



ETAT DES LIEUX DIAGNOSTIC PREALABLE A L'ELABORATION DU PROJET DE TERRITOIRE POUR LA GESTION DE L'EAU DU BASSIN DE LA VIE ET DU JAUNAY Phase 2 – Réalisation du volet Climat

Financé
par



Financé par
l'Union européenne
NextGenerationEU

Jun 2023



1	INTRODUCTION	7
2	SYNTHESE DES DISPOSITIONS DES DOCUMENTS CADRES SUR L'ADAPTATION DES TERRITOIRES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	8
2.1	<i>Plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire-Bretagne (AELB - Juin 2018)</i>	8
2.2	<i>SAGE Vie-Jaunay</i>	10
2.3	<i>Plans climat-air-énergie territorial (PCAET)</i>	10
2.3.1	Vie et Boulogne, juillet 2021	11
2.3.2	Pays des Acharde, janvier 2021	12
2.3.3	Pays de Saint-Gilles-Croix-de-Vie, en cours	13
3	EVOLUTION DU CLIMAT ET DE LA RESSOURCE EN EAU SOUS LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	15
3.1	<i>Méthodologie globale</i>	15
3.2	<i>Choix de scénarios climatiques en fonction des indicateurs de pluie et de température</i>	22
3.2.1	Impact du changement climatique sur les températures	22
3.2.2	Impact du changement climatique sur les pluies	24
3.2.3	Sélection des deux modélisations climatiques : scénarios médian et pessimiste	24
3.3	<i>Présentation des données de pluie et d'évapotranspiration des deux scénarios sélectionnés</i>	27
3.4	<i>Evolution de la ressource en eau sous les effets du changement climatique</i>	34
3.4.1	Description du modèle GR2M	34
3.4.2	Calibration du modèle sur le site d'étude	35
3.4.3	Impact du changement climatique sur les débits	39
4	EVOLUTION DES USAGES HUMAINS DE L'EAU	65
4.1	<i>Résumé des évolutions prises en compte dans l'étude EVEP 2015</i>	65
4.2	<i>Eau potable</i>	67
4.2.1	Evolution prévisible des consommations	68
4.2.2	Evolution prévisible des besoins en prélèvement	74
4.3	<i>Industrie</i>	76
4.4	<i>Irrigation</i>	77
4.4.1	Rappel sur les prélèvements actuels	77
4.4.2	Projets connus pour l'usage irrigation	80
4.4.3	Les effets attendus du changement climatique sur les cultures irriguées et les pratiques	80
4.4.4	Scénarios pour le bassin versant Vie Jaunay	82
4.4.5	Résultats des scénarios et commentaires	85
4.5	<i>Abreuvement</i>	88
4.6	<i>Plans d'eau</i>	88

4.7	<i>Synthèse de l'évolution des usages humains de l'eau</i>	91
5	EVOLUTION DES BESOINS DU MILIEU AQUATIQUE	94
5.1	<i>Conséquence des effets attendus sur l'hydrologie sur les débits écologiques actuels</i>	95
5.2	<i>Effets attendus sur la qualité de l'eau</i>	99
5.2.1	Effets sur la qualité	99
5.2.2	Diminution des débits d'eau douce : moins de dilution	100
5.2.3	Modification de la variation de salinité au sein des masses d'eau de transition	102
5.3	<i>Analyse de la vulnérabilité des espèces face aux effets du changement climatique</i>	104
5.3.1	Espèces présentes dans les réservoirs biologiques	104
5.3.2	Autres poissons	105
5.4	<i>Effets attendus sur les écosystèmes aquatiques et les zones humides</i>	108
5.4.1	Masses d'eau	108
5.4.2	Marais	109
5.4.3	Zones humides alluviales	113
5.5	<i>Synthèse de l'évolution des besoins des milieux aquatiques</i>	114
6	SYNTHESE DU VOLET CLIMAT	115

Liste des tableaux

Tableau 1. Récapitulatif des valeurs (en mm) et des écarts (en %) relatifs à la pluie pour les deux scénarios médian (Aladin) et pessimiste (CCLM4).....	29
Tableau 2. Récapitulatif des valeurs (en mm) et des écarts (en %) relatifs à l'ETP pour les deux scénarios médian (Aladin) et pessimiste (CCLM4).....	32
Tableau 3. Paramètres d'efficience de calibration.....	35
Tableau 4 : débits caractéristiques 2050 par UH – Scénario médian.....	61
Tableau 5 : débits caractéristiques 2050 par UH – Scénario pessimiste.....	62
Tableau 6 : projections de population à horizons 2030 et 2050.....	71
Tableau 7 : évolution des consommations d'eau potable uniquement basée sur l'évolution de la population.....	73
Tableau 8 : évolution des consommations d'eau potable selon estimation Vendée Eau (+1%/an).....	74
Tableau 9 : besoins futurs d'eau brute pour la production d'eau potable.....	76
Tableau 10 : prélèvement d'irrigation dans le milieu, en tenant compte de l'effet des plans d'eau (phase 1).....	77
Tableau 11 : évolution des superficies irriguées sur les périmètres département Vendée et bassin versant Vie Jaunay d'près RGA 2010 et 2020.....	78
Tableau 12 : Dynamiques des filières végétales en région Pays de la Loire – Varenne de l'eau.....	79
Tableau 13 : projets de plans d'eau connus sur le territoire.....	80
Tableau 14 : scénarios pour l'usage irrigation à horizon 2050.....	84
Tableau 15 : hypothèse IRRIG MIN.....	85
Tableau 16 : volumes hivernaux potentiellement mobilisables selon les préconisations du SDAGE Loire-Bretagne.....	87
Tableau 17 : hypothèse IRRIG MAX.....	88
Tableau 18 : prélèvements 2050 dus aux plans d'eau – Scénario médian.....	89
Tableau 19 : prélèvements 2050 dus aux plans d'eau – Scénario pessimiste.....	90
Tableau 20 : classes de qualité pour le paramètre DBO5.....	100
Tableau 21 : qualité de l'eau en étiage estimée par calcul de dilution prenant en compte le débit issu de la simulation du scenario médian.....	100
Tableau 22 : qualité de l'eau en étiage estimée par calcul de dilution prenant en compte le débit issu de la simulation du scenario pessimiste.....	101
Tableau 23 : comparaison des scenarios sur le paramètre DBO5.....	101
Tableau 24 : variabilité de la saturation de l'eau en O2 dissous en fonction de la température et de la salinité (source : maladies et troubles engendrés par la qualité de l'eau).....	103
Tableau 25 : Réceptivité des poissons aux infections par les organismes pathogènes en fonction de la température.....	107

Liste des figures

Figure 1 : Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) sur le périmètre du SAGE	11
Figure 2. Schéma des étapes de la descente d'échelle de la modélisation globale (GCM), à la régionale (RCM) jusqu'à l'échelle plus locale	16
Figure 3 : comparaison des scénarios d'émissions de gaz à effets de serre (Source : http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/175).....	18
Figure 4. Schéma de la méthode pour évaluer l'impact du changement climatique sur la ressource	21
Figure 5. Ecart de température (°C) entre scénarios historique et futur (1 courbe par modèle).....	22
Figure 6. Comparaison des médianes des températures de tous les résultats des modèles entre la période historique (2005-2022) et la période future (2036-2065)	23
Figure 7. Ecart de pluie (%) entre les médianes des pluies des modèles pour la période historique (2005-2022) et pour la période future (2036-2065)	24
Figure 8. Diagramme $\Delta T / \Delta P$ pour la saison estivale pour le scénario 4.5 (en haut) et le scénario 8.5 pour toutes les simulations individuelles de l'ensemble DRIAS-2020 entre la période de référence (1976-2005) et la fin de la décennie (2071-2100).....	25
Figure 9. Comparaison sur les périodes étudiées des deux scénarios sélectionnés (médian et pessimiste) ainsi que la médiane de toutes les simulations	26
Figure 10. Comparaison des évolutions des pluies par rapport à la période historique pour les scénarios médian et pessimiste à horizon moyen (2050).....	27
Figure 11. Chroniques des pluies annuelles à Palluau de 2006 à 2065	30
Figure 12. Chronique de l'ETP annuelle sur Palluau de 2006 à 2065	33
Figure 13. Schéma du modèle GR2M.....	34
Figure 14. Résultats de calibration de la Vie à la chapelle Palluau sur la période 2003-2019.....	36
Figure 15. Résultats de calibration du Jaunay à la Chapelle Hermier sur la période 2003-2019.....	37
Figure 16. Résultats de calibration de la petite Boulogne à la Chapelle Palluau sur la période 2003-2019.....	38
Figure 17. La Vie à la Chapelle-Palluau - Scénario médian.....	40
Figure 18. La Vie à la Chapelle-Palluau - Scénario pessimiste	42
Figure 19. La Petite Boulogne - Scénario médian.....	47
Figure 20. La Petite Boulogne - Scénario pessimiste.....	49
Figure 21. Le Jaunay à la Chapelle-Hermier - Scénario médian.....	54
Figure 22. Le Jaunay à la Chapelle-Hermier - Scénario pessimiste.....	56
Figure 23. Variations possibles du débit minimum moyen par UH	63

Figure 24. Variations possibles du débit minimum quinquennal par UH	63
Figure 25. Variation des débits moyens mensuels de l'UH1 sous les effets du changement climatique – scénarios médian et pessimiste	64
Figure 26 : Evolution de la population en France et en Vendée entre 1876 et 2019 (source : INSEE)	68
Figure 27 : taux d'évolution de la population de 2020 à 2050 reconstitué à l'échelle des SCOTs d'après les données SCOT et INSEE	72
Figure 28 : superficie irriguée par groupes de cultures sur le groupe de communes du bassin versant VJL	78
Figure 29 : volume hivernal mobilisable sur la Vie avec fraction prélevable MAX = 60%M	86
Figure 30 : estimation des besoins de prélèvements totaux 2050, Scénario médian, hypothèse IRRIG MIN	92
Figure 31 : estimation des besoins de prélèvements totaux 2050, Scénario pessimiste, hypothèse IRRIG MIN	93
Figure 32 : estimation des besoins de prélèvements totaux 2050, Scénario pessimiste, hypothèse IRRIG MAX	94
Figure 33 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés pour l'UH Vie Amont	95
Figure 34 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés pour l'UH Petite Boulogne	96
Figure 35 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés en aval la retenue d'Apremont	96
Figure 36 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés pour l'UH Ligneron amont	97
Figure 37 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés pour l'UH Jaunay Amont	98
Figure 38 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés en aval de la retenue du Jaunay	98
Figure 39 : températures optimales et gammes de résistance à la température pour le juvénile de plusieurs espèces piscicoles (source : Tissot et Souchon, 2011)	106
Figure 40 : températures optimales et gammes de résistance à la température pour l'adulte de plusieurs espèces piscicoles (source : Tissot et Souchon, 2011)	106

ANNEXES

Annexe 1 : Plan d'adaptation au changement climatique du bassin Loire-Bretagne : cartes des vulnérabilités

Annexe 2 : Effets du changement climatique sur les débits moyens mensuels par UH.

Annexe 3 : Synthèse de l'évolution des besoins de prélèvements entre 2020 et 2050 par UH et par scénario

Historique des versions					
Date	Version	Nature	Rédaction	Vérification	Validation
Décembre 2022	v1	Rapport	RC, ML, FL, SA	SA	
Janvier 2023	v2	Prise en compte des remarques sur la version 1 suite au COTECH du 20/12/2022	SA	SA	
Mars 2023	v3	Mise à jour tableau Vendée Eau et prise en compte remarques SMMVLJ sur version de janvier 2023	SA	SA	
Juin 2023	v4	Modifications des valeurs des usages suite à erreur matérielle en Phase 1	SA	SA	

1 INTRODUCTION

Le volet Climat de l'étude HMUC a pour objectif de caractériser la vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique afin d'éclairer les choix stratégiques que les acteurs seront amenés à réaliser dans le cadre du programme d'actions du PTGE. La vulnérabilité au changement climatique d'un territoire est définie comme le croisement entre

- son exposition aux variations climatiques et à leurs effets sur l'hydrologie et l'hydrogéologie,
- et la sensibilité des milieux et des usages de l'eau.

Dans ce but, les projections climatiques « DRIAS, les futurs du climat » sont utilisées et 2 scénarios contrastés sont sélectionnés pour évaluer les effets du changement climatique sur la ressource en eau.

Nous analysons ensuite les effets de ce climat futur sur la ressource en eau, sur les usages humains de l'eau selon les perspectives d'évolutions du territoire ainsi que sur les besoins en eau des milieux en considérant un scénario tendanciel qui consiste en une projection de la situation actuelle dans le futur.

L'évolution des débits caractéristiques influencés constitue un indicateur global qui traduit la vulnérabilité du territoire au changement climatique.

2 SYNTHÈSE DES DISPOSITIONS DES DOCUMENTS CADRES SUR L'ADAPTATION DES TERRITOIRES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.1 Plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire-Bretagne (AELB - Juin 2018)

Ce plan d'adaptation a été construit en 2018 dans une démarche concertée par le comité de bassin Loire-Bretagne. Il permet de mettre en avant les paramètres et les secteurs les plus vulnérables face au changement climatique. Ainsi, il peut aider à l'orientation d'actions pour d'autres documents de planification et de programmation à l'échelle du bassin versant ou à l'échelle locale.

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 PGRI¹ sur le bassin.

La vulnérabilité des territoires aux effets du changement climatique est analysée en projetant la sensibilité actuelle des territoires selon chaque indicateur dans le climat de demain à partir des simulations EXPLORE 2070. Des cartes comparant la sensibilité actuelle et la vulnérabilité du territoire sont produites pour chaque indicateur.

Quatre indicateurs ont été choisis pour décrire la vulnérabilité des territoires vis-à-vis des évolutions possibles du climat et de l'hydrologie sous les effets du changement climatique :

- La disponibilité en eau à l'étiage traduisant la pression de prélèvement qui s'exerce à l'étiage sur les milieux aquatiques : les côtiers vendéens déjà sensibles sont vulnérables aux effets du changement climatique,
- Le bilan hydrique des sols en fin d'été, indicateur relatif à l'assèchement des sols au cours du printemps et de l'été, il est décrit par l'écart entre l'évapotranspiration potentielle et les précipitations printemps-été d'une part et la réserve utile du sol d'autre part ; cet indicateur est essentiellement utile pour l'agriculture ; les côtiers vendéens ne sont pas particulièrement vulnérables selon cet indicateur en raison d'une sensibilité moyenne due à une réserve utile plutôt faible,

¹ PGRI : Plan de Gestion du Risque Inondation

- La biodiversité des milieux aquatiques ; cet indicateur combine une vulnérabilité des cours d'eau et une vulnérabilité des zones humides ; la sensibilité est décrite par la richesse de la biodiversité (ZNIEFF, Natura 2000), l'altération de l'hydromorphologie (obstacles à l'écoulement,...) ; les côtières vendéens sont sensibles pour les cours d'eau et les zones humides et apparaissent donc comme vulnérables aux effets du changement climatique,
- La capacité d'autoépuration des milieux aquatiques ; la sensibilité de cet indicateur est décrite par les facteurs hydromorphologiques comme la présence d'ombrage, la présence de plans d'eau à proximité des cours d'eau ; les côtières vendéens font partie des secteurs les plus vulnérables selon cet indicateur du fait d'une forte sensibilité actuelle.

Les cartes comparant sensibilité et vulnérabilité pour chaque indicateur sont fournies en Annexe. On positionne approximativement le bassin Vie-Jaunay sur chacune d'elles à l'échelle du bassin Loire Bretagne.

Cette analyse conclut à l'échelle du bassin Loire-Bretagne à « 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. »

Le comité de bassin présente ensuite un plan d'adaptation, selon cinq **enjeux** centraux en matière d'aménagement et de gestion de l'eau qu'il a identifiés en 2013 pour le SDAGE 2016-2021. Pour chaque enjeu, le plan précise les enjeux que représente le changement climatique, les **leviers d'actions** disponibles et des **exemples d'actions** déjà engagées.

Le tableau suivant résume les leviers d'actions pour chaque enjeu :

ENJEUX et PRINCIPES	LEVIERS D' ACTIONS	EXEMPLES D' ACTIONS
<p>Qualité : prévenir la dégradation de la qualité de l'eau et maintenir voire renforcer les capacités auto-épuratrices des milieux naturels aquatiques.</p>	<p>Limiter l'augmentation de la température de l'eau</p> <p>Limiter les pollutions ponctuelles</p> <p>Limiter la pression polluante diffuse</p> <p>Améliorer et diffuser la connaissance</p> <p>Restaurer la capacité auto-épuratrice des milieux aquatiques</p>	<p>Suivre l'évolution de la température de l'eau, définir les risques pour les populations piscicoles.</p> <p>Accompagnement à l'échelle des systèmes d'exploitation.</p> <p>Meilleure gestion des déchets dans le secteur immobilier</p> <p>Meilleure gestion des flux d'eau usées</p> <p>Mettre à disposition de données de l'évolution météorologique locales</p>
<p>Milieux aquatiques : augmenter la robustesse et la résilience des écosystèmes aquatiques, afin de redonner aux milieux leurs fonctionnalités</p>	<p>Rétablir, maintenir ou améliorer l'hydraulique fonctionnelle et la qualité des milieux aquatiques</p> <p>Intégrer économiquement la protection et la restauration des milieux aquatiques</p> <p>Maîtriser l'étalement péri-urbain et la gestion de l'eau en ville et dans les activités humaines</p> <p>Améliorer et diffuser la connaissance</p>	<p>Restauration de zones humides, de la morphologie des cours d'eau, de la continuité écologique, de la ripisylve, d'annexes hydrauliques...</p>

<p>Quantité : 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.</p>	<p>Développer la gestion intégrée de la ressource et le stockage naturel de l'eau</p> <p>Optimiser la gestion de l'eau potable</p> <p>Explorer des pistes alternatives de gestion de la ressource dans le temps et dans l'espace</p> <p>Adapter les usages à la ressource disponible</p> <p>Améliorer et diffuser la connaissance</p>	<p>Gestion des eaux pluviales, désimperméabilisation des sols</p> <p>Augmenter l'efficacité de l'irrigation</p> <p>Développement de techniques de conservation du sol, réduction du travail du sol</p> <p>Gestion raisonnée de la ressource en eau par un pilotage de l'irrigation</p>
<p>Inondations et submersion marine : mettre en œuvre les politiques actuelles de prévention des risques tout en développant une vision à long terme.</p>	<p>Accélérer la mise en œuvre des politiques</p> <p>Gérer autrement les zones inondables dont les espaces côtiers</p> <p>Améliorer et diffuser la connaissance</p>	<p>Restauration de zones humides</p> <p>Réhabilitation de d'annexes hydrauliques et de zones de frayères à brochets</p> <p>Prise de conscience de la population sur les risques littoraux.</p>
<p>Gouvernance : améliorer et diffuser la connaissance, pour intégrer l'adaptation au changement climatique dans tous les lieux et documents de gouvernance.</p>	<p>Améliorer et diffuser la connaissance pour tous les publics</p> <p>Améliorer la prise en compte de l'adaptation au changement climatique dans les politiques</p>	<p>Améliorer les connaissances sur les conséquences du changement climatique</p> <p>Prendre en compte le réchauffement climatique dans les projets d'aménagement</p> <p>Anticiper la gestion des barrages</p>

2.2 SAGE Vie-Jaunay

Depuis le 3 mars 2011, date de la publication de l'arrêté préfectoral d'approbation, le SAGE Vie Jaunay est opposable. Il est constitué d'un Plan d'Aménagement et de Gestion Durable de la ressource en eau et des milieux aquatiques et d'un règlement.

Dans l'état des lieux – diagnostic validé en 2021, le SAGE identifie l'enjeu du changement climatique et la vulnérabilité du territoire selon les indicateurs du Plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire-Bretagne (AELB - Juin 2018). La forte vulnérabilité du territoire est due à une sensibilité élevée pour 3 indicateurs sur 4.

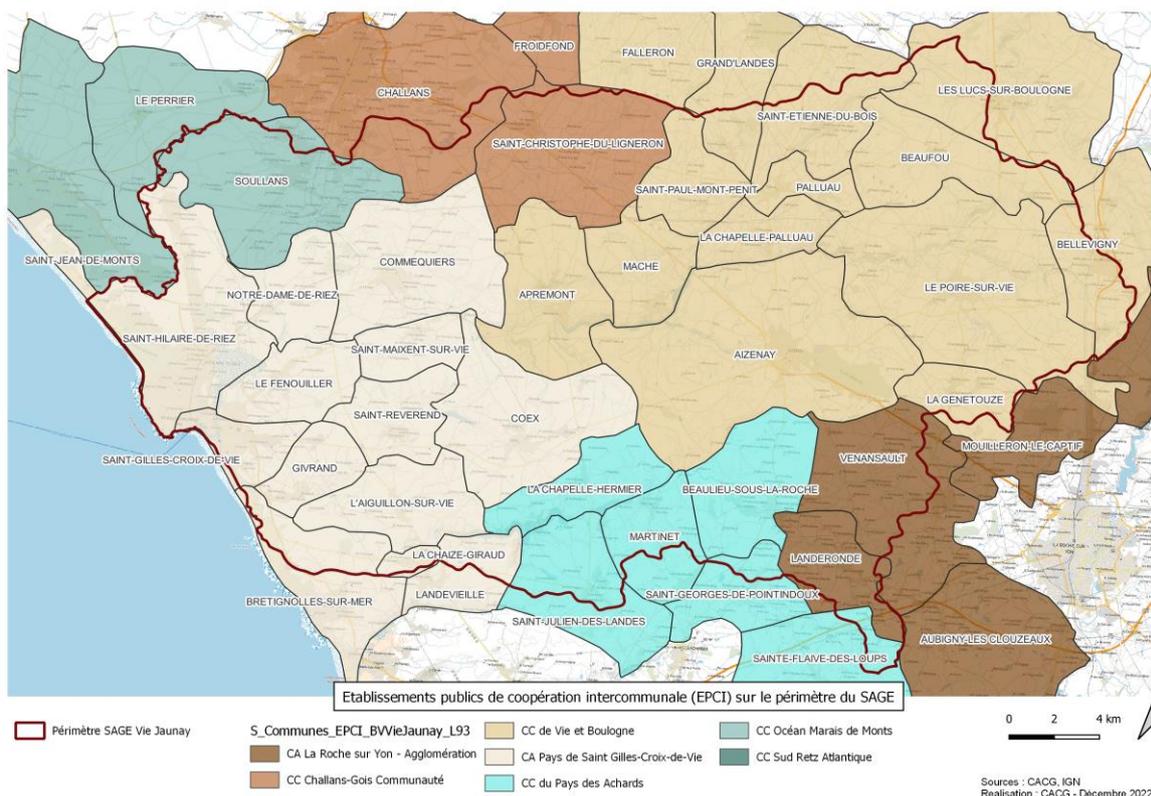
2.3 Plans climat-air-énergie territorial (PCAET)

Les PCAET, conclus dans le cadre de la loi de transition énergétique pour la croissance verte, renforcent le rôle des intercommunalités sur la transition climatique. L'objectif des PCAET est de limiter l'impact du territoire sur le changement climatique, d'améliorer la qualité de l'air et d'adapter le territoire au changement climatique pour réduire sa vulnérabilité. Ils courent sur une période de 6 ans. Les leviers d'actions sont la réduction des gaz à effet de serre (GES), la réduction de la consommation d'énergie et le développement local d'énergies renouvelables (EnR).

Les PCAET comprennent trois volets : état des lieux (connaissance du territoire), diagnostic (stratégie) et plan d'action.

