurs facultés d'adaptation, d'apprentissage et de transformation.

II. Stratégies d'adaptation

L'adaptation et l'atténuation sont deux stratégies complémentaires pour faire face au changement climatique. Chacune favorise la réduction et la gestion des risques liés aux incidences de ce changement global. L'atténuation, l'adaptation et les incidences sur le climat peuvent toutes entraîner des transformations et des changements dans les systèmes, aussi s'agit-il de démarches non dénuées d'incidences (risques-avantages).

En outre « *de nombreuses options d'adaptation et d'atténuation peuvent aider à faire face aux changements climatiques, mais aucune ne saurait suffire à elle seule. Leur efficacité, qui dépend des politiques et des modalités de coopération adoptées à toutes les échelles, peut être renforcée par des mesures intégrées reliant l'adaptation et l'atténuation à d'autres objectifs sociétaux* » (Source : GIEC Rapport de synthèse 2014, 2015).

a. Température des cours d'eau

Le paragraphe à suivre est le fruit d'observations-simulations réalisés sur le bassin versant de la Loire (Source : ONEMA, Université François-Rabelais Tours, mars 2015), sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse (Source : AERMC, 2016).

Différents facteurs d'atténuation de l'impact du changement climatique sur la thermie des cours d'eau existent :

- Préservation de la ripisylve et limitation du nombre de plans d'eau ou de seuils. La ripisylve arborée joue un rôle très important sur la température de l'eau, notamment en période estivale (Source : GARNER & al., 2014), par interception d'une partie du rayonnement solaire par la canopée. Concourant à augmenter la mise en équilibre de la température de l'eau avec les conditions atmosphériques, la présence d'étangs ou de seuils en série sur les rivières, conduisent à accroître la thermie des eaux superficielles. Leur limitation, leur déconnexion ou leur arasement en serait une réponse.
- Préservation des zones refuge et maintien des apports d'eau de nappe au cours d'eau. De forte influence sur la thermie des cours d'eau, les apports de nappe sont essentiels à maintenir lorsqu'ils existent⁹. Ceci passe par une maîtrise des prélèvements, à la fois de surface (industriels, agricoles, AEP, ...) afin de limiter l'inertie thermique du système, mais également en nappe d'accompagnement pour favoriser les échanges nappe-rivière.
- Préservation des zones hyporhéiques. Cette zone d'interface rivière-nappe est une zone d'échanges fondamentale pour le bon fonctionnement des hydrosystèmes et concoure, quand elle est préservée et en bon état, à tempérer l'élévation de la température de l'eau.
- Maîtrise des rejets d'effluent chaud dans les cours d'eau. La température des cours d'eau ponctuellement et à proximité des zones de rejets pouvant être très impactée par lesdits rejets, leur strict encadrement est fondamental.