Le territoire du SAGE Vie Jaunay se situe pour partie sur 6 EPCI dont les PCAET sont à divers stades d'avancement. Les paragraphes suivants résument les actions d'adaptation au changement climatique en lien avec la ressource ou les usages de l'eau sur les 3 territoires qui recourent la majeure partie du périmètre d'étude.

Figure 1 : Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) sur le périmètre du SAGE



2.3.1 Vie et Boulogne, juillet 2021

Source : <https://www.datajoule.fr/pages/1161epx-pcaet-vie-et-boulogne-accueil/>

L'état des lieux comprend une identification des masses d'eau souterraine et des eaux superficielles ainsi que leurs forces, faiblesses et leur vulnérabilité face au changement climatique (CC).

Les enjeux ont été qualifiés de faible à moyen concernant les eaux souterraines, et de moyen à fort (soit priorité 1) pour les eaux superficielles.

Le diagnostic présente les enjeux identifiés et les leviers d'action associés (tableau ci-dessous)

Enjeux	Leviers d'action
<p>Ressources en eau souterraines limitées, dépendance de l'AEP aux eaux superficielles</p> <p>Pollution aux nitrates, phosphates, aux MO oxydables participant à l'eutrophisation</p> <p>Morphologie des cours d'eau dégradée</p> <p>Etiages et augmentation de la demande en lien avec le tourisme et les prélèvements agricoles. Restriction d'usage en période estivale.</p> <p>Impact du CC sur la qualité et la quantité à anticiper</p>	<p>Limiter les intrants agricoles</p> <p>Améliorer la gestion de l'eau</p> <p>Maintenir le bon rendement du réseau</p> <p>Diminuer les prélèvements</p> <p>Anticiper les arbitrages entre les usages (agriculture et AEP) en lien avec les programmes existants (SAGE, contrats d'eau, PMPOA)</p> <p>Limiter l'imperméabilisation des sols – mettre en place des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales</p> <p>Valoriser le rôle des zones humides (ZH) dans l'absorption des phénomènes pluvieux extrêmes</p>

Le plan d'action de la CCVB comprend 3 axes stratégiques et 2 axes transverses.

L'axe 3 « un territoire qui s'adapte aux changements climatiques et qui régénère les écosystèmes » comprend une action cadre 3.4 « Protéger la ressource en eau » avec trois sous-actions présentées dans le tableau suivant

3.4.1	Optimiser et réduire les besoins en eau, adapter les systèmes de production agricole afin de prendre en compte le CC
3.4.2	Protéger les cours d'eau et les ZH
3.4.3	Inciter à la réduction de la consommation en eau des particuliers

2.3.2 Pays des Achards, janvier 2021

Source : <https://www.cc-paysdesachards.fr/le-pays-des-achards/les-grands-projets/345-plan-climat-air-energie-territorial-pcaet.html>

Le diagnostic identifie la préservation et le partage de la ressource en eau comme un enjeu clé.

L'état des lieux aborde les éléments suivants :

- Le territoire présente une forte exposition aux pollutions agricoles ; les masses d'eau sont en mauvais état écologique. L'état quantitatif des nappes est médiocre, et les prélèvements agricoles dans ces nappes peuvent contribuer à des situations d'assecs. L'interdépendance des états quantitatifs et qualitatifs est soulignée,

- Des mesures de restrictions exceptionnelles ont été prises à plusieurs reprises pendant ces 20 dernières années, avec des mesures pour sécuriser l'approvisionnement en eau potable.
- La politique de Vendée Eau contre le gaspillage.

Les effets attendus du changement climatique sont les suivants :

- de potentiels conflits d'usage dus à la baisse attendue des débits dans les cours d'eau et de la recharge des nappes concomitante de la hausse de la demande (en particulier due à la croissance de la fréquentation touristique),
- des vulnérabilités accrues pour les milieux, l'agriculture, le tourisme et la santé. Pour l'agriculture en particulier, les effets attendus sont contrastés : ils peuvent être positifs avec des rendements augmentés (jusqu'à un certain seuil et à condition de disponibilité en eau) ; ou négatifs comme, par exemple, avec la pression parasitaire sur les cultures ou la sensibilité des animaux aux épisodes de forte chaleur. Ils demanderont dans tous les cas une adaptation des pratiques, en particulier, pour la production et le stockage de fourrage mais de manière générale sur tous les calendriers culturels. Le PCAET pose la question de l'équilibre économique des exploitations dépendantes de réseaux d'irrigation.

Le plan d'action comprend un axe 5 « adapter le territoire au changement climatique » avec :

- une action 5.3 « garantir une ressource en eau en quantité et de qualité » déclinée opérationnellement par les objectifs suivants :
 - élaborer un Projet Territorial de Gestion de l'Eau (PTGE),
 - Récupérer et stocker l'eau de pluie,
 - Réduire les consommations du secteur touristique,
 - Optimiser les consommations du secteur agricoles, adapter les cultures,
 - Valoriser les milieux aquatiques remarquables (ZH...).
- une action 5.5 « adapter l'agriculture aux changements climatiques » avec entre autres la préconisation d'assurer le maintien d'une agriculture économe en eau (évolution des cultures, nouvelles techniques d'irrigation).

2.3.3 Pays de Saint-Gilles-Croix-de-Vie, en cours

Source : <https://payssaintgilles.fr/le-pays-de-saint-gilles-croix-de-vie/>

Les 45 actions du PCAET de Saint-Gilles-Croix-de-Vie ont été votées par le conseil communautaire en juillet 2022, il est en cours d'instruction par les services de l'état et sera approuvé, après possibles modifications, au premier trimestre 2023.

Dans le **diagnostic**, la ressource en eau est traitée en partie 6 - Vulnérabilité du territoire au changement climatique. Les effets du changement climatique identifiés sont :

- une disponibilité de la ressource en diminution,
- une hausse des besoins (population en hausse, besoins agricoles, industrie et tourisme – une demande qui explose sur la période estivale) ;
- un risque de conflit d'usage,
- une aggravation de la qualité de l'eau (étiages et assecs, pollution, hausse de la température).

Les leviers d'actions sur le volet Eau consistent en :

- Prioriser les usages et faire respecter les restrictions,
- Instaurer des bonnes pratiques de consommation (particuliers et tourisme),
- Réduire les pollutions et protéger les cours d'eau dans les espaces agricoles.

Dans la **stratégie territoriale**, la ressource en eau est traitée dans la composante « adaptation du territoire au changement climatique ». L'enjeu de l'eau dans sa composante quantitative est reconnu comme premier enjeu du Territoire pour l'adaptation au Changement Climatique. La dimension qualitative est également identifiée comme un impact en devenir. Le PCAET inscrit comme objectif de protéger et améliorer la ressource en eau sur les composantes quantité et qualité. Les stratégies à mettre en place renvoient vers le SAGE Vie-Jaunay et vers Vendée Eau.

Dans le plan d'action, au sein de l'axe 2 « un territoire qui s'adapte et lutte contre le changement climatique et ses effets », l'objectif 2.2 vise à « protéger et améliorer la ressource en eau ». Il compte l'action 2.2.1 « développer une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau » déclinée ainsi :

- Elle renvoie vers les SAGE et PTGE du territoire,
- Elle vise à sensibiliser à la rareté de la ressource et à accompagner à la réduction des consommations. Il est notamment question des actions portées par Vendée Eau auprès des particuliers et des entreprises, et du « programme « chaque goutte compte » auprès des collectivités,
- Elle vise à accompagner l'adaptation des pratiques agricoles et la transition agroécologique : qualité de l'eau, sobriété des usages ; accompagnement des ASA sur l'optimisation de leurs pratiques (outils de pilotage à la parcelle).

En conclusion, les PCAET sont très orientés sur l'énergie, les gaz à effet de serre et les pollutions. Ils ne comprennent pas ou peu d'éléments quantitatifs sur les usages de l'eau ni prospectifs sur les évolutions de ces usages :

- Eau potable : quelques éléments de prospective démographique et touristique intéressants pour évaluer l'évolution des consommations,

- Irrigation : pas d'information sur l'évolution des assolements ou sur les besoins en eau futurs des cultures, seules des préconisations de pratique économe sont mentionnées. En général, les préconisations sur l'agriculture sont plus centrées sur le stockage du carbone.
- Abreuvement du bétail : pas d'information, ce qui est compréhensible vu l'enjeu modéré du territoire sur ce volet,
- Industrie : pas d'éléments ; ce qui s'explique également par la place non significative des prélèvements en eau industriels sur le territoire.

3 EVOLUTION DU CLIMAT ET DE LA RESSOURCE EN EAU SOUS LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

3.1 Méthodologie globale

Dans un contexte de changement climatique, les démarches d'adaptation aux effets du changement climatique des collectivités et des acteurs économiques ont besoin de s'appuyer sur des données climatiques à jour que constitue le nouveau jeu de projections climatiques DRIAS-2020.

Le jeu de données DRIAS 2020², disponible publiquement sur le portail DRIAS, a été élaboré dans le cadre de la convention services climatiques soutenue par le ministère de la Transition écologique, avec l'appui scientifique du CNRM, du CERFACS et de l'IPSL. Ces données concernent des projections climatiques régionalisées réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM) pour pouvoir mieux appréhender les effets du changement climatique dans les études.

Les modèles climatiques présentent de nombreuses similitudes avec les modèles de prévision météorologique; ils reposent sur des formulations et des méthodes de calcul proches, et partagent un certain nombre d'outils logiciels. Néanmoins, la première préoccupation des modèles de prévision est de « coller » au plus près avec l'état réel de l'atmosphère, à un instant donné. À cette fin, de très importants travaux ont pour objectif d'utiliser au mieux le maximum d'observations (par exemple, Rabier et al., 2000). Par rapport aux modèles de prévision, une spécificité essentielle des modèles climatiques est de ne pas être du tout rappelé vers des observations. Le système climatique évolue totalement librement. Il reçoit de l'énergie sous forme de rayonnement solaire et en perd sous forme de rayonnement infrarouge émis vers l'espace. Le climat simulé (vent, température, etc.) est le résultat de cet ajustement entre énergie reçue et énergie perdue. La conservation de l'énergie, et de façon plus générale les échanges d'énergie, sont donc fondamentaux pour un modèle climatique, et leur modélisation est la première préoccupation des climatologues.

² <http://www.drias-climat.fr/> : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL, mise à jour en 2020 »

Pour pouvoir assurer cette cohérence énergétique, les modèles climatiques prennent en compte, avec des degrés d'approximation divers, l'ensemble des milieux intervenant dans le cycle énergétique et le cycle de l'eau (atmosphère, surface continentale, océan, glace de mer, glaciers et calotte polaire) ainsi que les échanges entre ces milieux (échange de chaleur, évaporation, précipitations, écoulement par les rivières, fonte des glaciers...). (source : <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/50>)

Les simulations sont réalisées à partir de modèles de climat régionaux (RCM pour Regional Climate Model) mis en œuvre à la résolution de 0,11° (environ 12 km) sur un même domaine couvrant l'Europe. Elles sont contrôlées à leurs bords par des modèles de climat globaux (GCM, pour General Climate Model) du programme CMIP5. Finalement, les données sont projetées sur une grille de 8 km de résolution (sur la même grille que SAFRAN), et corrigées de leur biais par la méthode ADAMONT étendue sur la France (mise en œuvre par Météo-France) à partir de l'analyse de données d'observation SAFRAN (version > 2016). Il y a 12 couples de modèles climatiques (GCM-RCM) différents disponibles.

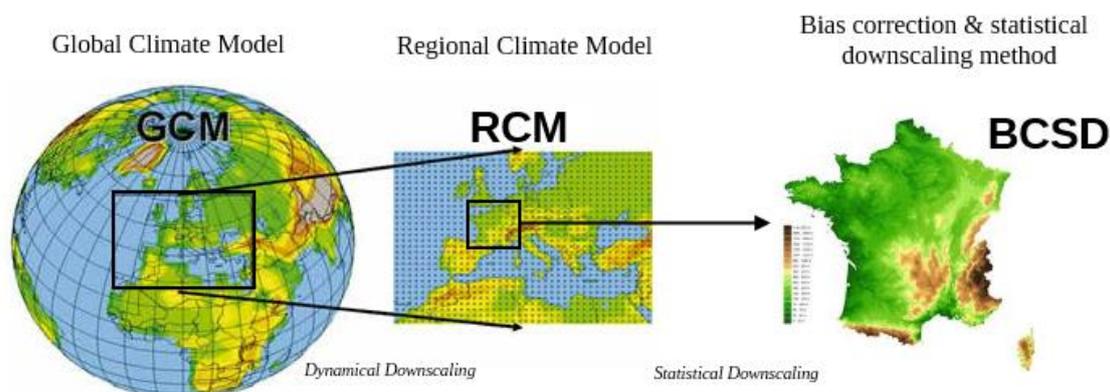


Figure 2. Schéma des étapes de la descente d'échelle de la modélisation globale (GCM), à la régionale (RCM) jusqu'à l'échelle plus locale

Source : <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/240>

Comme toutes projections climatiques, ces données sont entachées d'incertitudes. Il existe principalement deux sources d'incertitudes : l'incertitude « modèle » liée à la représentation des processus physiques et l'incertitude associée aux scénarios d'émission des gaz à effet de serre.

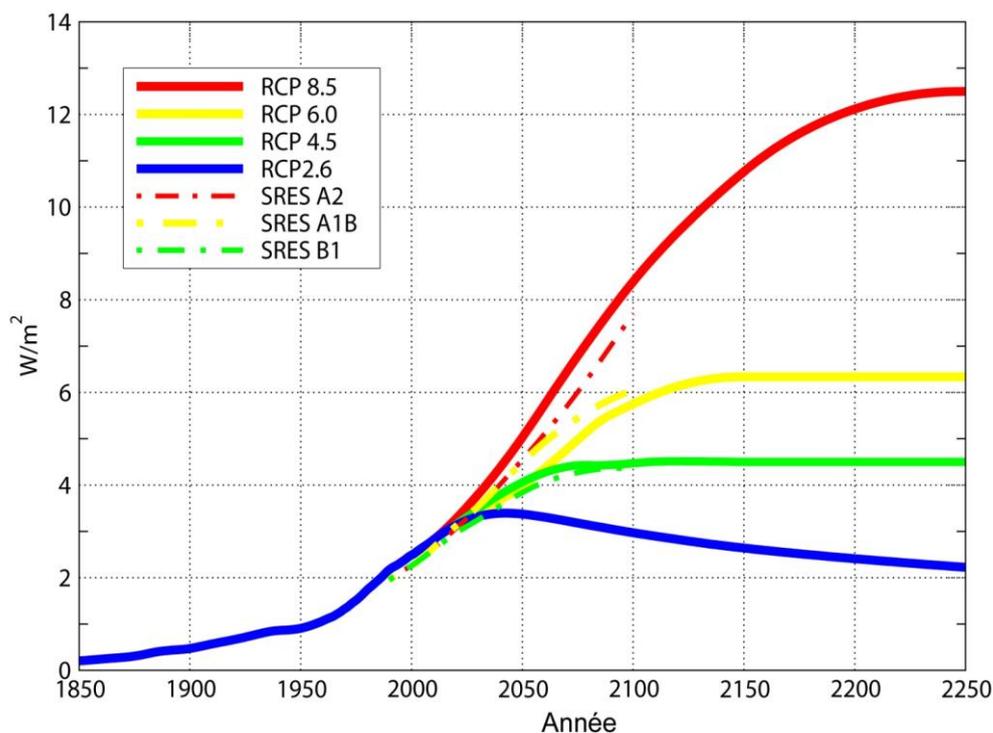
Les implications du changement climatique pour l'environnement et la société dépendront non seulement de la réponse du système Terre aux changements de forçages radiatifs, mais également de la façon dont les changements socio-économiques (économie, technologie, mode de vie, politiques publiques) évolueront. Afin d'analyser l'évolution future du climat, le Groupe intergouvernemental GIEC a donc vite éprouvé le besoin de s'appuyer sur des scénarios socio-économiques d'émission de gaz à effet de serre.

Les scénarios socio-économiques consistent à faire diverses hypothèses sur le développement économique futur et ses conséquences sur l'environnement. Ces scénarios sont fournis par des modèles d'impact intégrés qui prennent en compte l'évolution de facteurs dont les principaux sont la population, l'économie, le développement industriel et agricole et, de façon assez simplifiée, la chimie atmosphérique et le changement climatique.

*(...) Pour le 5^e rapport du GIEC, quatre scénarios de référence ont été définis, qualifiés de profils représentatifs d'évolution des concentrations (**RCP**, pour Representative Concentration Pathways) de gaz à effet de serre (GES), d'ozone et de précurseurs des aérosols pour le XXI^e siècle et au-delà. Ces scénarios, peuvent correspondre à des efforts plus ou moins grands de réduction des émissions de GES au niveau mondial. Pour chacun de ces quatre « profils représentatifs », les climatologues déduisent les conditions climatiques et les impacts du changement climatique associés. (Source : <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/53>)*

La figure suivante met en évidence les différences d'évolution des forçages radiatifs des 4 scénarios RCP. (Exprimé en W/m^2 , un forçage radiatif est un changement du bilan radiatif (différence entre le rayonnement entrant et le rayonnement sortant) au sommet de la troposphère (situé entre 10 et 16 km d'altitude), dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat – comme la concentration des gaz à effet de serre.)

Figure 3 : comparaison des scénarios d'émissions de gaz à effets de serre (Source : <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/175>)



Les deux incertitudes (modèle climatique et scénario d'émission) peuvent être analysées en utilisant les produits de distribution issus d'un ensemble de modèles et de plusieurs scénarios d'évolutions climatiques décrits dans les rapports du GIEC. Ces scénarios, appelés RCP pour « Representative Concentration Pathway » sont des projections climatiques dépendant de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et de l'usage des sols. L'effet de la perturbation du climat est rapporté à un équivalent de forçage radiatif qui modifie le bilan énergétique de la Terre. Le chiffre du scénario correspond à ce forçage radiatif équivalent en W/m^2 pour l'année 2100 par rapport à 1750. Le scénario RCP 2.6 correspond donc à un scénario d'atténuation avec un pic d'émission avant 2050 et un déclin des émissions avec un forçage limité à $2.6 W/m^2$, c'est le scénario le plus optimiste, mais qui ne semble déjà plus réaliste au regard de la situation actuelle. Le scénario 8.5 se caractérise par une augmentation des émissions de GES jusqu'à la fin du siècle sans atténuation, c'est le scénario dit le plus pessimiste. Le scénario 4.5 est un scénario intermédiaire. Il est à noter qu'à moyen terme (50 ans) certains modèles se basant sur le scénario 4.5 sont plus pessimistes que d'autres modèles avec le scénario 8.5.

Nous avons donc choisi de travailler avec tous les modèles disponibles ainsi que les 3 scénarios afin de permettre d'avoir un ensemble représentatif de la dispersion des résultats et de la variabilité. Toutes ces simulations seront regardées comme un ensemble de possible sans distinguer le type de scénario 2.6, 4.5 ou 8.5. L'analyse se base donc sur un ensemble de données de pluie et de température journalières de DRIAS-2020 constitué de 30 simulations climatiques (il n'y a pas toujours les 3 scénarios disponibles pour chaque couple de modèles). Au sein de cet ensemble, deux scénarios seront sélectionnés : un médian et un pessimiste. Il est important de retenir que les simulations de référence sont des simulations numériques et non des observations. Il ne faut donc pas considérer les données DRIAS brutes mais plutôt des écarts entre la période passée et la période future ; ces écarts peuvent être ensuite appliqués aux données locales mesurées afin de se rapprocher au mieux des conditions historiques naturelles (méthode dite de débiaisement). Les deux scénarios seront donc sélectionnés sur la base de leurs écarts de température et de pluie entre périodes historique et future.

Généralement, lorsqu'on analyse le changement climatique et en particulier afin d'évaluer des normales climatiques de référence, il est conseillé de considérer une période d'au moins 30 ans de données. Ici, l'objectif n'est pas de calculer des normales climatiques mais de donner des ordres de grandeur des effets du changement climatique sur les débits ; la période de référence retenue est par conséquent celle de l'analyse du volet H, 2002-2019. La période historique retenue pour les données DRIAS est la plus récente disponible (2005-2022) et la période future est 2036-2065 (horizon moyen). Les données locales de débits désinfluencés ont été reconstituées de 2002 à 2019.

Attention, il est à noter que les données modélisées ne représentent pas jour pour jour le temps qu'il fera dans 30 ou 50 ans mais que l'objectif est plutôt de connaître les tendances générales d'évolution du climat et de l'hydrologie des rivières. Cette méthodologie s'est basée en partie sur le guide méthodologique réalisé par le CRESEB en juillet 2021 intitulé « diagnostic climatique territorial, focus « ressource en eau ».

La méthode retenue pour prendre en compte l'impact du changement climatique est détaillée ci-dessous et est représentée par le schéma suivant :

1. La première étape est d'analyser les écarts entre les périodes passée et future sur les données brutes DRIAS de température et de pluie afin de pouvoir sélectionner un scénario médian et un scénario pessimiste pour la suite.
2. Les chroniques journalières de pluie et d'ETP issues de DRIAS pour les deux scénarios retenus sont ensuite reconstituées pour les périodes historique et future sur chaque bassin versant en fonction du ratio de surface de bassin versant représentatif de la contribution de chaque station pour le bassin. Le forçage est ensuite mensualisé pour pouvoir être utilisé par le modèle pluie-débit à pas de temps mensuel.
3. Un modèle pluie-débit à pas de temps mensuel a été calibré pour chaque bassin versant doté d'une station hydrométrique, ayant fait l'objet d'une reconstitution des débits désinfluencés cf. phase 1. La pluie et l'ETP locale présentées en Phase 1 sont utilisées comme forçage climatique pour la calibration permettant d'obtenir les

paramètres de calage. Un tableau récapitulatif des résultats de calibration est présenté dans la suite de ce rapport.

4. Sur la base de ce jeu de paramètres, le modèle pluie-débit est ensuite utilisé sur les 2 chroniques mensuelles historique et future de pluie et d'ETP pour chaque bassin versant avec ses paramètres. Les écarts entre les valeurs caractéristiques historiques et futurs sont évalués $((\text{ValFutur}-\text{ValHist}) * 100 / \text{ValHist})$.

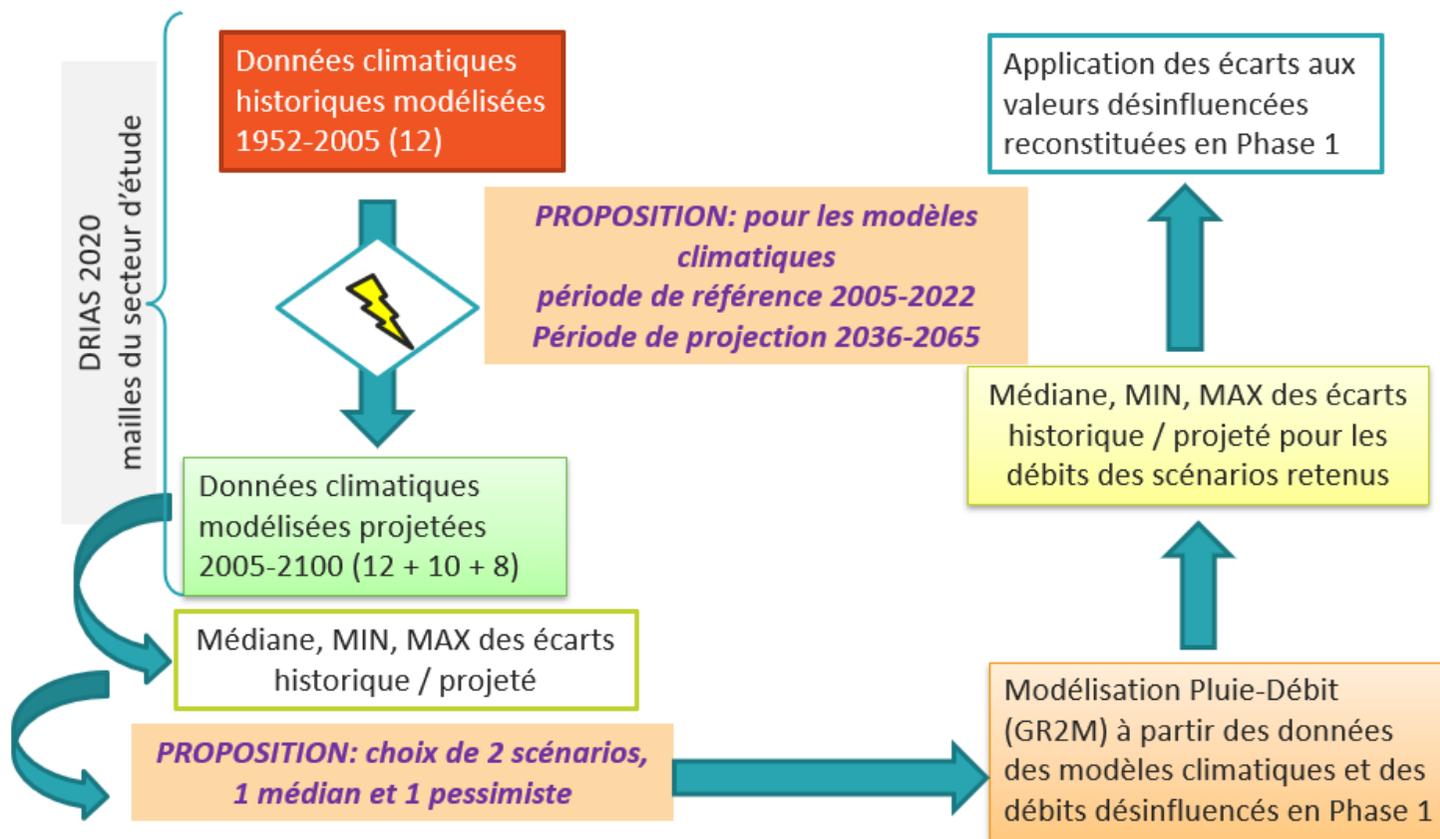


Figure 4. Schéma de la méthode pour évaluer l'impact du changement climatique sur la ressource

3.2 Choix de scénarios climatiques en fonction des indicateurs de pluie et de température

Les données de pluies et de températures sont téléchargées au droit des stations météorologiques disponibles représentatives du secteur d'étude de La Roche sur Yon, Palluau et La Mothe-Achard pour les 30 couples GCM/RCM³ et scénarios RCP différents (une tuile par station – pas de tuile disponible pour la station côtière Le Perrier). A l'instar du site internet DRIAS qui présente des méthodologies pour sélectionner un modèle climatique sur l'ensemble disponible⁴, nous avons analysé deux indicateurs climatiques représentatifs du comportement des modèles : écart de la température moyenne (ΔT) et écart relatif des précipitations (ΔP) entre les deux périodes étudiées. Une analyse est menée ensuite sur les données de températures et de pluies à l'échelle annuelle afin de sélectionner un scénario climatique médian et un pessimiste. **Quand on compare plusieurs projections climatiques, il est préférable de le faire avec des valeurs statistiques annuelles par exemple sur une période pour ne pas comparer des chronologies temporelles de modèles qui sont toutes indépendantes. Par exemple, comparer une année spécifique ponctuelle comme 2050 entre deux modèles n'aurait pas de sens, car les deux modèles ont un passé différent sur les 30 dernières années qui impacte les résultats de l'année 2050 en question.**

3.2.1 Impact du changement climatique sur les températures

En moyenne sur les trois tuiles étudiées correspondant aux trois stations météorologiques de référence du territoire, on retient qu'il y a une disparité saisonnière et intra-modèle importante avec des écarts entre températures historique et future pouvant atteindre + 3°C sur un mois (voir figure ci-dessous).

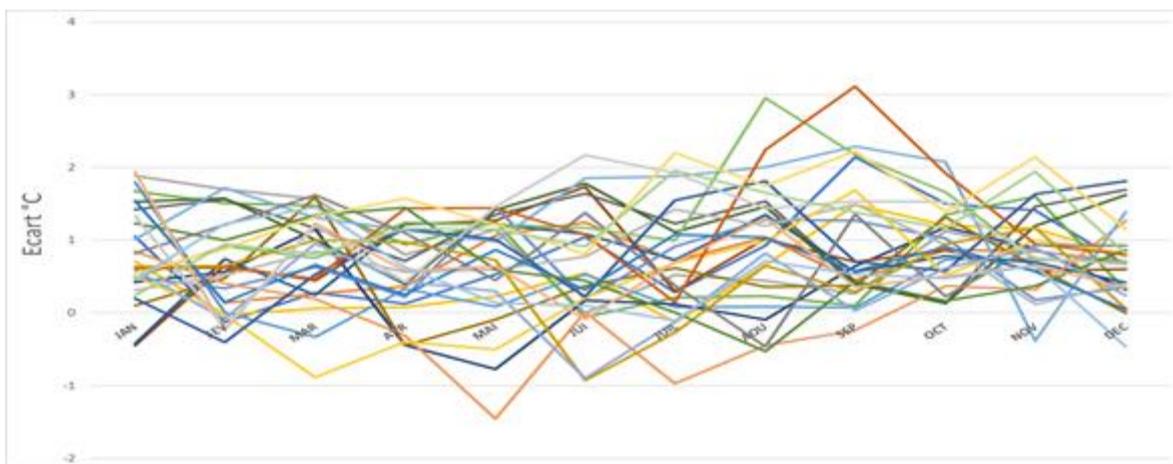


Figure 5. Ecart de température (°C) entre scénarios historique et futur (1 courbe par modèle)

³ GCM/RCM : Global Climate Model/ Regional Climate Model

⁴ Fiche « Aide à la sélection des modèles » : <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/255>

En comparant la médiane historique des modèles et la médiane future, on obtient +0.8°C en moyenne annuelle d'augmentation.

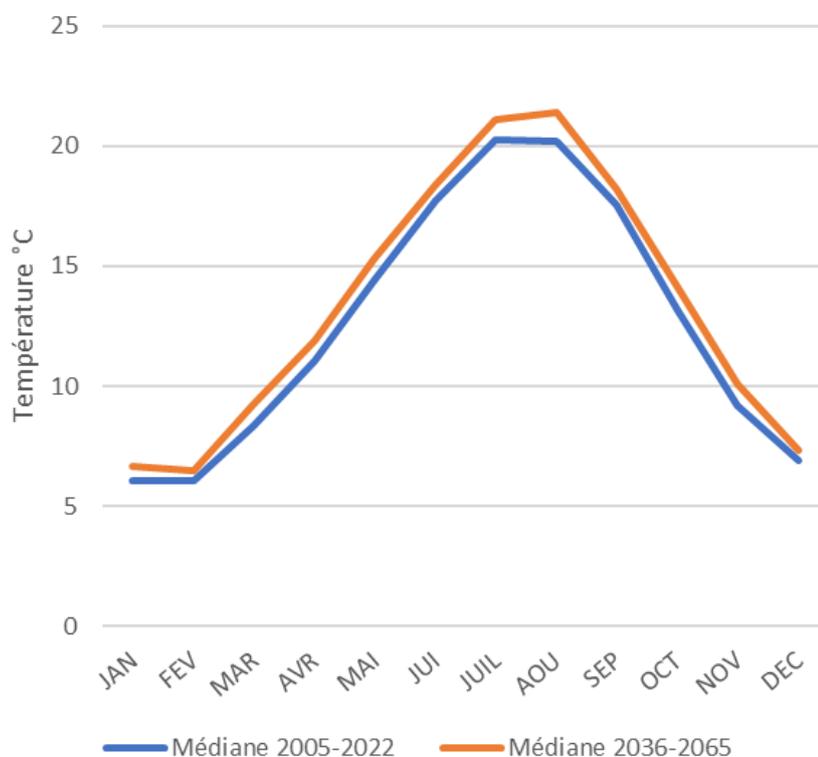


Figure 6. Comparaison des médianes des températures de tous les résultats des modèles entre la période historique (2005-2022) et la période future (2036-2065)

Sur le site de données DRIAS, cette comparaison d'indicateurs climatiques (ΔT) a été réalisée pour tous les modèles à l'échelle de la France pour chaque saison (hivernale, automnale printanière et estivale) entre la période de référence (1976-2005) et la période fin de siècle (2071-2100). Tous les résultats sont disponibles en ligne ⁵. On peut retenir que pour la saison estivale en fin de siècle, le modèle climatique régional (CCLM4-8-17) forcé par le modèle HadGEM2 est celui qui modélise le plus important réchauffement avec jusqu'à +6,4°C (pour le scénario 8.5) et +3,6°C (RCP 4.5) (cf. Figure 8).

⁵ <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/sections/255>

3.2.2 Impact du changement climatique sur les pluies

De la même façon que pour les températures, les résultats sont très variables entre les différents modèles pour une même année. Lorsqu'on regarde la médiane de tous les modèles, on observe des écarts cycliques qui montrent plus de pluie sur la période octobre-mars (+4%) et moins de pluie sur juin-septembre (-8%) cf. figure ci-dessous.



Figure 7. Ecart de pluie (%) entre les médianes des pluies des modèles pour la période historique (2005-2022) et pour la période future (2036-2065)

Comme pour les données de température, l'écart de pluie a été réalisé pour tous les modèles à l'échelle de la France pour chaque saison entre la période de référence (1976-2005) et la période fin de siècle (2071-2100).

On peut retenir que le même couple de modèles, HadGEM2-CCLM4-8-17, modélise la plus forte diminution des précipitations (-40% RCP8.5 et -32% pour le RCP 4.5) par rapport à la période de référence 1976-2005 pour la saison estivale en fin de siècle (Figure 8).

3.2.3 Sélection des deux modélisations climatiques : scénarios médian et pessimiste

On peut observer sur la figure suivante la dispersion des simulations de chaque couple de modèles de l'ensemble DRIAS selon les évolutions prévues de précipitations (abscisses) et températures (ordonnées) pour la saison estivale selon le scénario 4.5 et 8.5 (cf. Figure 8 Figure 9).

On observe comme vu précédemment que le couple de modèles (HadGEM2- CCLM4-8-17, nommé CCLM4-8-17 dans la suite de cette étude) représenté par un triangle orange est le modèle le plus pessimiste avec l'assèchement et la hausse des températures prévues les plus importants. Ce sera donc le scénario pessimiste retenu pour cette étude.

Pour le scénario médian, on voit sur la base de la Figure 8 que le couple de modèle CNRM-CM5/Aladin63 (nommé Aladin dans la suite de cette étude) avec le RCP 4.5 est celui qui est le plus proche de la médiane représentée par la croix en pointillés.

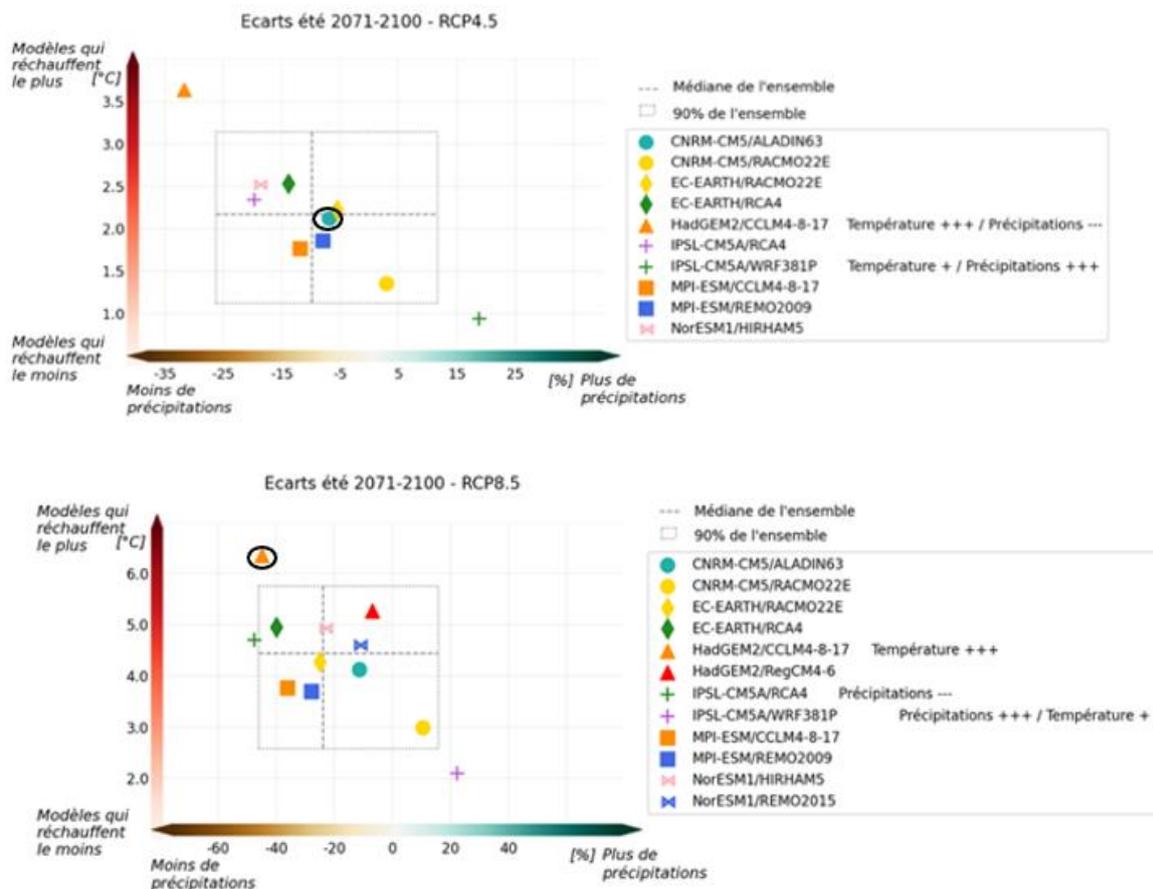
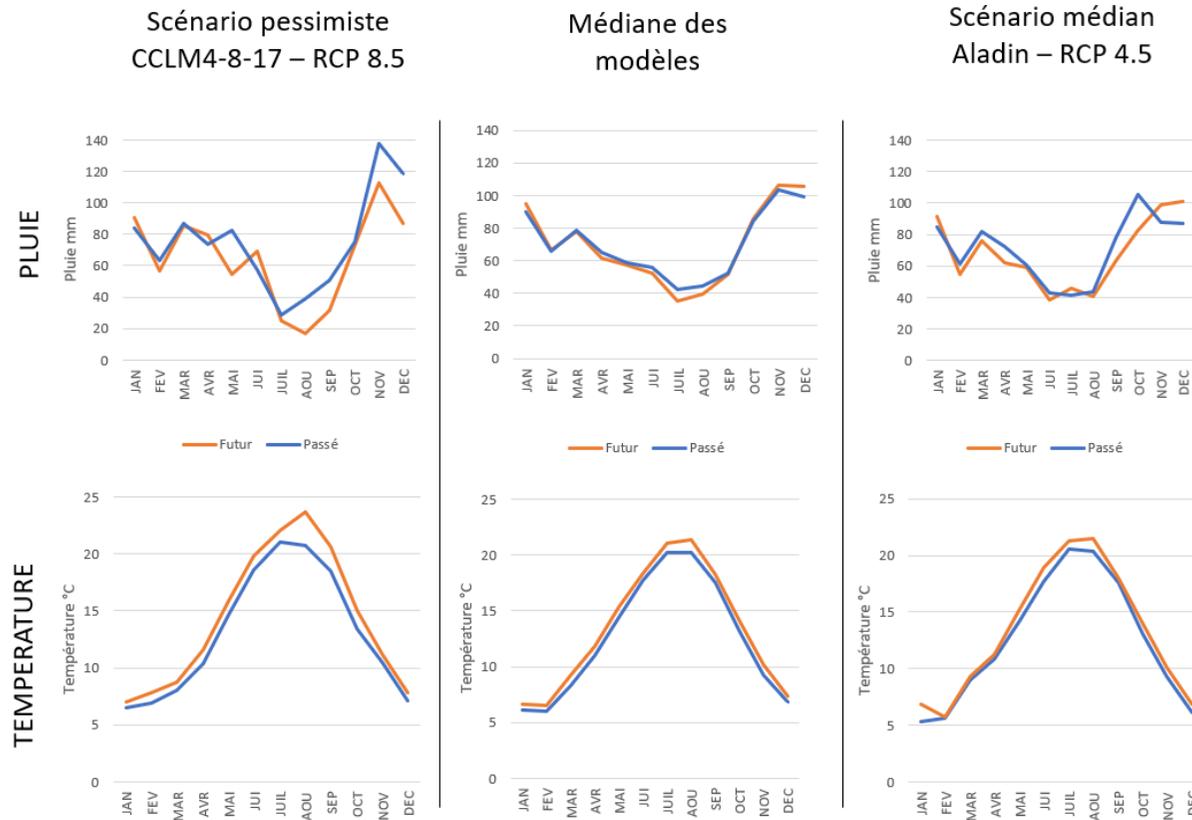


Figure 8. Diagramme $\Delta T/ \Delta P$ pour la saison estivale pour le scénario 4.5 (en haut) et le scénario 8.5 pour toutes les simulations individuelles de l'ensemble DRIAS-2020 entre la période de référence (1976-2005) et la fin de la décennie (2071-2100)

Lorsqu'on compare ces modélisations sur la période considérée dans notre étude avec la médiane de tous les modèles, on se rend compte que le modèle Aladin est bel et bien proche de la médiane des simulations (figure suivante). Il se caractérise par une hausse des températures qui affecte principalement les mois d'été tandis que la baisse des précipitations est surtout visible au printemps (mars-avril) et en automne (septembre-octobre). Le scénario pessimiste se remarque, quant à lui, par sa hausse importante de température en été ainsi que par la diminution de la pluie marquée aux mois de mai, d'août, septembre (été), novembre, décembre (automne).

Figure 9. Comparaison sur les périodes étudiées des deux scénarios sélectionnés (médian et pessimiste) ainsi que la médiane de toutes les simulations



3.3 Présentation des données de pluie et d'évapotranspiration des deux scénarios sélectionnés

Les données de pluies et de températures de DRIAS au droit des stations météorologiques de La Roche sur Yon, Palluau et La Mothe-Achard ne présentant pas une grande variabilité, seules les données de la station de Palluau, la plus centrale vis-à-vis du bassin versant sont donc présentées pour les deux scénarios sélectionnés en guise d'exemple.

Lorsque l'on compare les deux périodes 2005-2022 et 2035-2065, on observe une diminution annuelle des pluies de l'ordre de -4,8% pour le scénario médian et -12,9% pour le scénario pessimiste (en bleu sur la figure ci-dessous). On observe aussi une diminution, quelle que soit la période considérée (année, nov-mars, avril-mai ou juin-octobre), pour le scénario pessimiste alors que le scénario médian prévoit une hausse des pluies sur la période hivernale (en orange ci-dessous).

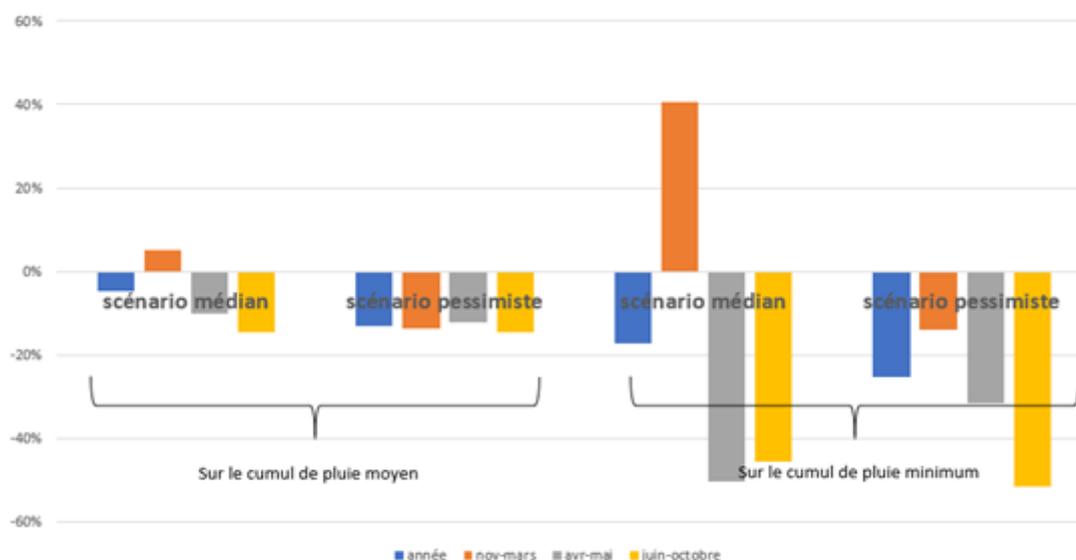


Figure 10. Comparaison des évolutions des pluies par rapport à la période historique pour les scénarios médian et pessimiste à horizon moyen (2050)

Si on regarde maintenant les écarts sur les minima des chroniques (partie droite de la figure précédente), on observe des diminutions autour de -20% sur les minima annuels et entre -30 et -50% sur les pluies pour les périodes avril-mai et juin-octobre dans les deux scénarios. La variabilité interannuelle est forte. La figure suivante montre la chronique en continu de 2006 à 2065 pour pouvoir apprécier la diminution annuelle de la pluviométrie :

ALADIN

2006-2022

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	839.4	132.5	696.2	1141.2	727.9	950.9
nov-mars	395.3	117.2	176.5	700.1	296.7	493.9
avr-mai	130.8	40.5	78.4	234.6	96.7	164.9
juin- octobre	311.9	62.6	219.7	440.3	259.2	364.6

2036-2065

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	798.8	137.8	575.2	1043.0	682.8	914.7
nov-mars	415.2	102.0	247.9	591.6	329.4	501.1
avr-mai	117.6	49.5	39.0	246.5	76.0	159.3
juin- octobre	266.4	91.4	119.7	504.7	189.5	343.3

Ecart sur valeurs statistiques issues
de DRIAS

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	-4.83%	4.00%	-17.38%	-8.60%	-6.19%	-3.80%
nov-mars	5.03%	-12.92%	40.50%	-15.50%	11.00%	1.45%
avr-mai	-10.08%	22.30%	-50.20%	5.08%	-21.49%	-3.39%
juin- octobre	-14.59%	45.93%	-45.52%	14.65%	-26.89%	-5.84%

CCLM4

2006-2022

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	883.5	100.2	727.0	1098.9	799.1	967.9
nov-mars	482.8	132.5	277.0	706.9	371.2	594.3
avr-mai	154.8	59.5	48.2	287.3	104.7	204.9
juin- octobre	248.9	69.6	148.6	389.7	190.4	307.5

2036-2065

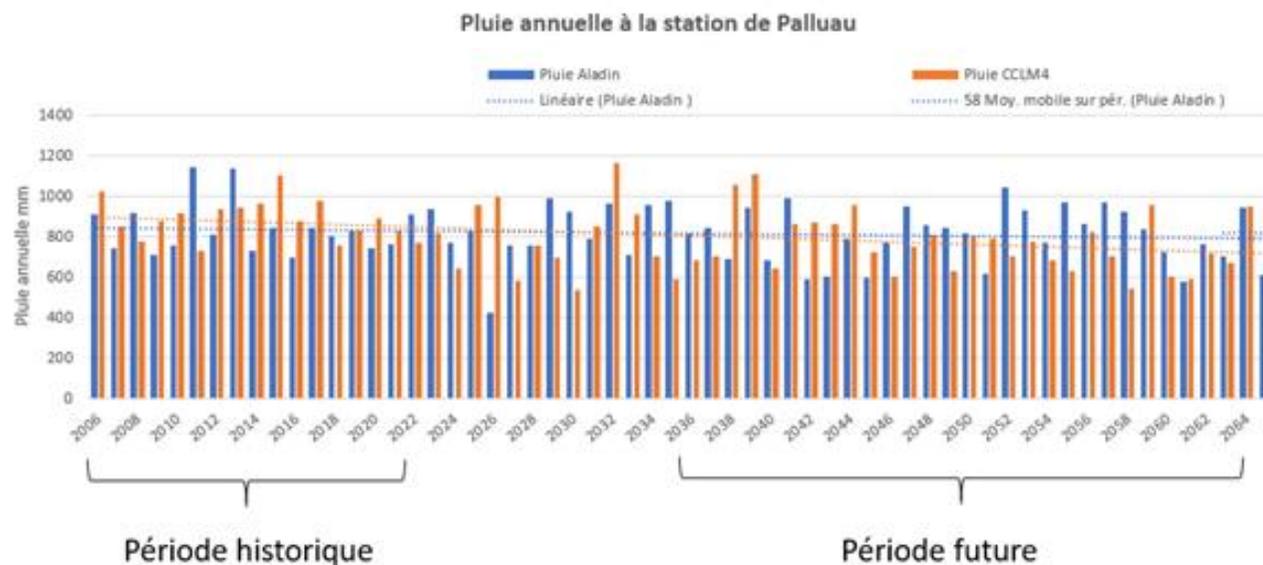
	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	769.3	142.7	543.5	1111.0	649.2	889.5
nov-mars	416.2	123.4	238.5	736.7	312.4	520.1
avr-mai	136.1	55.4	33.0	271.7	89.5	182.8
juin- octobre	212.6	66.9	71.9	355.3	156.3	269.0

Ecart sur valeurs statistiques issues
de DRIAS

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	-12.92%	42.35%	-25.23%	1.10%	-18.76%	-8.10%
nov-mars	-13.79%	-6.92%	-13.90%	4.22%	-15.85%	-12.50%
avr-mai	-12.06%	-6.84%	-31.58%	-5.43%	-14.56%	-10.79%
juin- octobre	-14.57%	-3.78%	-51.58%	-8.82%	-17.89%	-12.52%

Tableau 1. Récapitulatif des valeurs (en mm) et des écarts (en %) relatifs à la pluie pour les deux scénarios médian (Aladin) et pessimiste (CCLM4)

Figure 11. Chroniques des pluies annuelles à Palluau de 2006 à 2065



	Pluviométrie (mm)			Pluviométrie (mm)	
	Aladin	CCLM4		Aladin	CCLM4
Moyenne	839.4	883.5	-4.8%	798.8	769.3
Ecart type	132.5	100.2		137.8	142.7
Minimum	696.2	727.0	-12.9%	575.2	543.5
Maximum	1141.2	1098.9		1043.0	1111.0

La même analyse a été réalisée sur l'ETP issue de DRIAS. Les écarts sur les valeurs statistiques montrent une augmentation de 8% et de 13% sur l'ETP annuelle pour les scénarios médian et pessimiste respectivement. Le scénario médian montre un écart positif plus important sur la période avril-mai alors que le scénario pessimiste montre une augmentation positive importante pour la période avril-octobre. Les écarts de toutes les valeurs statistiques sont recensés dans le tableau ci-dessous. La chronique de l'ETP annuelle continue de 2006 à 2065 est représentée en suivant.