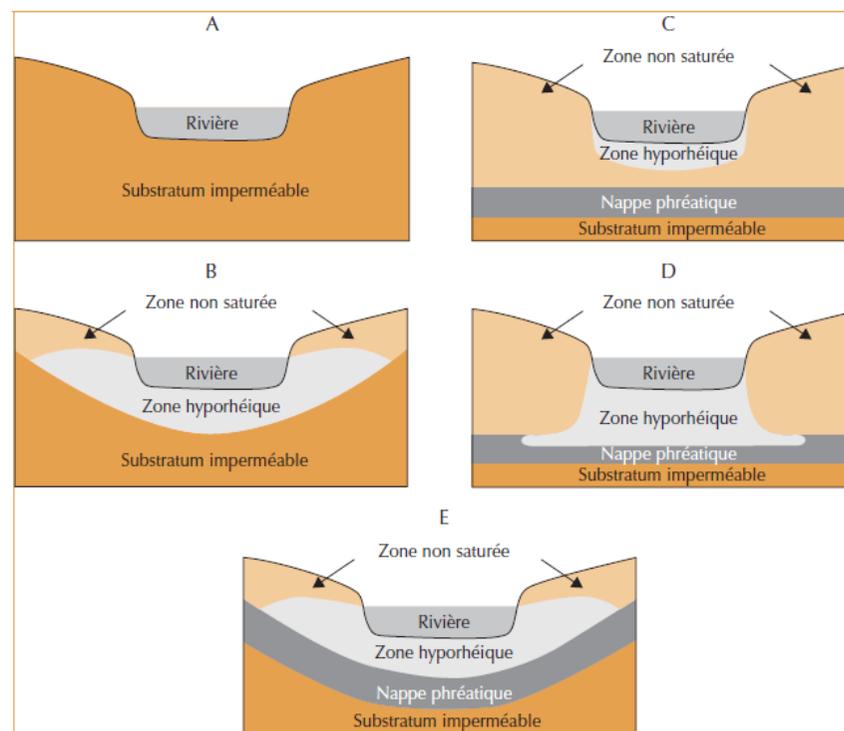


Figure 15: Les différents types de zone hyporhéique (Source : DATRY T. & al., 2008. Modifié d'après MALARD & al., 2000)

⁹ Cours d'eau constituant alors des zones refuges pour les poissons la faune la plus sensible au réchauffement climatique, en particulier à la hausse des températures de l'eau.

b. Productivité piscicole

Dans l'hypothèse d'une diminution de la productivité piscicole, les capacités d'adaptation, au-delà du report de la pêche sur des nouvelles espèces colonisatrices des milieux¹⁰, peuvent également intéresser le métier de pêcheur en lui-même (Source : ACCLIMATERRA, 2018) :

- Rationalisation de la pêche par une diminution des pertes et des coûts
- Mise en place d'écolabels pour une meilleure valorisation et une diversification de l'activité comme le pescatourisme
- Polyvalence dans la capture d'espèces cibles (moins de spécialisation).

D'autres solutions plus générales existent tels : le repeuplement d'espèces, la sanctuarisation d'aires marines et/ou fluviales protégées, l'amélioration de la qualité des eaux marines et/ou fluviales, etc.

c. Peuplements forestiers

Selon l'âge des peuplements, différentes techniques pourront être mises en œuvre pour les maintenir et les renouveler :

- Peuplements (très) jeunes : régénérations sous abri (à l'abri des arbres âgés) et avec trouées de générations de taille variable
- Peuplements plus âgés : mise en œuvre de règles sylvicoles d'économie d'eau (conduite de peuplements en plus faible densité + élagage et sélection d'arbres selon leur aptitude à résister au climat, entretien régulier des sous-bois, ...).

Dans le cas de régénérations artificielles, au-delà du choix optimisé de l'implantation des jeunes plants (environnement hydrique), il est possible de recourir :

- Au paillage et à la plantation en godet pour améliorer la capacité hydrique des sols
- A des techniques de plantation favorisant un ancrage racinaire équilibré (développement dans toutes les directions) pour se prémunir de l'effet des vents violents.

¹⁰ En lien notamment avec les changements attendus dans la répartition spatiale des espèces.

¹¹ Amélioration du potentiel hydrique des sols, limitation des effets de tempêtes en paysage de monoculture (glissement de terrain).

d. Agriculture

1. Viticulture

Face aux évolutions induites par le changement climatique et dans une perspective de maintien du niveau de productivité et de qualité des vins, plusieurs stratégies d'adaptation peuvent être mises en œuvre à plus ou moins long terme (Source : ACCLIMATERRA, 2018) :

- Adaptations techniques : réduction de la hauteur du feuillage, ...
- Vinification : sélection de souches de levures ayant un rendement plus faible en alcool
- Evolution du matériel végétal : introduction progressive de nouveaux cépages plus résistants aux températures et à la sécheresse, emploi de porte-greffes retardant le cycle de la vigne et plus résistants à la sécheresse
- Sélection de parcelles plus fraîches et plus tardives localement (exposition, topographie), avec éventuellement une réserve d'eau plus importante
- Amélioration de la résilience des terres à la sécheresse mais aussi aux tempêtes, notamment par replantation de haies et de brise-vents¹¹, par maintien en herbe du sol, par replantation de rangs de ceps dans le sens contraire à la pente.