Ce forçage climatique (pluie et ETP) va être injecté dans le modèle pluie-débit GR pour observer l'impact du changement climatique sur les débits.

ALADIN

2006-2022

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	735.21	60.11	637.30	862.35	684.62	785.80
nov-mars	110.59	9.61	90.41	126.43	102.50	118.68
avr-mai	156.46	15.62	125.06	180.48	143.31	169.60
juin- octobre	468.09	59.34	370.67	599.75	418.15	518.03

2036-2065

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	792.80	59.35	688.94	900.51	742.85	842.74
nov-mars	118.44	7.91	102.60	139.42	111.78	125.10
avr-mai	172.29	24.12	126.49	254.64	151.99	192.59
juin- octobre	502.07	49.76	414.89	586.96	460.20	543.95

Ecarts sur valeurs stats issues de DRIAS

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	7.83%	-1.27%	8.10%	4.43%	8.51%	7.25%
nov-mars	7.10%	-17.71%	13.48%	10.27%	9.06%	5.41%
avr-mai	10.12%	54.39%	1.14%	41.09%	6.06%	13.55%
juin- octobre	7.26%	-16.15%	11.93%	-2.13%	10.06%	5.00%

CCLM4

2006-2022

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	742.19	62.90	637.51	857.54	689.25	795.12
nov-mars	105.50	11.10	89.42	126.30	96.16	114.84
avr-mai	156.54	15.85	123.31	192.19	143.20	169.88
juin- octobre	480.58	50.94	400.44	573.21	437.71	523.45

2036-2065

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	839.69	83.84	674.11	1024.45	769.13	910.25
nov-mars	113.46	11.37	81.32	132.87	103.89	123.03
avr-mai	171.40	26.57	125.44	232.60	149.04	193.76
juin- octobre	554.83	59.70	433.73	683.90	504.59	605.08

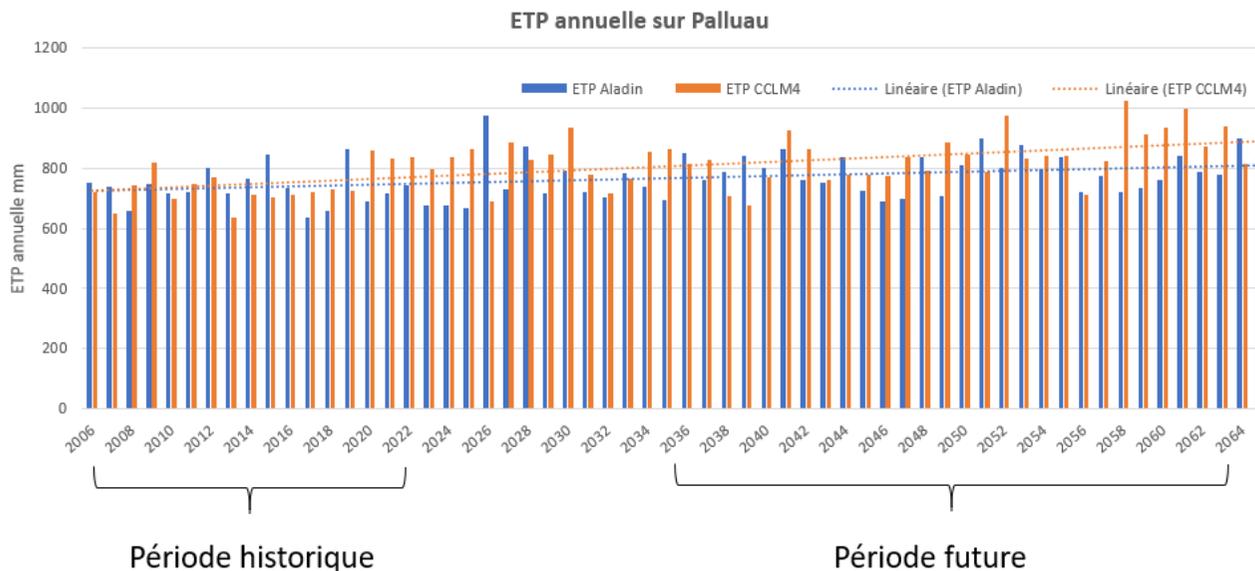
Ecarts sur valeurs stats issues de DRIAS

	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	13.14%	33.29%	5.74%	19.46%	11.59%	14.48%
nov-mars	7.54%	2.49%	-9.06%	5.21%	8.03%	7.13%
avr-mai	9.49%	67.58%	1.72%	21.03%	4.08%	14.05%
juin- octobre	15.45%	17.20%	8.31%	19.31%	15.28%	15.59%

Tableau 2. Récapitulatif des valeurs (en mm) et des écarts (en %) relatifs à l'ETP pour les deux scénarios médian (Aladin) et pessimiste (CCLM4)



Figure 12. Chronique de l'ETP annuelle sur Palluau de 2006 à 2065



	Pluviométrie (mm)	
	Aladin	CCLM4
Moyenne	735.2	883.5
Ecart type	60.1	100.2
Minimum	637.3	727.0
Maximum	862.3	1098.9

+7.8%



+13.1%



	Pluviométrie (mm)	
	Aladin	CCLM4
Moyenne	742.2	839.7
Ecart type	62.9	83.8
Minimum	637.5	674.1
Maximum	857.5	1024.5

3.4 Evolution de la ressource en eau sous les effets du changement climatique

Le modèle pluie-débit sert ici juste de passerelle pour pouvoir évaluer l'impact du changement climatique simulé pour les pluies et les températures (et donc indirectement pour l'évapotranspiration) sur les débits.

3.4.1 Description du modèle GR2M

La suite des modèles GR implémenté dans R par INRAE a été utilisée⁶. Le modèle du génie rural à 2 paramètres mensuels (GR2M) a été retenu. Le fonctionnement de GR2M est représenté dans la figure suivante. Il nécessite en entrée, comme forçage hydroclimatique, des données journalières de pluie et d'ETP sur la période considérée.

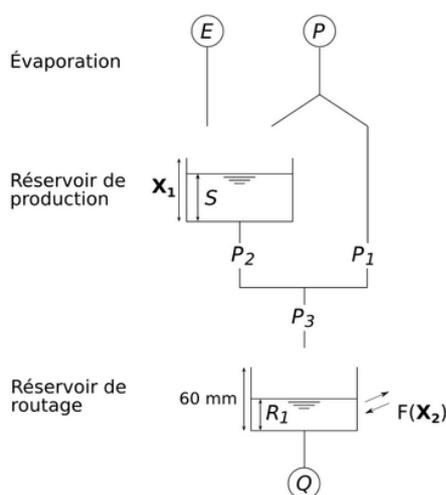


Figure 13. Schéma du modèle GR2M

(Source : <https://webgr.inrae.fr/modeles/mensuel-gr2m>)

Avec P, la pluie, S le niveau dans le réservoir de production, P1 la pluie en excès, E l'évapotranspiration potentielle, P2 la percolation, P3 = P1+P2, R1 le niveau dans le réservoir de routage et enfin le modèle a deux paramètres à optimiser en calage :

- X1 : capacité du réservoir de production (mm),
- X2 : coefficient d'échanges souterrains (-).

⁶ Coron, L., Thirel, G., Delaigue, O., Perrin, C. and Andréassian, V. (2017). The Suite of Lumped GR Hydrological Models in an R Package. Environmental Modelling and Software, 94, 166–171. DOI: 10.1016/j.envsoft.2017.05.002.

3.4.2 Calibration du modèle sur le site d'étude

Les pluies de bassin versant sont reconstituées à partir du découpage du bassin versant selon les polygones de Thiessen pour chaque bassin versant étudié (La Vie à La Chapelle Palluau, Le Jaunay à la Chapelle Hermier et La petite Boulogne à la Chapelle Palluau).

Le modèle a été calibré sur les débits désinfluencés mensuels de la période 2002-2019 des trois stations hydrométriques : La Vie, Le Jaunay et La petite Boulogne. La méthode de reconstitution de ces débits désinfluencés a été détaillée dans la phase 1 de cette étude. La première année sert à initialiser le modèle et n'est donc pas utilisée pour la calibration.

Le calage des modèles est effectué en utilisant le critère de Nash-Sutcliffe (NSE). Le critère de Nash-Sutcliffe exprime la différence relative entre l'erreur du modèle hydrologique testé et l'erreur d'un modèle de référence, défini par la moyenne des débits observés. **Plus la valeur du critère est proche de 1, meilleur est l'accord entre la simulation et l'observation.** Une valeur négative du critère signifie qu'il est préférable de prendre comme modèle la moyenne des débits observés plutôt que le modèle proposé avec ses paramètres. Une valeur nulle signifie que le modèle de référence et le modèle proposé ont la même performance. Le critère calculé sur les débits présente l'inconvénient de donner beaucoup de poids aux valeurs fortes. **Le critère calculé sur les racines des débits permet de ne pas favoriser la calibration des crues vis-à-vis de l'étiage. Nous choisissons de caler les modèles avec le critère de Nash-Sutcliffe calculé sur la racine des débits pour avoir une vision globale générale sur l'année et une bonne reproduction des débits moyens.** Globalement on considère, d'une manière générale, qu'un critère de Nash supérieur à 0.5⁷ est synonyme d'une bonne correspondance entre débits de calage et débits simulés. Les critères sont présentés dans le tableau ci-dessous et sont donc tous considérés comme très bons.

	Surface du bassin versant [km ²]	Paramètre d'efficience de modélisation <i>Nash (VQ)</i>
La Vie à la Chapelle Palluau	122.63	0.88
Le Jaunay à la Chapelle Hermier	120.25	0.89
La petite Boulogne à la Chapelle Palluau	87.58	0.91

Tableau 3. Paramètres d'efficience de calibration

Les 3 figures suivantes montrent les résultats de calibration pour chaque bassin versant. On peut observer que les modèles ne surestiment pas les débits d'étiage, et affichent de bonnes reproductions des débits moyens mensuels interannuels.

⁷ Moriasi et al, (2007) Model Evaluation Guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations,

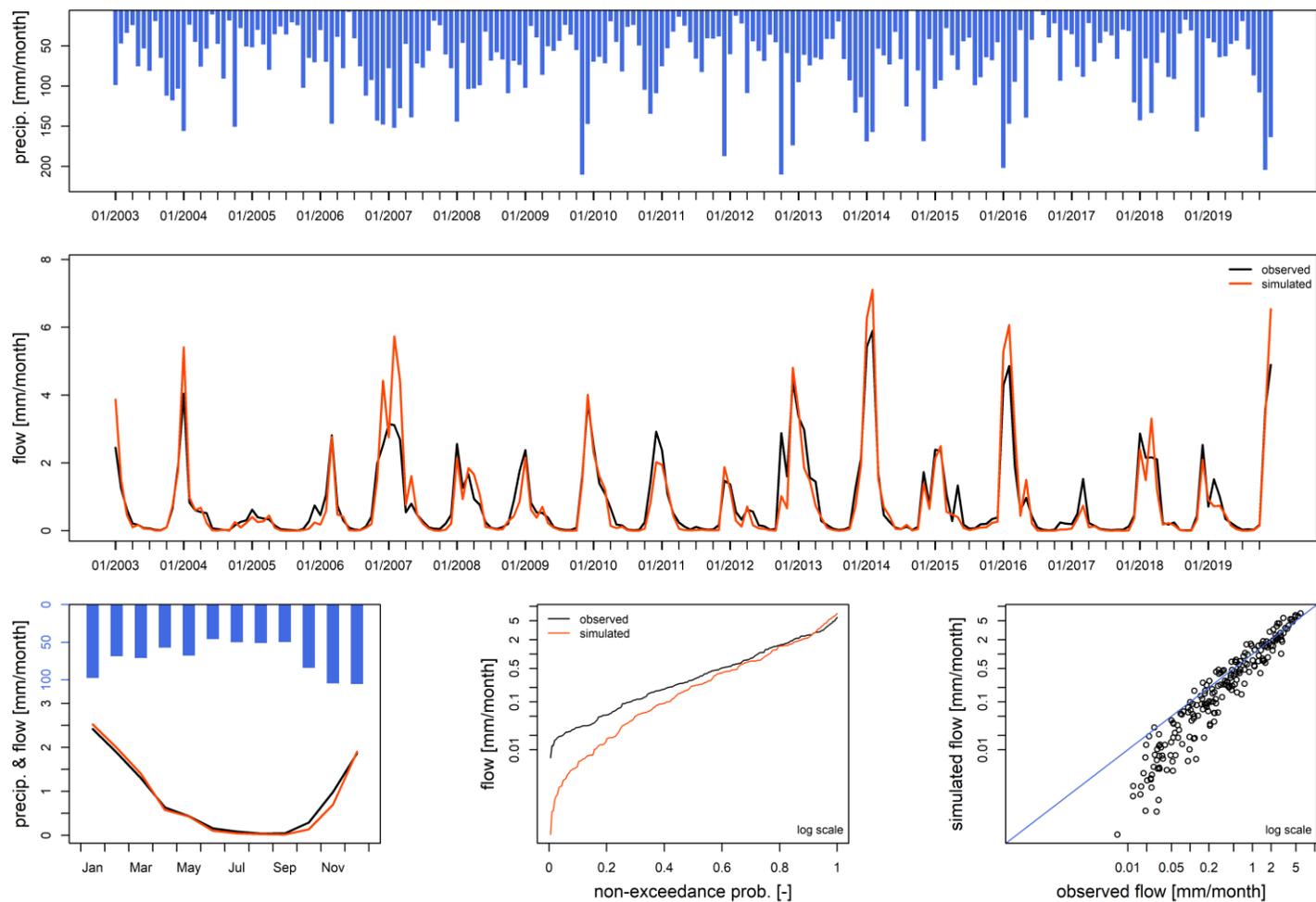


Figure 14. Résultats de calibration de la Vie à la chapelle Palluau sur la période 2003-2019

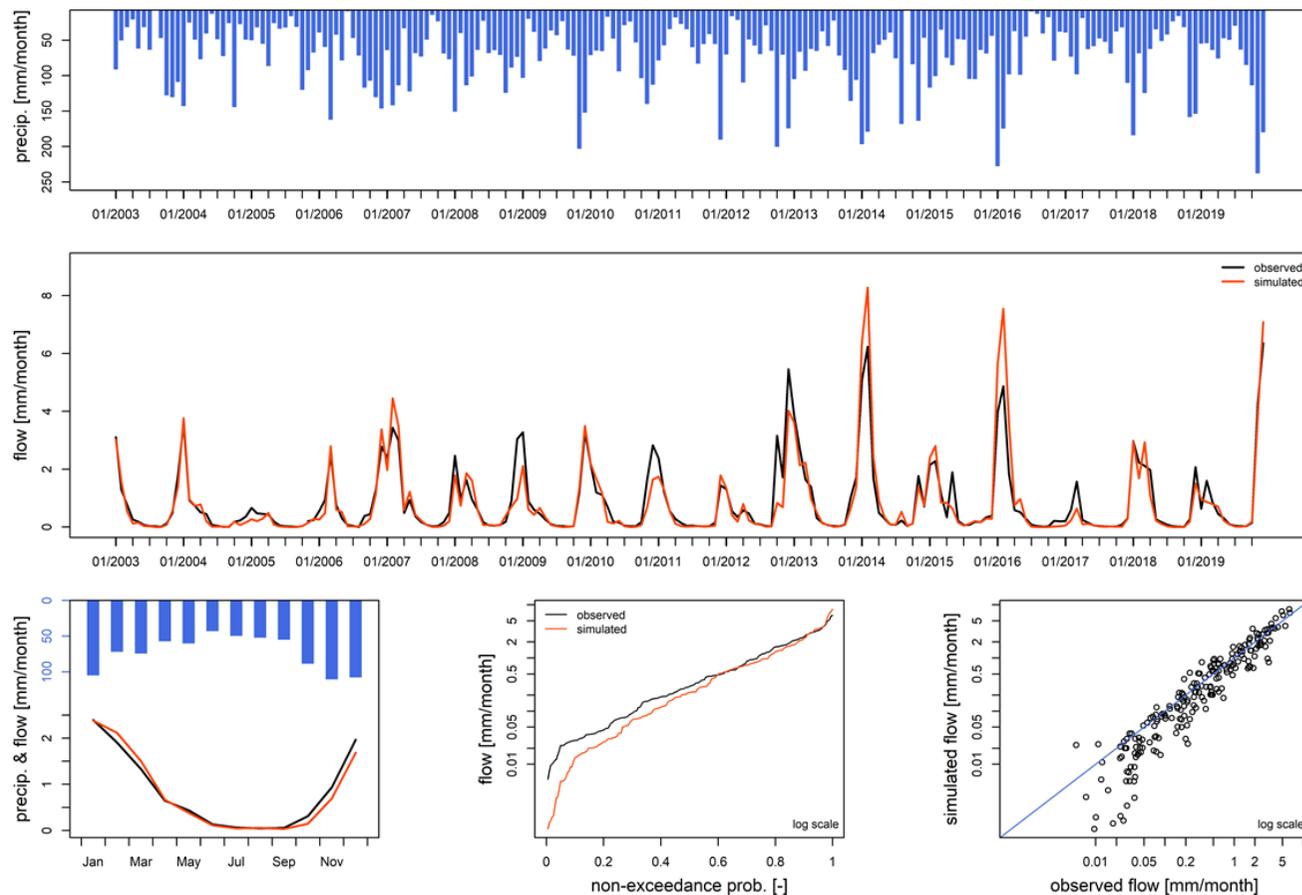


Figure 15. Résultats de calibration du Jaunay à la Chapelle Hermier sur la période 2003-2019

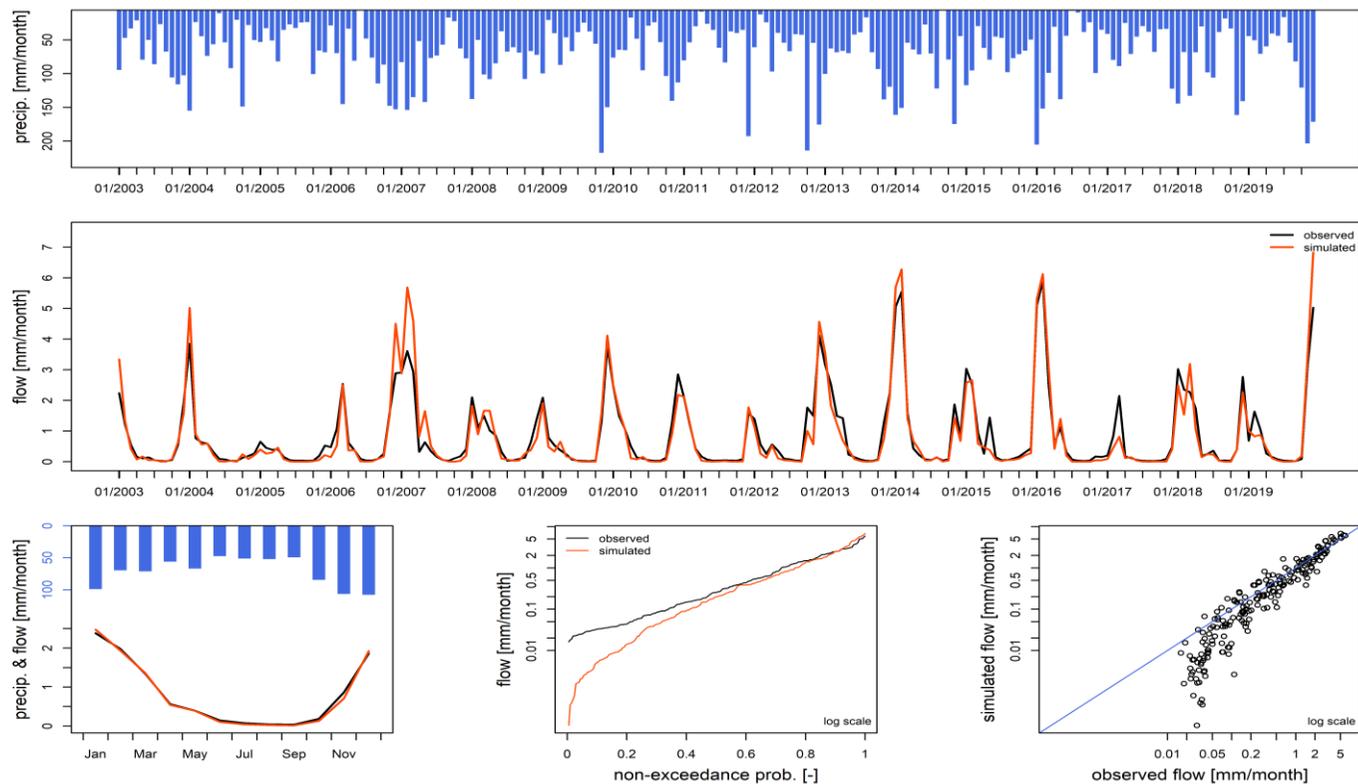


Figure 16. Résultats de calibration de la petite Boulogne à la Chapelle Palluau sur la période 2003-2019

3.4.3 Impact du changement climatique sur les débits

Comme expliqué dans la méthodologie, les paramètres du modèle GR2M calé à partir des paramètres climatiques observés et des débits désinfluencés aux stations hydrométriques sont utilisés avec les forçages climatiques des scénarios médian et pessimiste des deux périodes historique (2005-2022) et future (2036-2065), afin de pouvoir évaluer des écarts de débits (%) qui seront applicables aux débits locaux et permettent d'estimer les débits futurs projetés sur la période 2036-2065.

Après reconstitution des débits futurs aux stations hydrométriques, les débits futurs par UH sont calculés avec les mêmes hypothèses qu'en Phase 1 pour la représentativité des stations de mesures par UH.

3.4.3.1 *Débits caractéristiques futurs aux stations hydrométriques*

Pour chaque station, les débits futurs sont calculés pour les 2 scénarios retenus. Les figures suivantes mettent en évidence l'évolution de différentes valeurs caractéristiques de 2007 à 2065 selon chaque scénario :

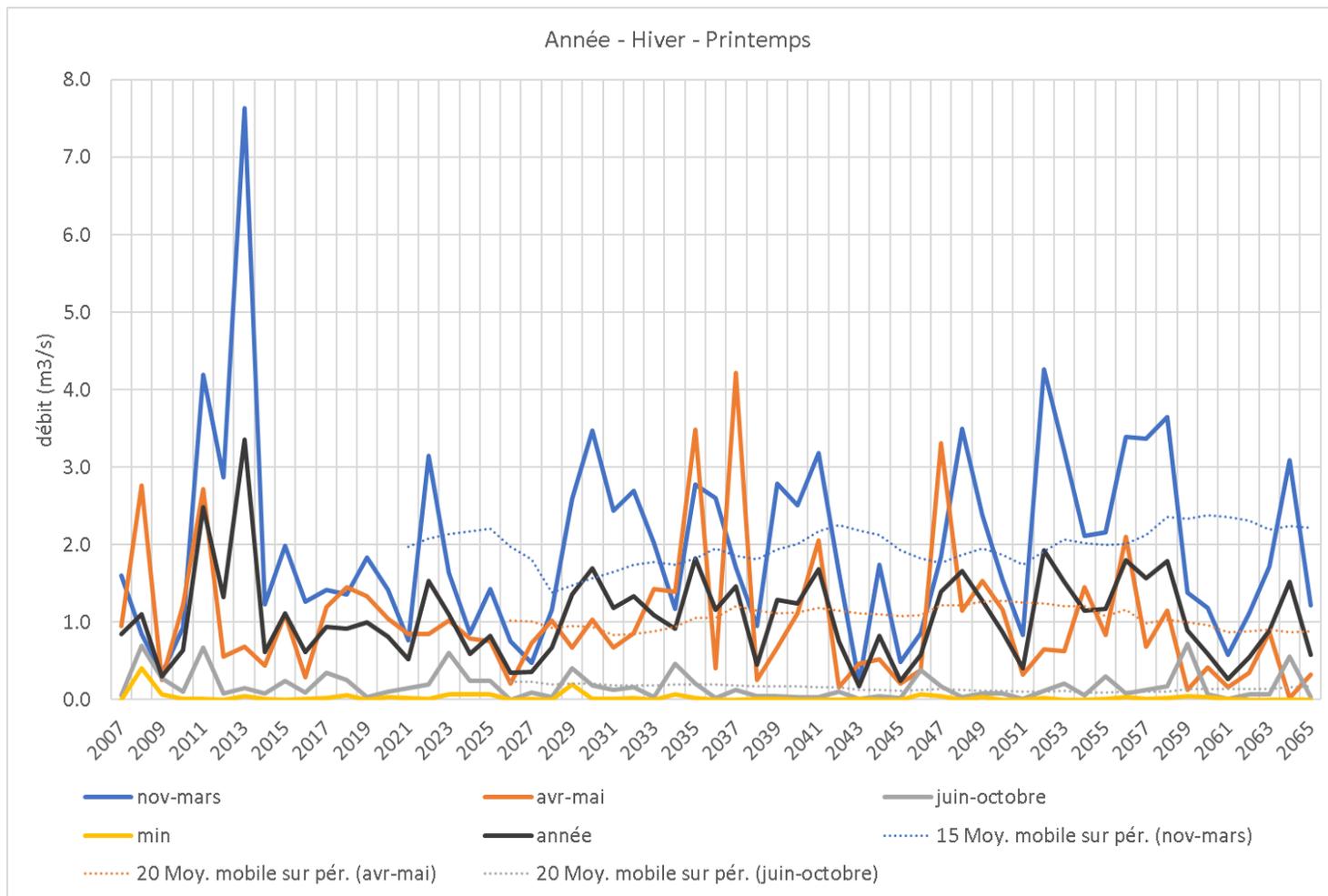
- Module annuel,
- Débit moyen de la période hivernale, novembre à mars,
- Débit moyen de la période printanière, avril-mai, pour laquelle des enjeux spécifiques de satisfaction des débits écologiques ont été mis en évidence en Phase 1,
- Débit moyen de la période estivale, juin à octobre,
- Débit mensuel minimum de chaque année.

Les tableaux synthétisent les valeurs caractéristiques obtenues pour chaque scénario ainsi que les évolutions par rapport à la période historique.

La Vie à la Chapelle-Palluau

- ➔ Evolutions chronologiques

Figure 17. La Vie à la Chapelle-Palluau - Scénario médian



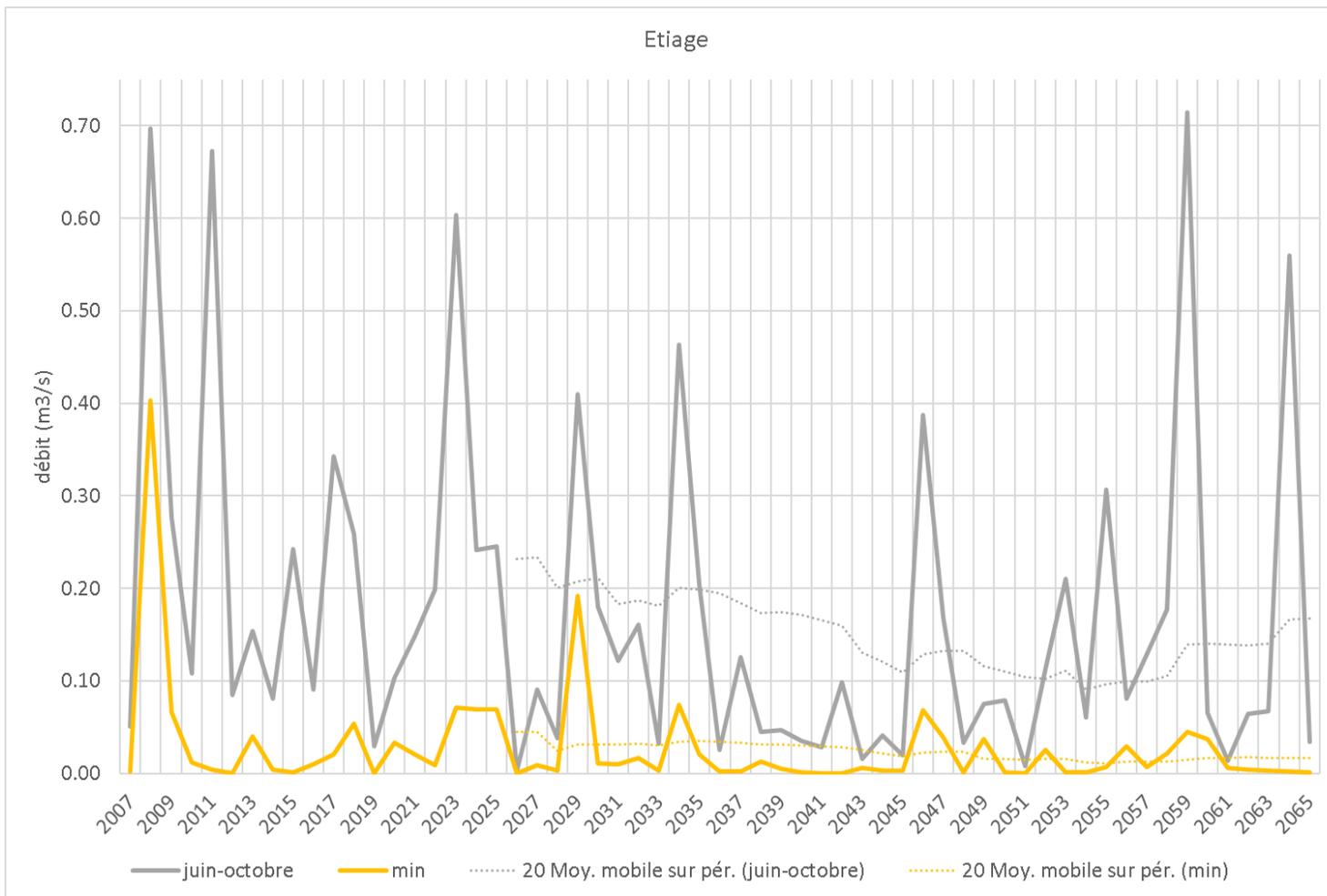
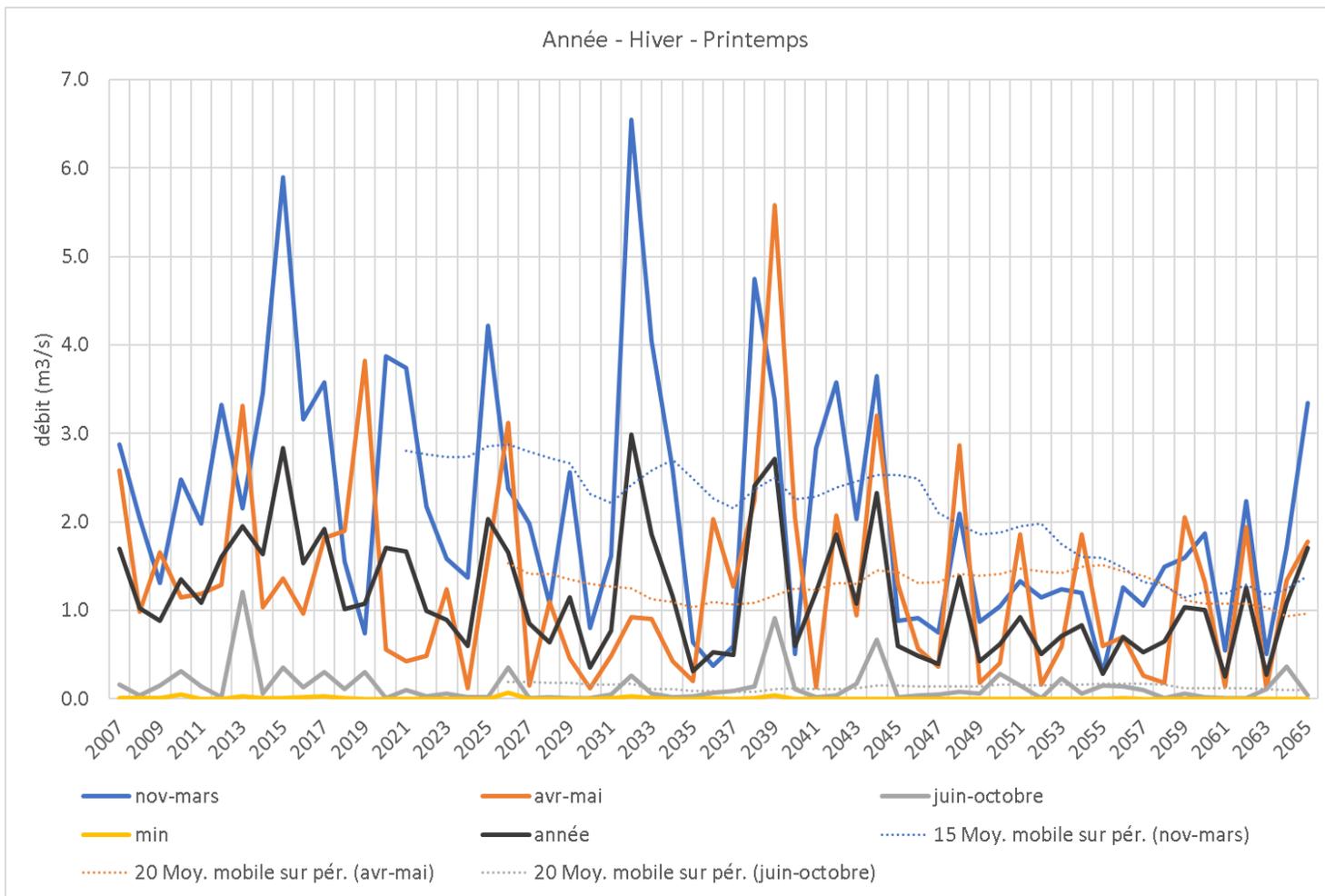
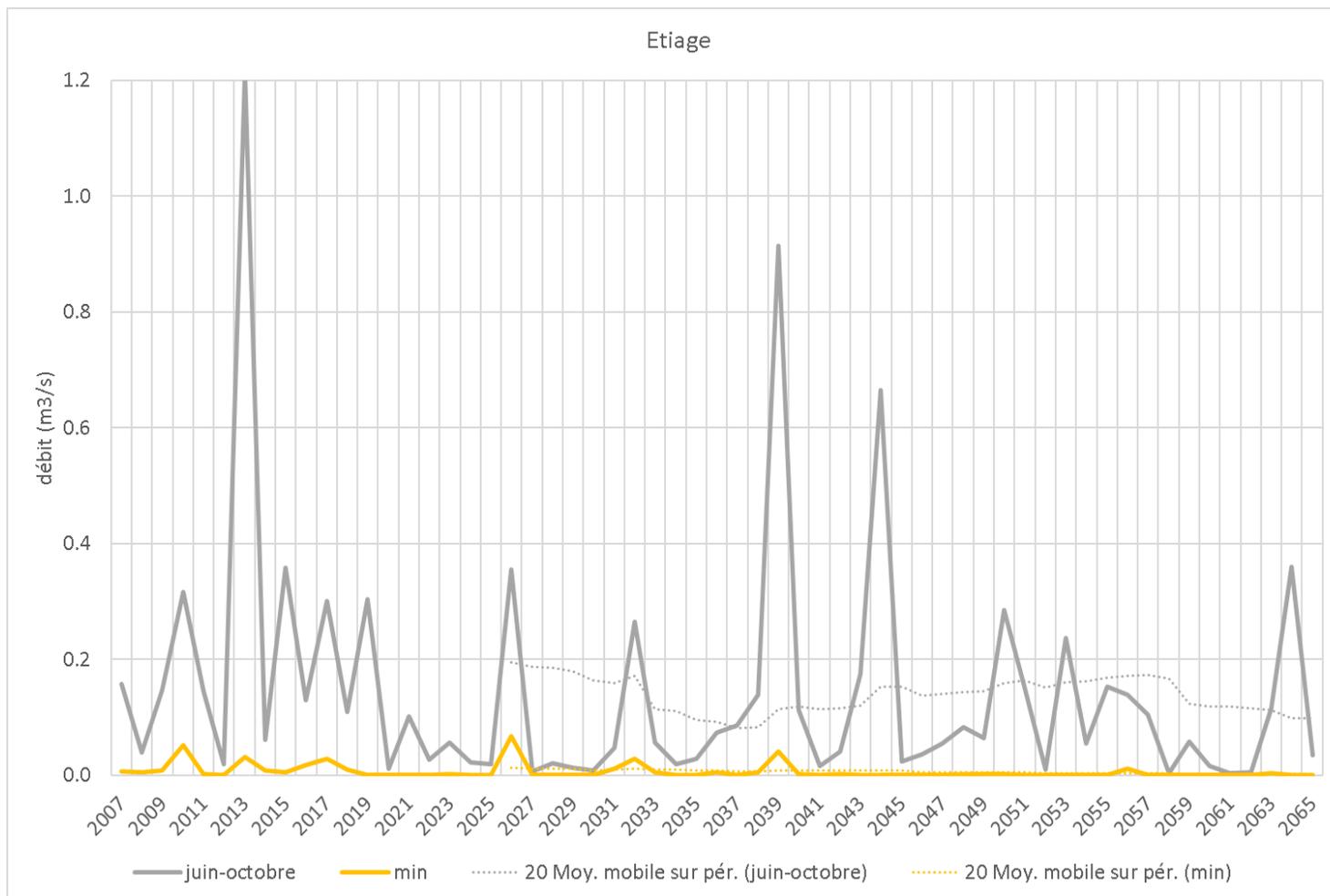


Figure 18. La Vie à la Chapelle-Palluau - Scénario pessimiste





➔ Valeurs caractéristiques des débits et évolutions par rapport à la période historique –
Scénario médian

Période débit désinfluencé (m3/s)	2035-2065				val. quinq. sec	val quinq hum
	moyenne	écart-type	MIN	MAX		
année	1.155	0.286	0.208	1.130	0.914	1.396
nov-mars	2.438	0.543	0.431	2.455	1.982	2.895
avr-mai	0.674	0.578	0.018	2.521	0.187	1.160
juin-octobre	0.105	0.158	0.012	0.947	0.000	0.238
min	0.012	0.004	0.010	0.015	0.009	0.016
jan	3.112	1.295	0.239	4.577	2.022	4.202
feb	2.215	1.249	0.234	4.342	1.163	3.266
mar	1.539	0.852	0.182	3.680	0.822	2.256
apr	0.762	0.923	0.022	5.130	0.000	1.539
may	0.602	0.852	0.018	4.366	0.000	1.319
jun	0.147	0.133	0.021	0.544	0.035	0.258
jul	0.073	0.045	0.044	0.197	0.035	0.111
aug	0.030	0.015	0.002	0.050	0.017	0.042
sep	0.015	0.019	0.002	0.133	0.000	0.031
oct	0.294	0.959	0.001	4.491	0.000	1.102
nov	2.199	3.272	0.001	10.811	0.000	4.953
dec	3.618	3.150	0.043	9.593	0.966	6.269
écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-4%	-32%	-42%	-43%	7%	-11%
nov-mars	1%	-40%	-37%	-44%	19%	-9%
avr-mai	-9%	43%	-93%	53%	-53%	7%
juin-octobre	-41%	-19%	-74%	3%	-100%	-31%
min	-70%	-83%	4%	-83%	-58%	-74%
jan	-6%	-37%	-13%	-40%	27%	-16%
feb	-16%	-42%	-59%	-48%	43%	-26%
mar	-17%	-21%	-60%	-8%	-12%	-18%
apr	-14%	36%	-93%	72%	-100%	6%
may	0%	77%	-89%	131%	-100%	31%
jun	-34%	-21%	-62%	-18%	-57%	-29%
jul	-40%	-55%	7%	-50%	-4%	-46%
aug	-57%	-75%	-90%	-78%	-14%	-64%
sep	-78%	-72%	-80%	-50%	-100%	-75%
oct	-29%	3%	-97%	10%	-100%	-8%
nov	39%	119%	-99%	112%	-100%	74%
dec	31%	50%	-85%	38%	-2%	39%

➔ Valeurs caractéristiques des débits et évolutions par rapport à la période historique –
Scénario pessimiste

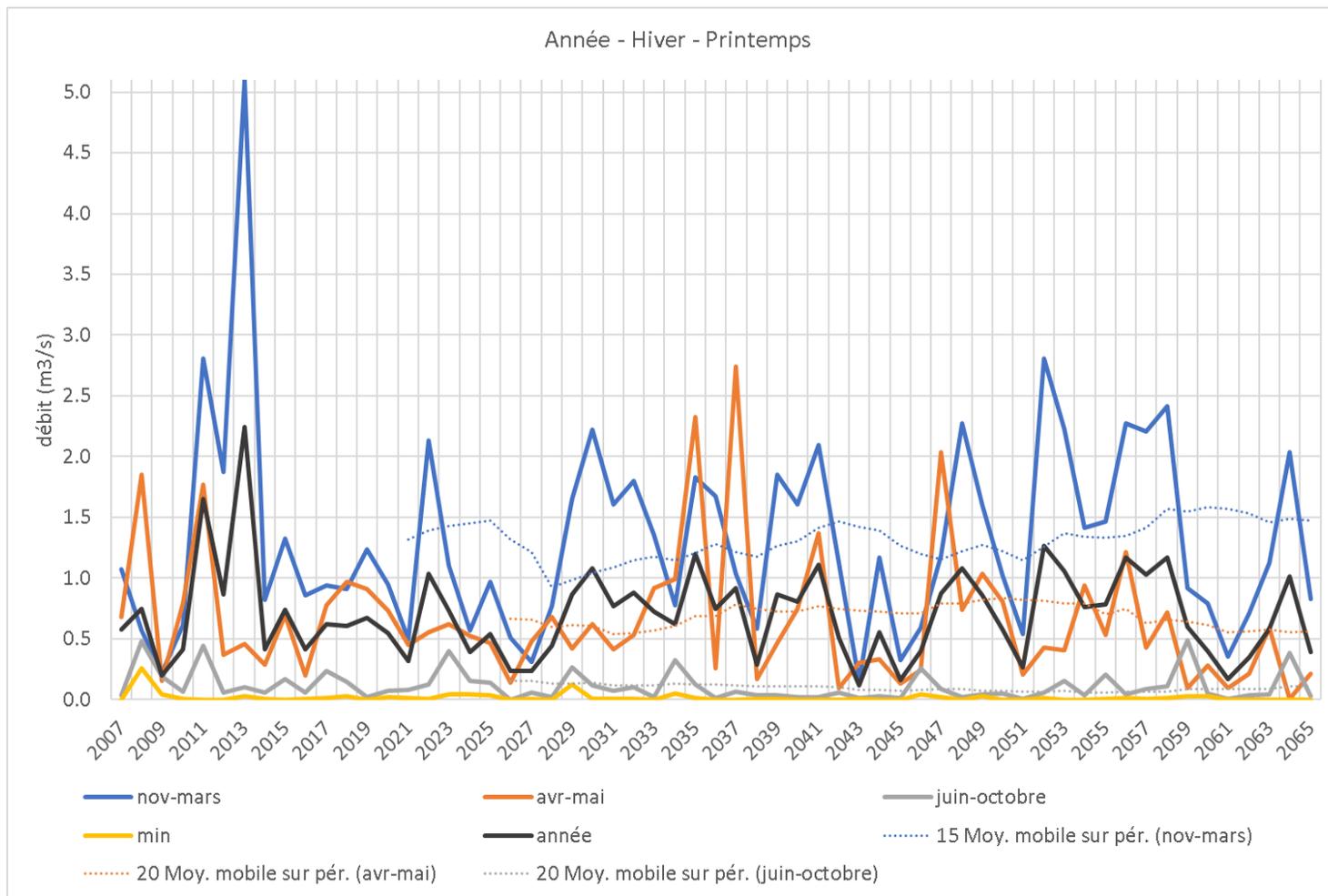
Période débit désinfluencé (m3/s)	2035-2065				val. quinq. sec	val quinq hum
	moyenne	écart-type	MIN	MAX		
année	0.759	0.554	0.103	1.884	0.293	1.225
nov-mars	1.403	0.831	0.267	3.545	0.704	2.103
avr-mai	0.629	0.497	0.066	2.414	0.211	1.047
juin-octobre	0.114	0.133	0.017	0.696	0.002	0.225
min	0.010	0.012	0.000	0.071	0.000	0.020
jan	1.816	1.518	0.113	5.642	0.538	3.094
feb	1.500	1.391	0.960	6.575	0.329	2.671
mar	1.669	1.482	0.098	6.765	0.422	2.916
apr	1.115	1.628	0.069	7.039	0.000	2.486
may	0.258	0.178	0.013	0.847	0.109	0.408
jun	0.163	0.126	0.136	0.529	0.057	0.269
jul	0.110	0.188	0.045	1.308	0.000	0.268
aug	0.011	0.011	0.002	0.056	0.002	0.020
sep	0.021	0.026	0.000	0.104	0.000	0.043
oct	0.122	0.349	0.000	1.493	0.000	0.416
nov	0.734	0.774	0.002	3.101	0.082	1.385
dec	1.177	1.490	0.036	7.164	0.000	2.431
écart = (hist – futur) / hist					val. quinq. sec	val quinq hum
année	-37%	31%	-71%	-4%	-66%	-22%
nov-mars	-42%	-8%	-61%	-19%	-58%	-34%
avr-mai	-15%	22%	-74%	46%	-47%	-3%
juin-octobre	-36%	-32%	-63%	-25%	-86%	-34%
min	-76%	-49%	-97%	-22%	-100%	-67%
jan	-45%	-26%	-59%	-27%	-66%	-38%
feb	-43%	-35%	70%	-21%	-60%	-40%
mar	-10%	37%	-79%	69%	-55%	6%
apr	27%	141%	-78%	136%	-100%	71%
may	-57%	-63%	-92%	-55%	-45%	-60%
jun	-27%	-25%	143%	-21%	-30%	-26%
jul	-9%	87%	10%	231%	-100%	31%
aug	-84%	-81%	-91%	-75%	-89%	-83%
sep	-70%	-61%	-99%	-61%	-100%	-66%
oct	-70%	-62%	-99%	-63%	-100%	-65%
nov	-54%	-48%	-99%	-39%	-75%	-51%
dec	-57%	-29%	-88%	3%	-100%	-46%

Ces valeurs sur la Vie à la Chapelle-Palluau permettent d'observer que pour le scénario pessimiste toutes les valeurs quinquennales sèches diminuent de plus de 30%. En valeurs moyennes mensuelles, seul le mois d'avril bénéficierait d'une hausse alors que pour le scénario médian, les moyennes mensuelles de novembre et décembre sont à la hausse. Il est également intéressant d'observer que les valeurs MAX augmentent pour plusieurs mois, ce qui traduit la présence de phénomènes extrêmes, de plus grandes ampleurs. De même, l'augmentation de l'écart-type de façon significative pour plusieurs mois, en particulier pour le scénario pessimiste, correspond à une plus grande variabilité des épisodes de hauts et bas débits.