2. Grandes cultures

Le maintien des grandes cultures, outre la question de l'irrigation et celle de stratégies d'optimisation de la ressource en eau¹², pourrait nécessiter le recours à diverses options (Sources : ACCLIMATERRA, 2018 ; Centre d'études et de prospective du Ministère de l'Agriculture, 2013) :

- Esquiver le stress hydrique et introduire des cultures dérobées¹³ : choix de variétés culturales à montaison et épiaison plus précoces et avancée des semis, développement de l'implantation de cultures dérobées (après les récoltes d'automne-hiver) accompagné de celui de techniques innovantes (semis en relais dans la culture précédente, ...), décalage des cycles culturaux pour les cultures annuelles

¹² Selon la recherche d'équilibre entre les besoins, la disponibilité en eau et les objectifs de production.

¹³ Les cultures dérobées (sarrasin, trèfle, vesce, ...) sont celles s'intercalant entre deux cultures principales annuelles.

- Améliorer la résilience en diversifiant les cultures et en adoptant des techniques de conservation des sols : couverture permanente des sols pour améliorer la teneur en matière organique et assurer une bonne humidité en surface favorable aux semis¹⁴, développement des cultures intermédiaires favorisant les enracinements des cultures de printemps, ...
- Réorienter les systèmes de production vers des cultures supposées moins sensibles aux changements climatiques et/ou moins exigeantes en eau, voire redéfinir les choix variétaux et/ou relocaliser les grandes cultures actuelles selon les effets attendus du changement climatique et les spécificités locales (disponibilité en eau, nature des sols, exposition, topographie, ...).

3. Arboriculture

Trois voies d'adaptation sont envisagées pour limiter les impacts et les conséquences défavorables, voire pour valoriser des opportunités associées au changement climatique (*Sources : INRA, 2009 ; Région Nouvelle Aquitaine, 2019*) :

- L'ajustement des techniques culturales : taille tardive (éviter le gel et l'avortement floral), maîtrise de la pollinisation, mise en œuvre de l'irrigation de précision (réduction possible de 20-30% sans pénaliser la production, selon des travaux de l'IRTA) et le maintien en herbe du sol, replantation de haies¹⁵
- L'équipement des structures exploitantes en dispositifs permettant de prévenir les risques climatiques : tour antigel fixe ou mobile, systèmes de lutte contre le gel par aspersion sur frondaison, filets paragrêle
- L'adaptation des cultures (choix des variétés et des espèces) et des structures de production (système de culture)
- L'adaptation par voie génétique.

4. Elevage

Les stratégies d'adaptation en matière d'élevage s'orientent autour des conditions même de vie-nourrissage des cheptels et du choix des filières.

En termes de vie-nourrissage, les ajustements pourront porter sur :

- l'équipement et la gestion des bâtiments (ventilation, éclairage, ...)
- la gestion de l'eau et de l'alimentation
- la diversification des ressources fourragères et des rotations (prairies multi-espèces, cultures fourragères annuelles plus résistantes, ...)
- la recherche d'une meilleure autonomie fourragère (développement du pâturage, des légumineuses annuelles et pérennes, ...)
- la limitation de la densité des cheptels
- ...

Quant aux filières, le choix des races pourra devenir déterminant, les races moins productives (plus rustiques) étant généralement moins sensibles à la chaleur que les races très sélectionnées (*Source : ACCLIMATERRA, 2018*). L'association des arbres et de l'élevage au travers de l'agroforesterie est également une voie d'évolution.

e. Aménagement du territoire, urbanisation

Face aux effets du changement climatique, notamment à l'élévation des températures et à l'amplification de l'intensité et de la fréquence des événements pluvieux, différents vecteurs d'atténuation doivent être garantis pour **aménager de façon plus durable** :

- La maîtrise de l'occupation des sols :
 - o réduire, a minima, des surfaces imperméabilisées
 - o répartir les espaces minéral et végétal
 - o définir un coefficient de densité urbaine
 - o maintenir-reconstituer les barrières naturelles et les zones tampons (haies, bois, talus, chenaux, prairies, ...)
 - o densifier tout en préservant le bien-être (notamment en favorisant le renouvellement de la ville sur elle-même ainsi qu'en protégeant et réintroduisant la nature en ville)
 - o préserver et restaurer les zones humides existantes (amont des villes et le long des berges), ainsi que les champs d'expansion de crues

¹⁴ Arrêt du labourage systématique entre deux cultures.