La Petite Boulogne à la Chapelle-Palluau

- Evolutions chronologiques

Figure 19. La Petite Boulogne - Scénario médian



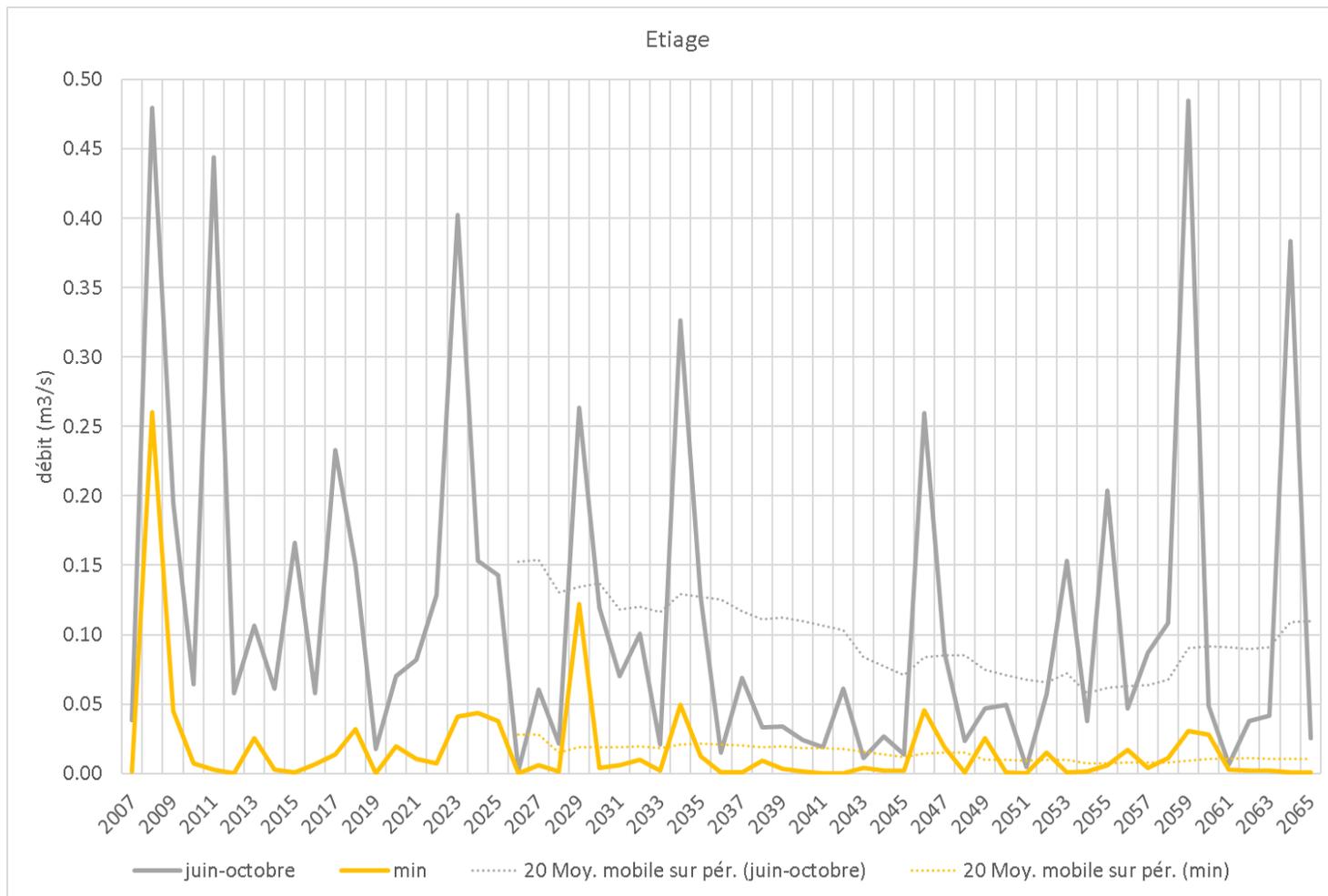
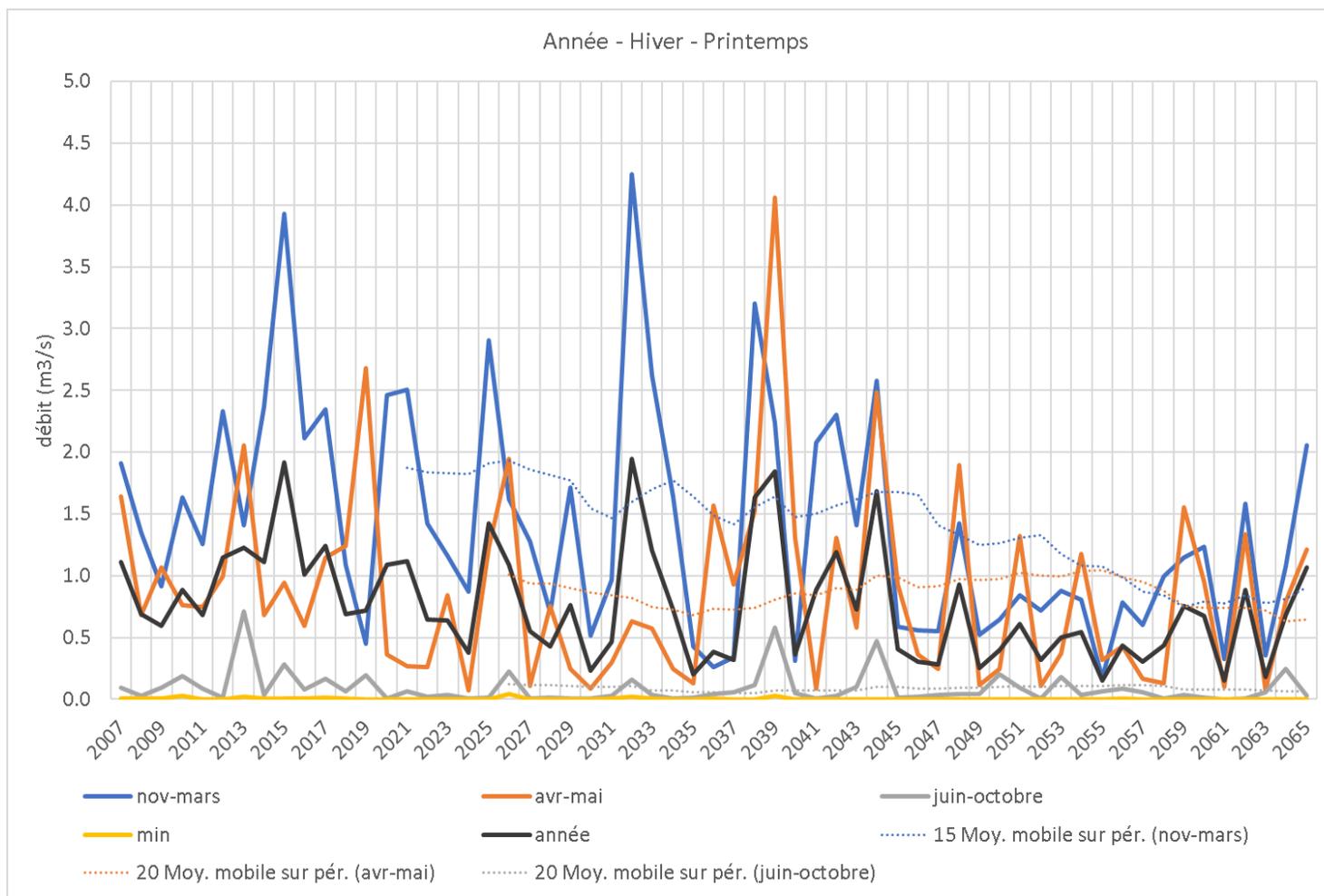
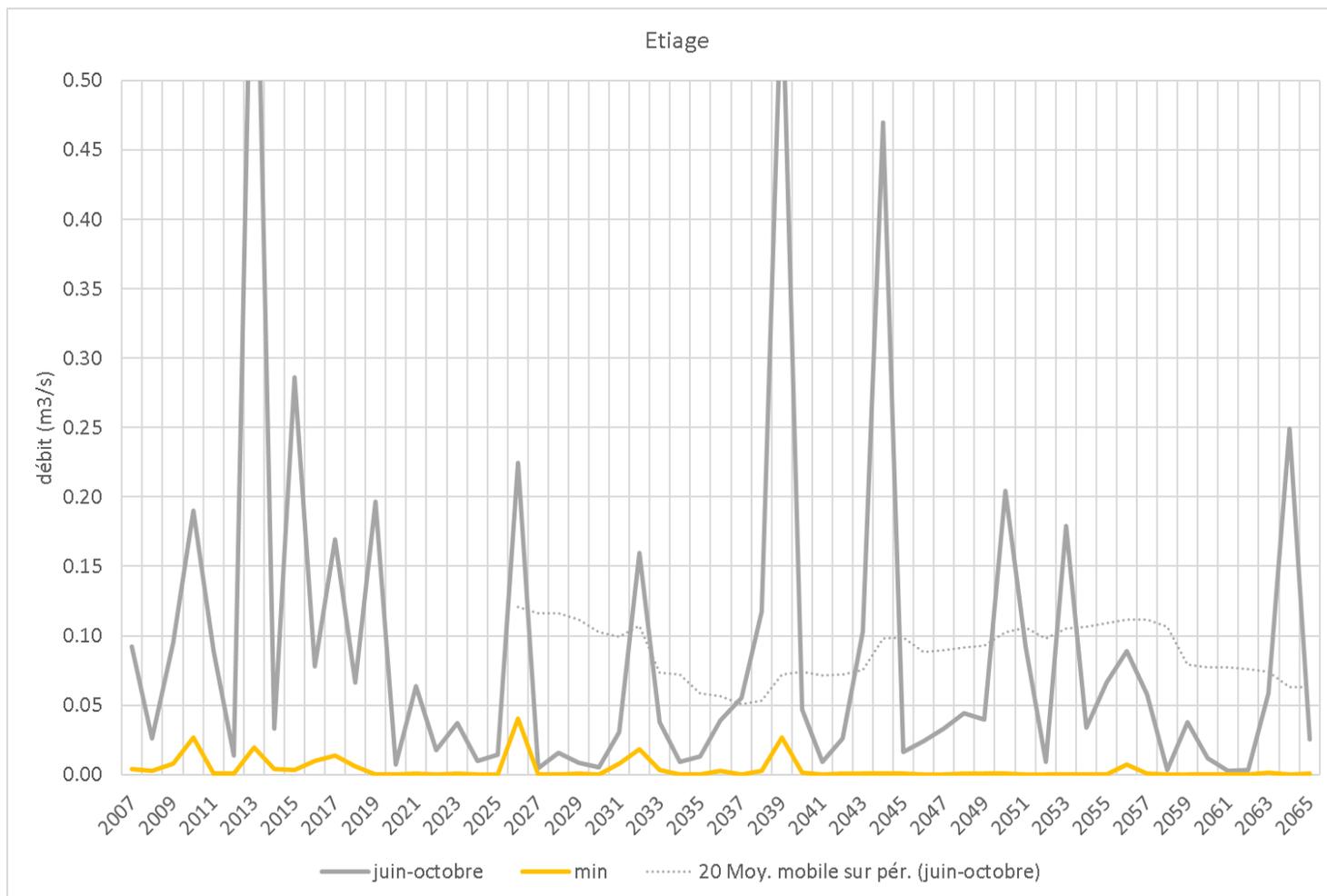


Figure 20. La Petite Boulogne - Scénario pessimiste





➔ Valeurs caractéristiques des débits et évolutions par rapport à la période historique –
Scénario médian

Période débit désinfluencé (m3/s)	2035-2065				val. quinq. sec	val quinq hum
	moyenne	écart-type	MIN	MAX		
année	0.792	0.200	0.147	0.760	0.623	0.961
nov-mars	1.713	0.393	0.299	1.657	1.383	2.043
avr-mai	0.425	0.407	0.008	1.449	0.082	0.768
juin-octobre	0.057	0.069	0.009	0.413	0.000	0.115
min	0.009	0.002	0.007	0.010	0.008	0.011
jan	2.187	0.931	0.194	3.167	1.404	2.970
feb	1.618	0.919	0.199	2.998	0.845	2.392
mar	1.124	0.670	0.086	2.731	0.560	1.688
apr	0.475	0.595	0.012	3.069	0.000	0.976
may	0.387	0.686	0.007	3.234	0.000	0.965
jun	0.095	0.077	0.013	0.297	0.029	0.160
jul	0.043	0.033	0.026	0.196	0.014	0.071
aug	0.017	0.006	0.001	0.027	0.012	0.022
sep	0.009	0.008	0.001	0.053	0.002	0.015
oct	0.138	0.421	0.001	1.987	0.000	0.492
nov	1.366	2.105	0.001	6.719	0.000	3.138
dec	2.518	2.139	0.027	6.588	0.718	4.319
écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-6%	-34%	-41%	-44%	7%	-12%
nov-mars	-1%	-41%	-33%	-45%	18%	-10%
avr-mai	-10%	37%	-93%	48%	-63%	6%
juin-octobre	-42%	-19%	-73%	1%	-102%	-33%
min	-70%	-82%	-59%	-82%	-65%	-73%
jan	-7%	-37%	-5%	-39%	27%	-17%
feb	-18%	-43%	-57%	-50%	40%	-28%
mar	-17%	-21%	-67%	-8%	-13%	-18%
apr	-15%	35%	-93%	74%	-100%	5%
may	-1%	76%	-90%	121%	-100%	34%
jun	-34%	-22%	-66%	-15%	-51%	-30%
jul	-44%	-57%	-13%	-46%	33%	-50%
aug	-62%	-79%	-94%	-81%	-43%	-68%
sep	-79%	-71%	-92%	-50%	-88%	-76%
oct	-29%	4%	-98%	11%	0%	-8%
nov	37%	118%	-99%	113%	-100%	74%
dec	29%	41%	-83%	29%	5%	34%

➔ Valeurs caractéristiques des débits et évolutions par rapport à la période historique –
Scénario pessimiste

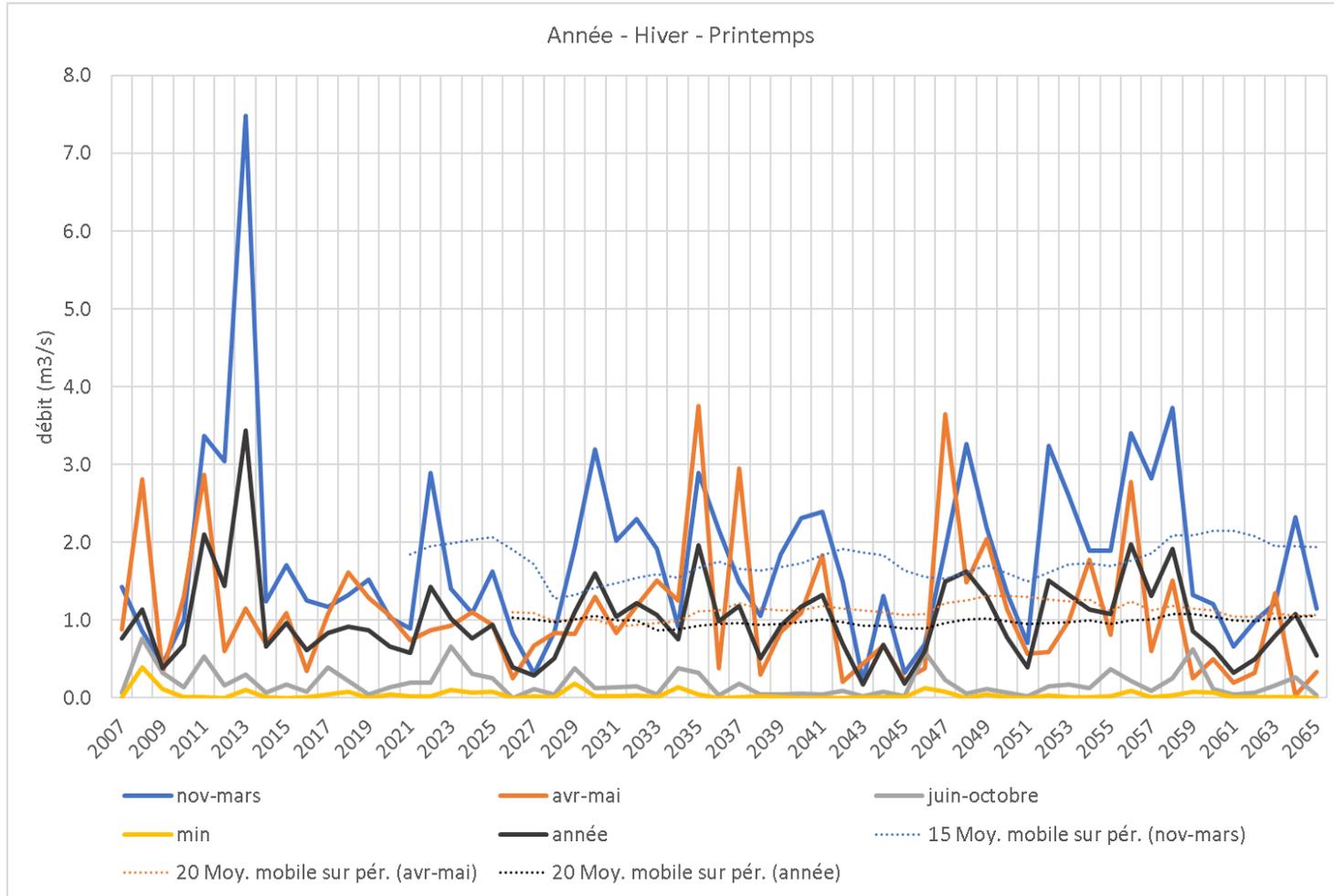
Période débit désinfluencé (m3/s)	2035-2065				val. quinq. sec	val quinq hum
	moyenne	écart-type	MIN	MAX		
année	0.533	0.411	0.064	1.304	0.187	0.879
nov-mars	0.995	0.618	0.173	2.456	0.475	1.515
avr-mai	0.422	0.394	0.032	1.479	0.091	0.753
juin-octobre	0.066	0.065	0.013	0.333	0.012	0.120
min	0.008	0.007	0.001	0.056	0.002	0.014
jan	1.277	1.148	0.100	4.060	0.311	2.243
feb	1.110	1.025	0.775	4.716	0.247	1.973
mar	1.238	1.205	0.053	5.256	0.224	2.252
apr	0.756	1.246	0.032	5.130	0.000	1.805
may	0.169	0.147	0.006	0.657	0.045	0.293
jun	0.113	0.087	0.013	0.306	0.040	0.186
jul	0.074	0.177	0.046	1.557	0.000	0.223
aug	0.007	0.005	0.003	0.034	0.003	0.011
sep	0.016	0.014	0.000	0.054	0.004	0.027
oct	0.052	0.134	0.001	0.709	0.000	0.165
nov	0.449	0.471	0.002	1.617	0.052	0.846
dec	0.848	1.088	0.025	5.448	0.000	1.763
écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-37%	36%	-74%	-3%	-68%	-20%
nov-mars	-42%	-7%	-61%	-19%	-59%	-34%
avr-mai	-11%	33%	-73%	51%	-60%	4%
juin-octobre	-34%	-24%	-60%	-19%	-59%	-30%
min	-74%	-37%	-96%	0%	-90%	-65%
jan	-45%	-22%	-51%	-21%	-72%	-37%
feb	-44%	-37%	68%	-21%	-59%	-41%
mar	-9%	42%	-79%	77%	-65%	9%
apr	36%	184%	-80%	191%	-100%	95%
may	-57%	-62%	-91%	-55%	-30%	-59%
jun	-21%	-13%	-66%	-13%	-33%	-18%
jul	-3%	130%	54%	331%	-100%	58%
aug	-84%	-81%	-89%	-76%	-88%	-83%
sep	-62%	-50%	-98%	-50%	-76%	-58%
oct	-73%	-67%	-98%	-60%	0%	-69%
nov	-55%	-51%	-98%	-49%	-72%	-53%
dec	-57%	-28%	-84%	7%	-100%	-45%

Sur la Petite Boulogne à la Chapelle-Palluau, le débit moyen mensuel minimum dépassé 4 années sur 5 passerait de 22 l/s à 8 l/s pour le scénario médian et 2 l/s pour le scénario pessimiste. Les débits d'été sont très impactés par le changement climatique. On observe plus de variabilité entre les 2 scénarios pour les débits hivernaux.

Le Jaunay à la Chapelle-Hermier

→ Evolutions chronologiques

Figure 21. Le Jaunay à la Chapelle-Hermier - Scénario médian



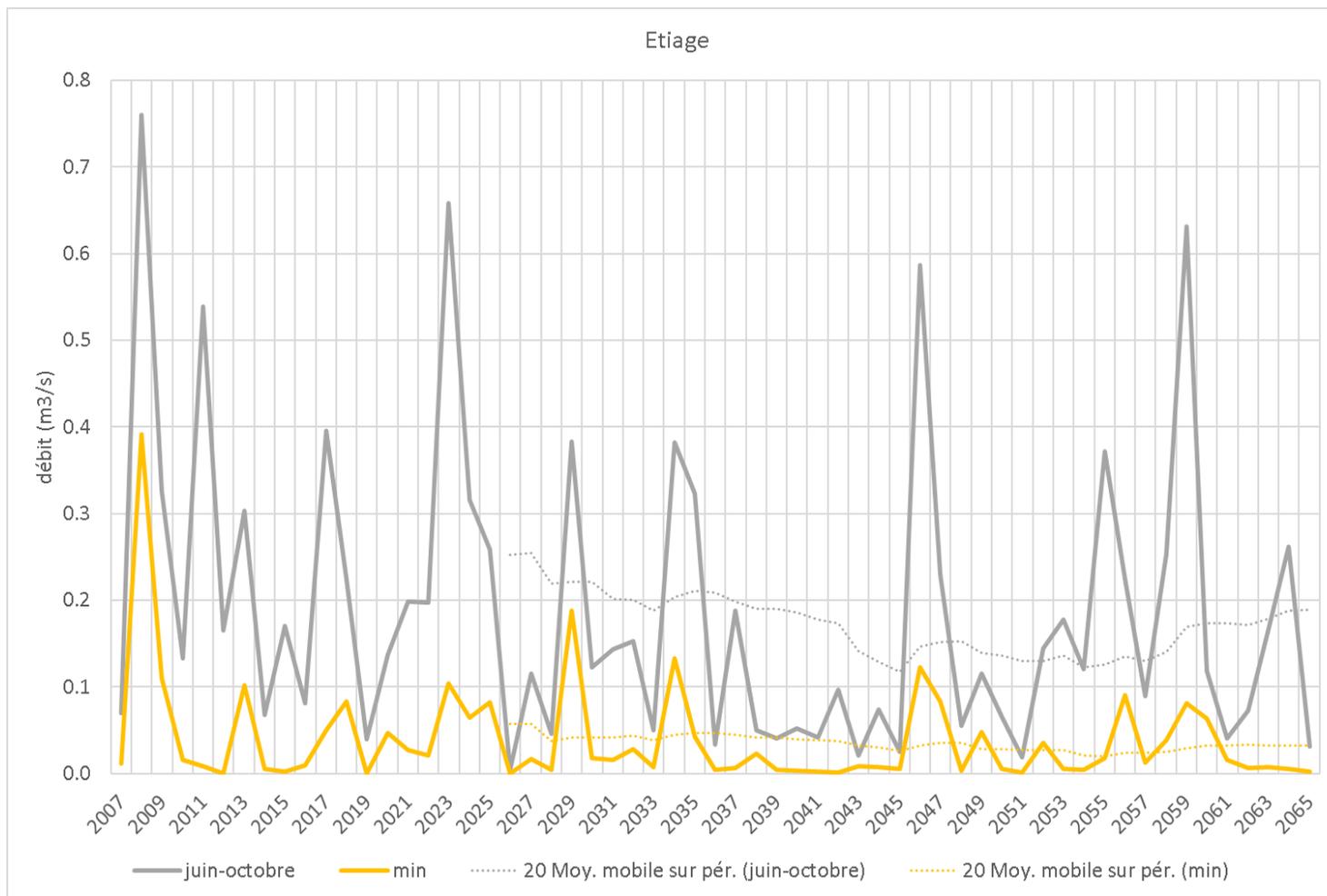
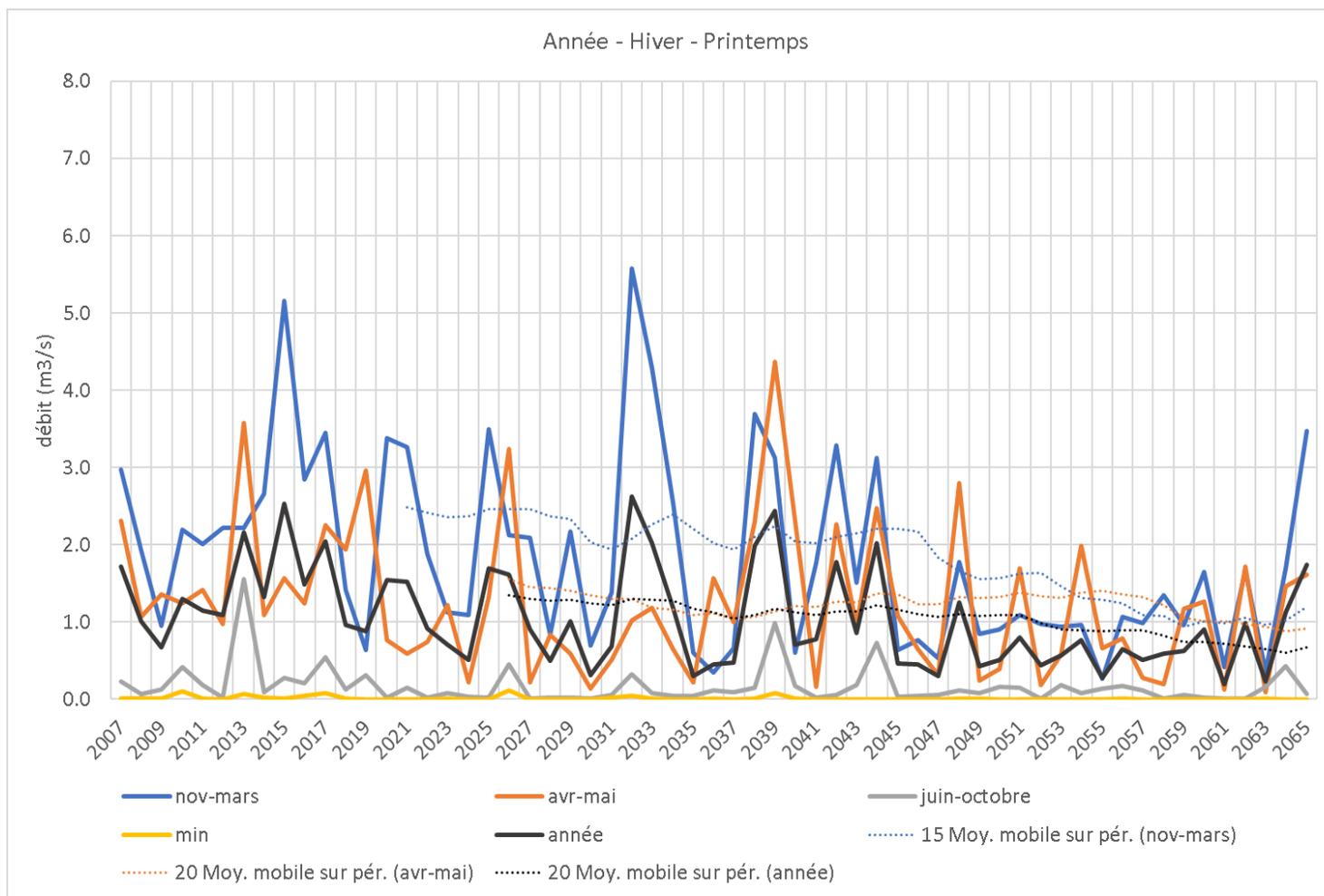
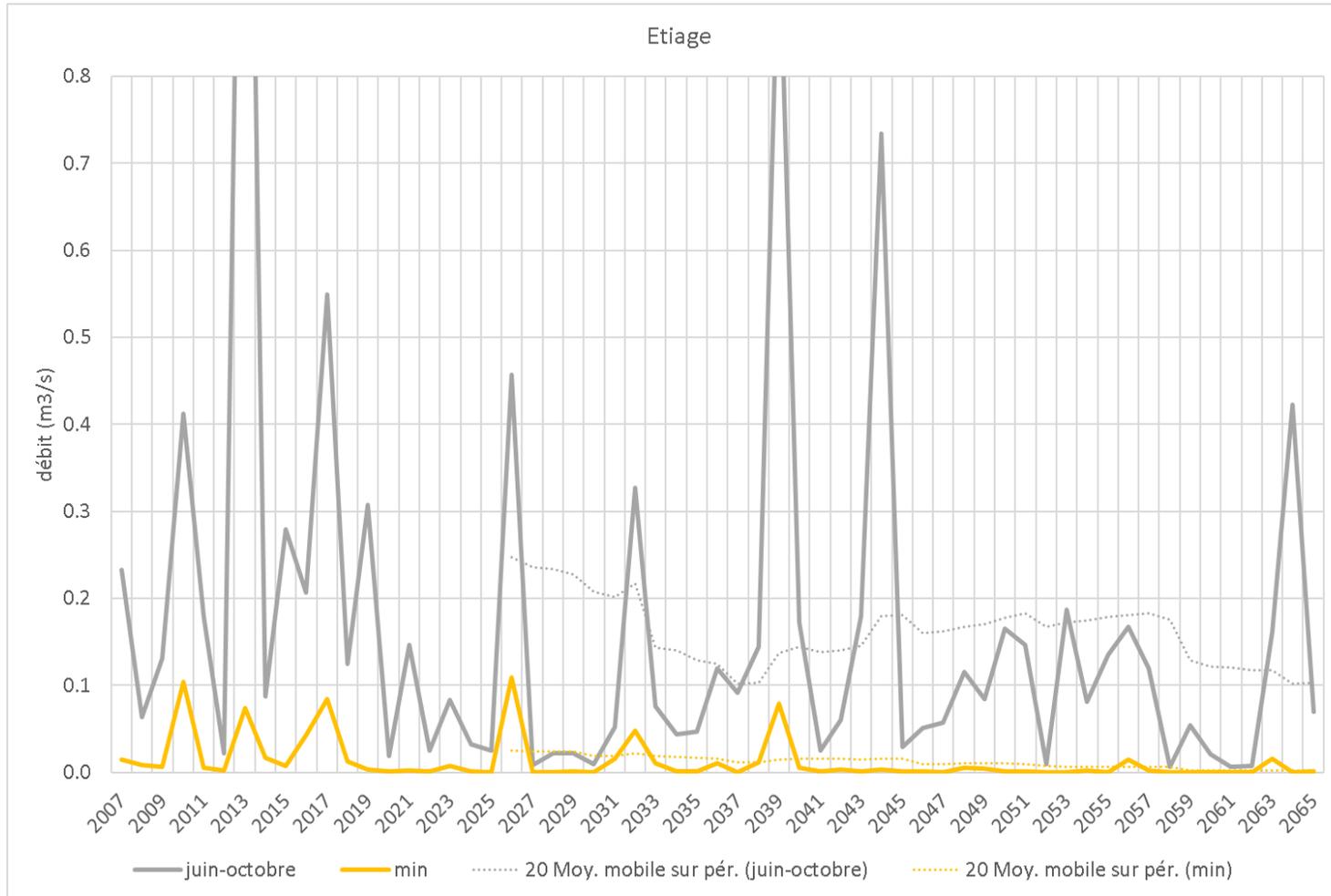


Figure 22. Le Jaunay à la Chapelle-Hermier - Scénario pessimiste





➔ Valeurs caractéristiques des débits et évolutions par rapport à la période historique –
Scénario médian

Période débit désinfluencé (m3/s)	2035-2065				val. quinq. sec	val quinq hum
	moyenne	écart-type	MIN	MAX		
année	1.079	0.285	0.148	1.121	0.840	1.319
nov-mars	2.240	0.508	0.272	2.146	1.812	2.668
avr-mai	0.687	0.549	0.028	2.042	0.225	1.149
juin-octobre	0.105	0.165	0.016	0.796	0.000	0.244
min	0.016	0.008	0.000	0.031	0.009	0.022
jan	2.870	1.246	0.146	4.388	1.822	3.919
feb	2.132	1.354	0.194	5.220	0.993	3.272
mar	1.560	0.801	0.208	3.428	0.886	2.234
apr	0.777	0.728	0.052	3.368	0.164	1.389
may	0.608	1.090	0.030	6.285	0.000	1.525
jun	0.167	0.144	0.018	0.556	0.046	0.288
jul	0.070	0.030	0.091	0.176	0.045	0.095
aug	0.045	0.035	0.003	0.227	0.015	0.074
sep	0.019	0.030	0.005	0.183	0.000	0.044
oct	0.264	1.084	0.000	4.937	0.000	1.176
nov	1.591	2.460	0.002	8.820	0.000	3.662
dec	3.416	4.152	0.055	14.250	0.000	6.910
écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-9%	-33%	-54%	-43%	2%	-14%
nov-mars	-6%	-45%	-52%	-50%	14%	-15%
avr-mai	-6%	38%	-90%	31%	-44%	8%
juin-octobre	-36%	-20%	-53%	-17%	0%	-28%
min	-56%	-67%	0%	-69%	-39%	-60%
jan	-11%	-36%	-50%	-38%	15%	-19%
feb	-17%	-38%	-71%	-40%	36%	-26%
mar	-15%	-22%	-56%	-18%	-8%	-17%
apr	-11%	20%	-85%	23%	-55%	1%
may	2%	89%	-85%	138%	-100%	41%
jun	-11%	20%	-71%	6%	-47%	0%
jul	-19%	-36%	119%	-28%	-6%	-25%
aug	-36%	-50%	-62%	-28%	44%	-42%
sep	-76%	-77%	-51%	-66%	0%	-76%
oct	-33%	7%	0%	12%	0%	-6%
nov	11%	63%	-98%	49%	-100%	36%
dec	21%	66%	-80%	61%	-100%	40%

➔ Valeurs caractéristiques des débits et évolutions par rapport à la période historique –
Scénario pessimiste

Période débit désinfluencé (m3/s)	2035-2065				val. quinq. sec	val quinq hum
	moyenne	écart-type	MIN	MAX		
année	0.699	0.488	0.094	1.883	0.288	1.110
nov-mars	1.315	0.836	0.238	3.086	0.611	2.019
avr-mai	0.556	0.476	0.045	1.907	0.156	0.957
juin-octobre	0.091	0.117	0.011	0.610	0.000	0.189
min	0.008	0.011	0.000	0.074	0.000	0.017
jan	1.594	1.319	0.099	5.096	0.484	2.704
feb	1.430	1.610	0.765	7.706	0.075	2.786
mar	1.487	1.199	0.144	5.512	0.478	2.497
apr	0.899	1.118	0.084	4.288	0.000	1.840
may	0.271	0.258	0.010	1.351	0.054	0.487
jun	0.120	0.076	0.108	0.352	0.056	0.184
jul	0.056	0.038	0.043	0.254	0.024	0.088
aug	0.013	0.016	0.001	0.113	0.000	0.026
sep	0.018	0.034	0.000	0.137	0.000	0.047
oct	0.133	0.506	0.000	2.510	0.000	0.559
nov	0.735	1.094	0.001	6.193	0.000	1.655
dec	1.143	1.717	0.026	8.183	0.000	2.588
écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-41%	14%	-71%	-3%	-65%	-28%
nov-mars	-45%	-10%	-58%	-28%	-62%	-36%
avr-mai	-24%	20%	-84%	22%	-61%	-10%
juin-octobre	-45%	-44%	-67%	-36%	0%	-44%
min	-78%	-57%	0%	-24%	-100%	-70%
jan	-50%	-32%	-66%	-28%	-69%	-44%
feb	-45%	-27%	16%	-11%	-90%	-37%
mar	-19%	16%	-70%	32%	-51%	-8%
apr	3%	85%	-76%	56%	-100%	33%
may	-54%	-55%	-95%	-49%	-50%	-55%
jun	-36%	-36%	75%	-33%	-35%	-36%
jul	-36%	-19%	3%	4%	-50%	-31%
aug	-82%	-78%	-88%	-64%	-100%	-80%
sep	-76%	-73%	-99%	-75%	0%	-74%
oct	-67%	-50%	0%	-43%	0%	-55%
nov	-49%	-27%	-99%	5%	-100%	-39%
dec	-60%	-31%	-91%	-8%	-100%	-48%

Dans le scénario médian, pour le Jaunay à la Chapelle-Hermier, la valeur de QMNA5 est supérieure au débit moyen quinquennal sec de juin-octobre, ce qui n'est pas cohérent, mais est dû à l'ajustement statistique utilisé et à un écart-type plus grand pour la période juin-octobre que pour le débit mensuel minimum. Ces tableaux montrent que quel que soit le scénario, les 2 valeurs quinquennales sèches d'étiage considérées ici sont très faibles, voire nulles.

A partir de ces estimations, il est possible de caractériser les débits désinfluencés futurs par UH pour chaque scénario.

3.4.3.2 Débits futurs (horizon 2050) par UH

Les tableaux suivants synthétisent les valeurs caractéristiques de débits de chaque UH par scénario :

- Débits moyens mensuels,
- Module, valeurs quinquennales sèche et humide
- Débit moyen mensuel minimum moyen (QMNA2) et quinquennal (QMNA5),
- Débit moyen de la période novembre-mars et valeurs quinquennales.

Tableau 4 : débits caractéristiques 2050 par UH – Scénario médian

MODELE MEDIAN - ALADIN63: RECONSTITUTION DES DEBITS FUTURS A HORIZON 2050 PAR UH																									
Nom	ID2	BV	Surface UH (km²)	Surface BV à l'exutoire de l'UH (km²)	Station Hydrométrique de référence	Débits moyens mensuels désinfluencés (m³/s)												Module désinfluencé (m³/s)	Débit moyen annuel f1/5 sec (m³/s)	Débit moyen annuel f1/5 humide (m³/s)	Débit moyen NOV-MARS désinfluencé (m³/s)	Débit moyen NOV-MARS f1/5 sec (m³/s)	Débit moyen NOV-MARS f1/5 humide (m³/s)	Débit moyen minimum désinfluencé [QMNA2] (m³/s)	Débit moyen minimum désinfluencé f1/5 [QMNA5] (m³/s)
						jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec								
(1) Unité Vie amont	UH1	Vie	136.83	136.83	La Vie à la Chapelle-Palluau	3.609	2.568	1.785	0.883	0.698	0.170	0.084	0.034	0.018	0.341	2.550	4.195	1.339	1.060	1.619	2.827	2.298	3.357	0.014	0.010
(2) Unité Petite Boulogne	UH2	Vie	89.80	89.80	La Petite Boulogne à la Chapelle-Palluau	2.258	1.670	1.160	0.490	0.399	0.098	0.044	0.017	0.009	0.142	1.410	2.599	0.817	0.643	0.991	1.768	1.427	2.109	0.010	0.008
(3) Unité retenue d'Apremont	UH3	Vie	51.90	278.53	La Vie à la Chapelle-Palluau	7.252	5.259	3.629	1.716	1.366	0.332	0.164	0.067	0.034	0.613	4.943	8.441	2.675	2.157	3.295	5.691	4.678	6.833	0.030	0.021
(4) Unité Ligneron amont	UH4	Ligneron	76.04	76.04	La Vie à la Chapelle-Palluau	2.005	1.427	0.992	0.491	0.388	0.094	0.047	0.019	0.010	0.190	1.417	2.331	0.744	0.589	0.899	1.571	1.277	1.865	0.008	0.006
(5) Unité du Marais de la Vie	UH5	Vie	88.03	366.56	La Vie à la Chapelle-Palluau	9.574	6.912	4.777	2.285	1.815	0.441	0.218	0.089	0.046	0.833	6.584	11.140	3.537	2.839	4.336	7.510	6.156	8.993	0.040	0.027
(6) Unité Marais du Ligneron	UH6	Ligneron	67.60	143.64	La Vie à la Chapelle-Palluau	3.788	2.696	1.874	0.927	0.732	0.178	0.089	0.036	0.019	0.358	2.677	4.404	1.406	1.112	1.699	2.968	2.412	3.524	0.015	0.011
(7) Unité Jaunay amont	UH7	Jaunay	124.85	124.85	Le Jaunay à la Chapelle-Hermier	2.867	2.130	1.558	0.776	0.607	0.167	0.070	0.045	0.019	0.263	1.589	3.412	1.078	0.839	1.317	2.237	1.810	2.664	0.015	0.009
(8) Unité retenue du Jaunay	UH8	Jaunay	16.10	140.95	Le Jaunay à la Chapelle-Hermier	3.236	2.405	1.759	0.876	0.685	0.188	0.079	0.050	0.021	0.297	1.794	3.852	1.217	0.947	1.487	2.526	2.044	3.008	0.017	0.010
(9) Unité du Gué Gorand amont	UH9	Jaunay	14.50	14.50	Le Jaunay à la Chapelle-Hermier	0.333	0.247	0.181	0.090	0.070	0.019	0.008	0.005	0.002	0.031	0.185	0.396	0.125	0.097	0.153	0.260	0.210	0.309	0.002	0.001
(10) Unité du Marais du Jaunay et du Gué Gorand	UH10	(10) Marais Jaunay	75.98	231.43	Le Jaunay à la Chapelle-Hermier	5.314	3.948	2.888	1.438	1.125	0.309	0.130	0.083	0.035	0.488	2.946	6.324	1.998	1.555	2.442	4.147	3.356	4.939	0.029	0.016
(11) Unité Marais salés, estuaire de la Vie	UH11	Vie	24.70	534.90	La Vie à la Chapelle-Palluau	14.013	10.071	6.973	3.372	2.674	0.650	0.321	0.131	0.068	1.252	9.721	16.301	5.185	4.143	6.328	10.988	8.983	13.123	0.057	0.040
(12) Bande littorale	UH12	(12) Bande littorale	19.70		Marais salé -> pas de caractérisation des débits																				

Le scénario médian conduit à des débits d'étiage variant de 0,002 m³/s (2 l/s) à 0,057 m³/s (57 l/s) en valeurs moyennes et de 0,001 m³/s (1 l/s) à 0,04 m³/s (40 l/s) en valeurs quinquennales, alors que pour la période historique ces valeurs étaient encadrées respectivement par 0,004 m³/s (4 l/s) – 0,192 m³/s (192 l/s) et par 0,002 m³/s (2 l/s) – 0,106 m³/s (106 l/s). La disponibilité de l'eau à l'étiage déjà faible sur ces bassins à régime hydrologique pluvial ne bénéficiant pas de soutien des eaux souterraines sera encore plus restreinte sous les effets du changement climatique.

Les cartes « Scénario médian (d'après DRIAS ALADIN 63) : évolution des débits par UH sous les effets du changement climatique à horizon 2050 » jointes à ce rapport présentent les évolutions des différentes valeurs caractéristiques par UH :

- Module,
- Débit moyen de novembre à mars,
- Débit moyen avril-mai,
- Débit moyen juin-octobre,
- Débit mensuel minimum de fréquence quinquennale (QMNA5).