¹⁵ Favorable à une plus grande variété dans la biodiversité, voire consécutivement à une meilleure résilience face à de potentielles recrudescences de ravageurs.

- création de bassins naturels de rétention (noues, ...) vers lesquels sont dirigées les eaux de ruissellement
- multiplication des espaces verts en ville, et de manière générale des surfaces perméables.
- etc.

*« Les bénéfices de la création d'une zone humide en amont d'une ville pourrait être entre 3 à 6 fois supérieurs aux coûts que celle-ci suppose »
(Source : European Commission, 2015).*

- L'adaptation des infrastructures, des réseaux et du cadre bâti en mettant l'accent sur la réhabilitation et la valorisation environnementale :
 - favoriser la création d'îlots de fraîcheur pour rafraîchir la ville (espaces verts, plantations d'arbres, rues végétales, parcs urbains, agriculture urbaine¹⁶, ..., solutions d'autant plus efficaces qu'elles seront combinées avec la présence de zones humides)
 - promouvoir la végétalisation des bâtiments (toits et murs végétalisés¹⁷). La diversification des espaces végétalisés et des espèces est essentielle pour optimiser leurs effets
 - adopter une gestion vertueuse des eaux pluviales (infiltration directe dans le sol, mise en place de fossés humides ou noues, de bassins biotopes de stockage, ...)
 - sécuriser, renforcer la robustesse des équipements publics et des réseaux énergétiques mais aussi augmenter leur résilience
 - améliorer la résilience des bâtiments publics et autres situés en zones inondables
 - adapter les formes, les orientations et les choix de matériaux (matériaux extérieurs clairs et protections solaires pour les bâtiments BBC construits, ...)
 - agroforesterie urbaine
 - etc.

¹⁶ Selon la littérature scientifique, ils réduisent la température de 2.5°C par rapport aux zones environnementales, et ce aussi bien à Valence qu'à Montréal (Source : APPA Nord-Pas-de-Calais, 2014).

III. Conclusion

Si le changement climatique et ses effets font consensus, sa prise en compte est dorénavant un enjeu majeur pour l'avenir de nos sociétés. Malgré les incertitudes demeurant en termes d'évolution des paramètres climatiques, mais également sociétaux et politiques, il apparaît nécessaire de se préparer à « agir autrement », pour s'adapter à des situations très différentes, et ce dans un grand nombre de secteurs clés. Adopter l'idée que demain sera différent et le faire avec humilité, en restant ouvert à l'avancée de toutes nouvelles connaissances est indispensable.

Sans prétendre à l'exhaustivité, les différentes stratégies d'adaptation au changement climatique, présentées ci-avant, offrent des marges de manœuvre pour envisager l'avenir autrement, non pas sous l'angle seul de la résistance du territoire aux risques climatiques, mais bien plus sous celui de l'éventail des opportunités offertes. Cela suppose de croire possible la synergie entre adaptation et prise en compte des enjeux environnementaux, à condition cependant d'imaginer des changements qui peuvent être profonds dans les systèmes de production et de vérifier que le contexte socioéconomique s'y prête. Outre les impératifs environnementaux, le challenge de la résistance, résilience, adaptation et atténuation aux changements climatiques est un moteur fort de la compétitivité et de la capacité d'innovation du territoire. Les **Solutions fondées sur la Nature** (SnF) (voir encadré page suivante) sont une réponse au défi climatique à condition toutefois d'en favoriser la mise en œuvre notamment, par la construction d'un nouveau socle technique, réglementaire et juridique, et par la nécessaire promotion d'une collaboration intersectorielle autour d'une vision partagée (par opposition au schéma actuel de cloisonnement des différents domaines d'activité).

Selon le Vème rapport du GIEC, il est très probable (90-100%) que les activités anthropiques restent le principal facteur de pression sur les écosystèmes aquatiques d'eau douce dans l'avenir. L'action sur les facteurs anthropiques est dès lors incontournable pour répondre aux enjeux climatiques, de même que la recherche et mise en application de solutions fondées sur la nature (Tableau 2) qui constituent des opportunités réelles et avantageuses (Source : UICN, 2016).

¹⁷ Dispositifs améliorant en parallèle l'isolation thermique des bâtis.

Notion :

Les Solutions fondées sur la Nature (SnF) pour lutter contre les changements climatiques (Source : UICN comité Français, 2016)

Les solutions fondées sur la nature, à savoir qui s'appuient sur les écosystèmes, permettent de contribuer à la lutte contre les changements climatiques tout en apportant des bénéfices pour la préservation de la biodiversité. Ce sont des actions positives et « sans regret » car elles apportent des avantages combinés sur les plans environnementaux, économiques et sociaux.

Elles concernent trois types d'actions qui peuvent être combinées :

- *La préservation d'écosystèmes intacts et en bon état écologique*
- *L'amélioration de la gestion durable d'écosystèmes utilisés par les activités humaines*
- *La restauration d'écosystèmes dégradés ou la création d'écosystèmes.*

Elles représentent une alternative économiquement viable et durable, souvent moins coûteuse à long terme que des investissements technologiques ou la construction et l'entretien d'infrastructures.

Le rôle des écosystèmes naturels pour absorber les émissions de carbone et aider les pays à s'adapter au changement climatique a été clairement reconnu lors de la COP21 et dans le nouvel Accord de Paris adopté le 12 décembre 2015. L'accord de Paris souligne également l'importance d'assurer l'intégrité de tous les écosystèmes et la protection de la biodiversité lorsque des actions sont conduites pour lutter contre le changement climatique.

Finalités des Solutions fondées sur la Nature (SnF)	Attendus des solutions	Remarque
Solutions pour réguler le climat	- stockage du CO2 via la photosynthèse grâce à des écosystèmes en bonne santé (forêts, zones humides, océans, ...)	Pour les forêts, favoriser : - les stades âgés et la diversité biologique, - les peuplements multistratifiés
	- transformation progressive de la végétation en tourbe (sous couvert du bon état de conservation des tourbières)	
	- conservation des puits de carbone par arrêt de la destruction et la dégradation des milieux naturels et garantie de leur préservation	Penser à cet effet à améliorer la gestion des milieux naturels et à développer le réseau des aires protégées
Solutions pour limiter les risques naturels	<u>Risques d'inondation :</u> - diminution de l'intensité des crues et de leurs dommages par la préservation et la restauration des zones humides - protection ou restauration des plaines d'inondation - promotion des « infrastructures naturelles », voire combinaison de celles-ci avec les infrastructures artificielles	Solutions de gestion des inondations moins coûteuse et plus durable tout en offrant des habitats naturels pour la faune et la flore aquatiques
	<u>Risques d'érosion :</u> - maintien d'un littoral naturel (intervention privilégiée en génie écologique) - protection des écosystèmes côtiers pour en limiter l'érosion à la fois par effets mécaniques-climatiques (élévation des niveaux marins, augmentation des fréquences de tempêtes, baisse d'approvisionnement en sédiments) et par artificialisation des sols	
	<u>Risques de sécheresses :</u> - retour de la nature en ville : toitures végétalisées, développement des espaces verts, maintien ou création de milieux naturels en périphérie, ... - création de sols moins artificialisés et moins imperméables Préservation des espaces perméables pour optimiser l'infiltration de l'eau et l'érosion des sols - gestion naturaliste des eaux pluviales (noues paysagères, ...) - plantation d'espèces locales peu consommatrices d'eau et/ou résistantes à la sécheresse	Végétalisation de la ville pour lutter contre la hausse des températures en son sein

Tableau 2 : Exemples de solutions fondées sur la nature pour lutter contre les changements climatiques (Source : UICN Comité Français, 2016)



Adresse

EPIDOR

Place de la Laïcité, 24 250 Castelnau-la-Chapelle

05 53 29 17 65 / eptb-dordogne.fr

Contact

Christine GUERIN

Animatrice du SAGE Dordogne Atlantique

06 30 53 96 64