Tableau 5 : débits caractéristiques 2050 par UH – Scénario pessimiste

MODELE PESSIMISTE - CCLM4-8-17: RECONSTITUTION DES DEBITS FUTURS A HORIZON 2050 PAR UH																									
Nom	ID2	BV	Surface UH (km ²)	Surface BV à l'exutoire de l'UH (km ²)	Station Hydrométrique de référence	Débits moyens mensuels désinfluencés (m ³ /s)												Module désinfluencé (m ³ /s)	Débit moyen annuel f1/5 sec (m ³ /s)	Débit moyen annuel f1/5 humide (m ³ /s)	Débit moyen désinfluencé NOV-MARS (m ³ /s)	Débit moyen désinfluencé f1/5 sec NOV-MARS (m ³ /s)	Débit moyen désinfluencé f1/5 humide NOV-MARS (m ³ /s)	Débit moyen minimum désinfluencé [QMNA2] (m ³ /s)	Débit moyen minimum désinfluencé f1/5 [QMNA5] (m ³ /s)
						jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec								
(1) Unité Vie amont	UH1	Vie	136.83	136.83	La Vie à la Chapelle-Palluau	2.106	1.740	1.936	1.294	0.299	0.189	0.127	0.013	0.024	0.141	0.851	1.365	0.880	0.340	1.420	1.627	0.817	2.438	0.011	0.000
(2) Unité Petite Boulogne	UH2	Vie	89.80	89.80	La Petite Boulogne à la Chapelle-Palluau	1.318	1.146	1.278	0.781	0.174	0.117	0.076	0.007	0.016	0.054	0.463	0.875	0.550	0.193	0.907	1.027	0.491	1.564	0.008	0.002
(3) Unité retenue d'Aprémont	UH3	Vie	51.90	278.53	La Vie à la Chapelle-Palluau	4.232	3.563	3.935	2.513	0.586	0.369	0.247	0.025	0.046	0.254	1.649	2.747	1.758	0.692	2.891	3.276	1.662	4.964	0.024	0.000
(4) Unité Ligneron amont	UH4	Ligneron	76.04	76.04	La Vie à la Chapelle-Palluau	1.170	0.967	1.076	0.719	0.166	0.105	0.071	0.007	0.013	0.078	0.473	0.759	0.489	0.189	0.789	0.904	0.454	1.355	0.006	0.000
(5) Unité du Marais de la Vie	UH5	Vie	88.03	366.56	La Vie à la Chapelle-Palluau	5.586	4.682	5.181	3.345	0.779	0.490	0.329	0.034	0.062	0.345	2.196	3.625	2.324	0.910	3.805	4.323	2.187	6.532	0.032	0.000
(6) Unité Marais du Ligneron	UH6	Ligneron	67.60	143.64	La Vie à la Chapelle-Palluau	2.210	1.826	2.032	1.358	0.314	0.198	0.134	0.014	0.025	0.148	0.893	1.433	0.924	0.357	1.491	1.708	0.857	2.560	0.012	0.000
(7) Unité Jaunay amont	UH7	Jaunay	124.85	124.85	Le Jaunay à la Chapelle-Hermier	1.592	1.428	1.486	0.898	0.270	0.120	0.056	0.013	0.018	0.132	0.734	1.141	0.698	0.288	1.108	1.313	0.610	2.016	0.008	0.000
(8) Unité retenue du Jaunay	UH8	Jaunay	16.10	140.95	Le Jaunay à la Chapelle-Hermier	1.797	1.613	1.677	1.014	0.305	0.135	0.063	0.015	0.021	0.150	0.828	1.288	0.788	0.325	1.251	1.483	0.689	2.276	0.009	0.000
(9) Unité du Gué Gorand amont	UH9	Jaunay	14.50	14.50	Le Jaunay à la Chapelle-Hermier	0.185	0.166	0.173	0.104	0.031	0.014	0.006	0.001	0.002	0.015	0.085	0.133	0.081	0.033	0.129	0.153	0.071	0.234	0.001	0.000
(10) Unité du Marais du Jaunay et du Gué Gorand	UH10	(10) Marais Jaunay	75.98	231.43	Le Jaunay à la Chapelle-Hermier	2.951	2.648	2.754	1.665	0.501	0.222	0.103	0.024	0.034	0.246	1.360	2.115	1.294	0.533	2.054	2.435	1.132	3.737	0.014	0.000
(11) Unité Marais salés, estuaire de la Vie	UH11	Vie	24.70	534.90	La Vie à la Chapelle-Palluau	8.177	6.822	7.562	4.936	1.147	0.723	0.485	0.049	0.091	0.518	3.242	5.305	3.407	1.328	5.553	6.325	3.192	9.532	0.046	0.000
(12) Bande littorale	UH12	(12) Bande littorale	19.70		Marais salé -> pas de caractérisation des débits																				

Le scénario pessimiste conduit à des débits d'étiage variant de 0,001 m³/s (1 l/s) à 0,046 m³/s (46 l/s) en valeurs moyennes et de 0 m³/s à 0,002 m³/s (2 l/s) en valeurs quinquennales, alors que pour la période historique ces valeurs étaient encadrées respectivement par 0,004 m³/s (4 l/s) – 0,192 m³/s (192 l/s) et par 0,002 m³/s (2 l/s) – 0,106 m³/s (106 l/s). Ces valeurs d'étiage très faibles font partie des possibles à horizon 2050.

Les cartes « Scénario pessimiste (d'après DRIAS CCLM-4-8-17) : évolution des débits par UH sous les effets du changement climatique à horizon 2050 » jointes à ce rapport présentent les évolutions des différentes valeurs caractéristiques par UH :

- Module,
- Débit moyen de novembre à mars,
- Débit moyen avril-mai,
- Débit moyen juin-octobre,
- Débit mensuel minimum de fréquence quinquennale (QMNA5).

L'Annexe 2 présente les écarts entre valeurs caractéristiques futures et historiques pour chaque scénario.

Les figures suivantes illustrent les variations possibles des débits d'étéage par UH.

Figure 23. Variations possibles du débit minimum moyen par UH

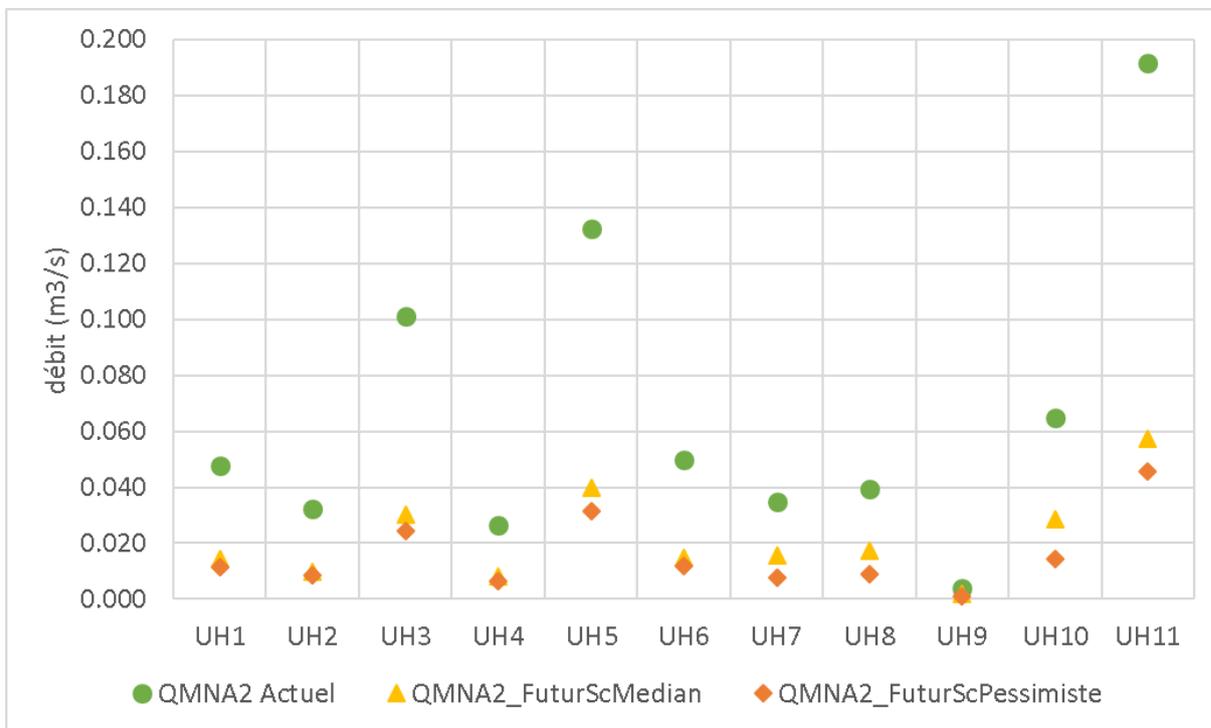
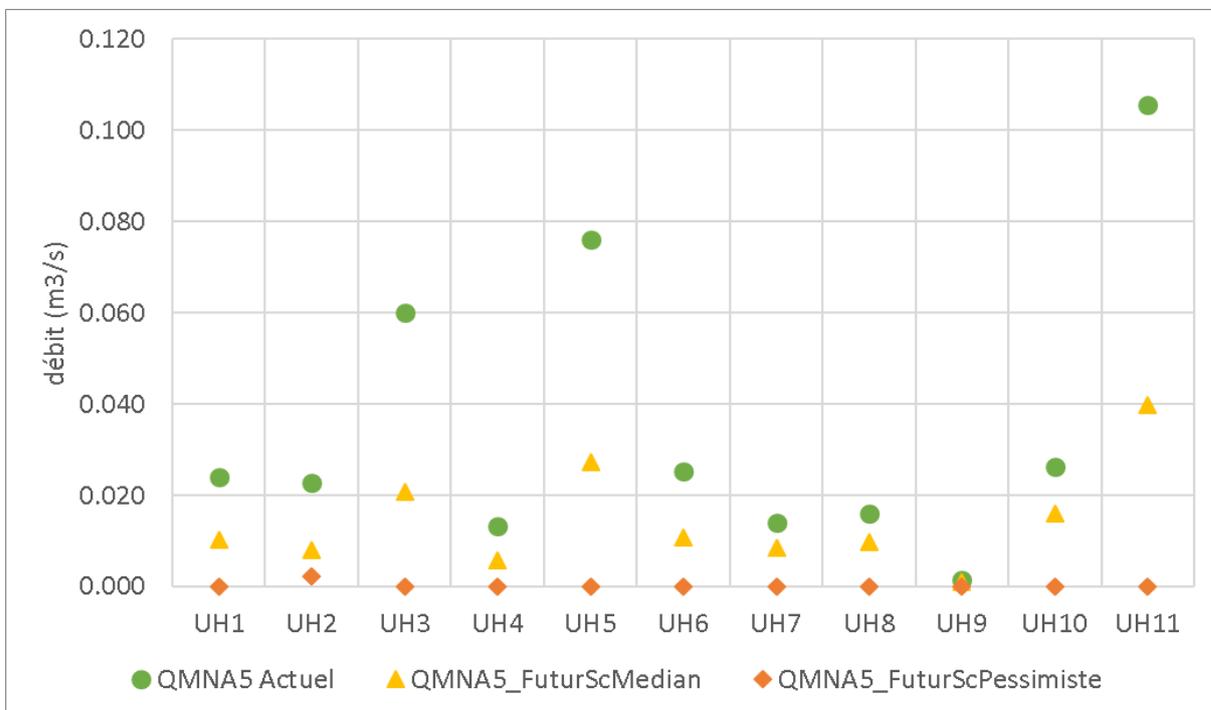
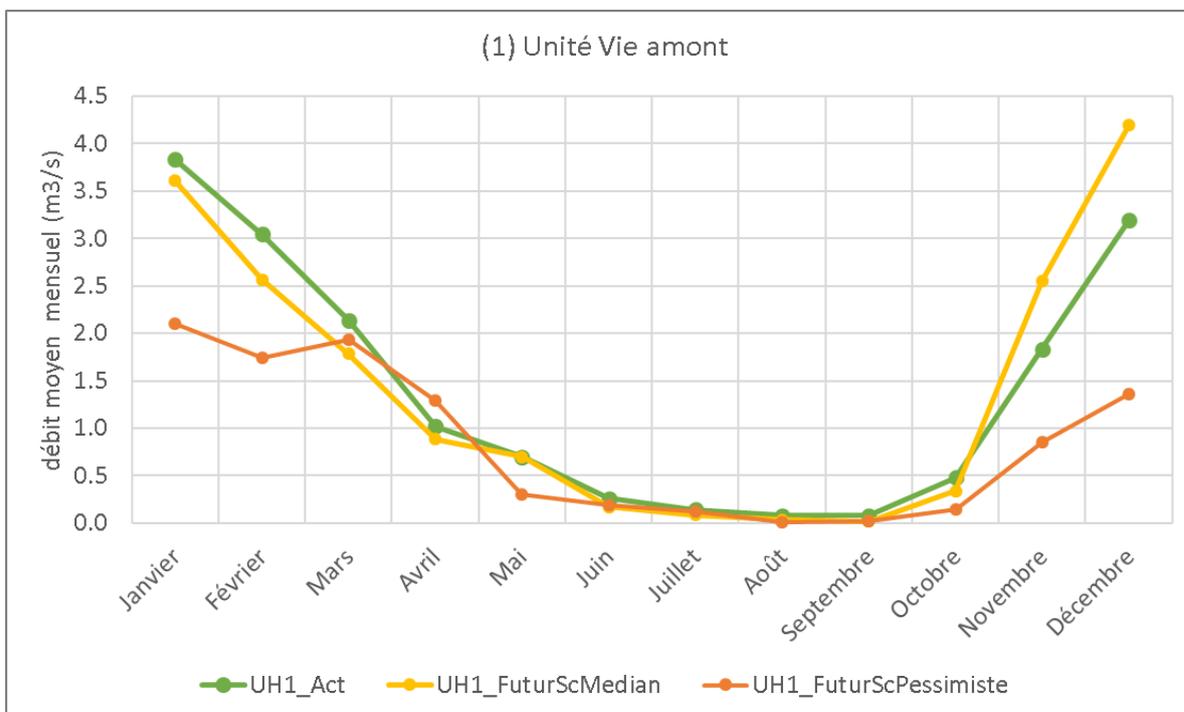


Figure 24. Variations possibles du débit minimum quinquennal par UH



Afin d'illustrer la variabilité des effets du changement climatique au cours de l'année, nous représentons les débits moyens mensuels historique, scénario médian et scénario pessimiste sur un même graphique. La figure suivante présente l'UH1. Les figures pour les autres UH sont disponibles en annexe.

Figure 25. Variation des débits moyens mensuels de l'UH1 sous les effets du changement climatique – scénarios médian et pessimiste



Ce graphique met bien en évidence la baisse importante des débits hivernaux que pourrait induire le changement climatique selon le scénario pessimiste. Le scénario médian se caractérise à l'inverse par une baisse modérée des débits moyens de janvier à octobre.

Enfin, l'analyse des effets du changement climatique sur l'hydrologie à travers deux scénarios contrastés montre

- . Des baisses des débits de la période d'étiage qui conduira à une aggravation des phénomènes d'assecs et à une moindre disponibilité en eau pour des bassins versants dont la ressource est déjà limitée,
- . Une diminution globale des débits d'hiver et de printemps mais beaucoup plus contrastée d'un mois à l'autre, d'une année à l'autre et en fonction du scénario.

4 EVOLUTION DES USAGES HUMAINS DE L'EAU

4.1 Résumé des évolutions prises en compte dans l'étude EVEP 2015

➤ L'usage AEP

Lors de l'étude EVEP 2015, la croissance démographique pour la Vendée était estimée par l'INSEE à +1% de population par an. Les calculs prospectifs pour 2021 (choisie en tant qu'année de révision du SDAGE) de consommations d'eau potable ont été réalisés à partir des dotations hydriques de l'année 2009 et d'hypothèses d'évolution des consommations par profil (différenciation gros consommateur / particuliers).

L'évolution de la consommation d'eau potable était ensuite évaluée à l'échelle des 3 principaux SIAEP (Haute Vallée de la Vie, Havre de Vie, Pays de Brem) à +17% en 10 ans :

- 2011 : 5 473 000 m³/an,
- 2018 : 6 129 000 m³/an,
- 2021 : 6 410 000 m³/an, prévision qui se révèle un peu forte à la lumière de la consommation effective de 2021 qui s'établit à 6 Mm³ (cf. Phase 1).

L'évolution démographique à l'horizon 2030 se base sur les éléments disponibles dans les 3 SCOT qui disposaient d'éléments suffisamment avancés (SCOT du Pays de Challans, SCOT du Pays de Saint-Gilles Croix de Vie et SCOT du Pays d'Yon et de Vie). Les taux de croissance moyens annuels à l'horizon 2030 variaient de 0,9 à 1,2% pour le Pays Yon et Vie à 1,9% pour le Pays de St-Gilles-Croix de Vie. Presque 10 ans plus tard, ces valeurs méritent d'être actualisées.

L'étude recense également les projets de ressources supplémentaires envisagés par Vendée Eau dans son schéma directeur. Nous reprenons le tableau de l'étude 2015 en mentionnant pour chaque opération le stade d'avancement atteint en 2022 par Vendée Eau et les perspectives d'accomplissement.

Intitulé	Volume mobilisé (m ³)	Volume traité (m ³)	Mode d'alimentation	Type de Ressource	Date de mise en service prévue (en 2013-2015)	Stade d'avancement 2022 (source : Vendée Eau)
Projet de rehausse du barrage d'Apremont (stockage)	+735 000 (avec rehausse de 40cm)	735 000	Vie et Petite Boulogne	ESUP ⁸	2018	Rehausse de 40cm (+720 000m ³). Travaux « barrage » planifiés entre juillet 2023 et mars 2024 ; Travaux « périphériques » (adaptations berges, redimensionnement des ouvrages hydrauliques) prévus à partir de 2025.
Carrière des Clouzeaux (stockage)	3 675 000	3 500 000	Pompage dans la retenue du Jaunay (en période hivernale)	ESUP	2021	Mise en service en 2022 – capacité de 2,5Mm ³ utile Remplissage à 35 000 m ³ /j Vidange à 30 000 m ³ /j
Carrière de Saint Christophe de Ligron (stockage)	1 050 000	1 000 000	Pompage dans la Retenue d'Apremont	ESUP	2021	Lancement d'une étude d'aide à la décision 2023-2024
Forage de La Guitonnière (BEAUFOU)	300 000	276 000	Pompage dans les terrains de socle	ESOUT ⁹	2016	Etudes complémentaires en cours de consultation - Mise en service en 2031
Forage de Le Rochais (VENANSAULT)	330 000	303 600	Pompage dans les terrains de socle	ESOUT	2016	Etudes complémentaires en cours de consultation – Mise en service en 2030
Forage de Villeneuve (COMMEQUIERS)	400 000 (Augmentation par rapport aux prélèvements actuels)	368 000	Pompage dans les sables du Sénonien	ESOUT	2018	pas de prélèvement en 2020-2021 car concentration en pesticides trop forte, Etude diagnostic à lancer en 2023 Programme de reconquête de la qualité de la ressource à suivre

A noter que le projet Jourdain de REUT des eaux usées de la station d'épuration des Sables d'Olonne, en cours d'autorisation environnementale pour sa partie démonstrateur, n'est pas mentionné ici car il s'agit d'une ressource exogène au bassin Vie-Jaunay.

⁸ Eaux superficielles

⁹ Eaux souterraines

➤ L'usage industriel

L'évolution des prélèvements industriels dans le futur, est fortement dépendante du contexte socio-économique en France mais également à l'Étranger dans une économie mondialisée. Il n'est donc pas mené à proprement parler d'analyse spécifique de l'évolution du tissu industriel sur la base de variables économiques. Il a ainsi été considéré que son évolution était incluse dans l'évolution de la classe des gros consommateurs d'eau potable (> 6 000 m³/j).

Pour la part des prélèvements industriels (hors AEP), l'étude fait l'hypothèse de leur stabilité.

➤ L'usage irrigation

L'étude ne mentionne aucune perspective d'évolution de l'agriculture, hormis la connaissance de projets de créations de retenues liées à l'irrigation.

Lors de l'étude réalisée entre 2012-2015, plusieurs projets de création de ressource ont été recensés :

- Un projet de réserves de substitution sur le bassin Vie aval et Ligneron aval qui aurait stocké les eaux traitées de la STEP de St-Gilles Croix de Vie ; ce projet n'a pas été réalisé,
- Une quinzaine de dossiers de création de retenues déconnectées du réseau hydrographique avec remplissage hivernal était signalée par la Chambre d'Agriculture pour un volume d'environ 700 000 m³ ; 16 plans d'eau ont été créés entre 2012 et 2021 pour un volume d'environ 640 000 m³.

4.2 Eau potable

Le bassin Vie-Jaunay est concerné par cet usage selon 2 problématiques :

- la consommation « propre » d'eau potable du bassin pour les besoins de sa population permanente, de la population saisonnière liée à l'activité touristique et de ses activités économiques,
- Les prélèvements pour la production d'eau potable depuis les ouvrages situés sur le bassin qui contribuent à la ressource à l'échelle départementale.

Pour évaluer l'évolution des besoins en eau potable spécifiques du bassin, l'analyse se base essentiellement sur la prospective en termes de population au travers des données de l'INSEE et plus localement des SCOT.

Par contre, pour les perspectives d'évolution des besoins de production d'eau potable depuis le bassin Vie-Jaunay, l'analyse demande une vision à l'échelle départementale que seul le service public de l'eau potable en Vendée (Vendée Eau) maîtrise. Cependant, le schéma directeur à horizon 2050 est actuellement en cours de réalisation, alors que l'ancienne version est dépassée. Sur ce point, l'étude en cours est tributaire des données de Vendée Eau pour connaître l'évolution des besoins pour la production d'eau potable depuis le bassin Vie-Jaunay.

4.2.1 Evolution prévisible des consommations

4.2.1.1 Evolution de la population

○ A l'échelle départementale

Des projections de la population à l'échelle départementale sur la période 2013-2050 ont été réalisées par l'INSEE. Ces projections reposent sur des hypothèses d'évolutions démographiques linéaires de 2013 à 2050 et sur le maintien de tendances migratoires intérieures à la France observées entre 2012 et 2013. Comme le montre le graphique suivant, l'évolution de la population augmente de façon constante de 2008 à 2019 (pointillé rouge).

Il est possible que la crise du COVID 19 ait eu un impact sur l'évolution de la population en Pays de la Loire. Cependant, le dernier recensement complet de la population de l'INSEE date de 2019, soit avant la crise COVID. Aucune donnée permettant de déceler les effets de cette crise n'est par conséquent facilement accessible à ce jour.

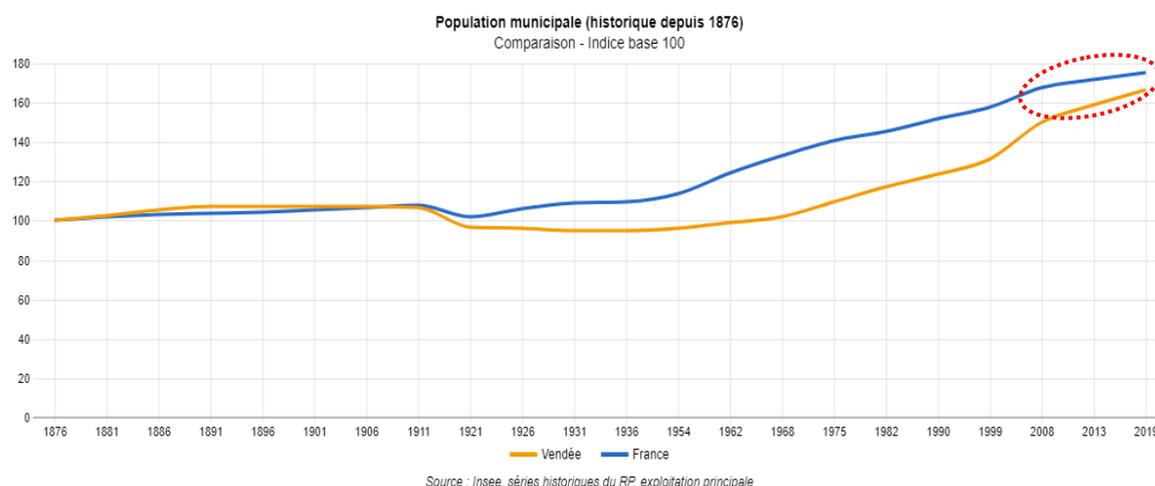
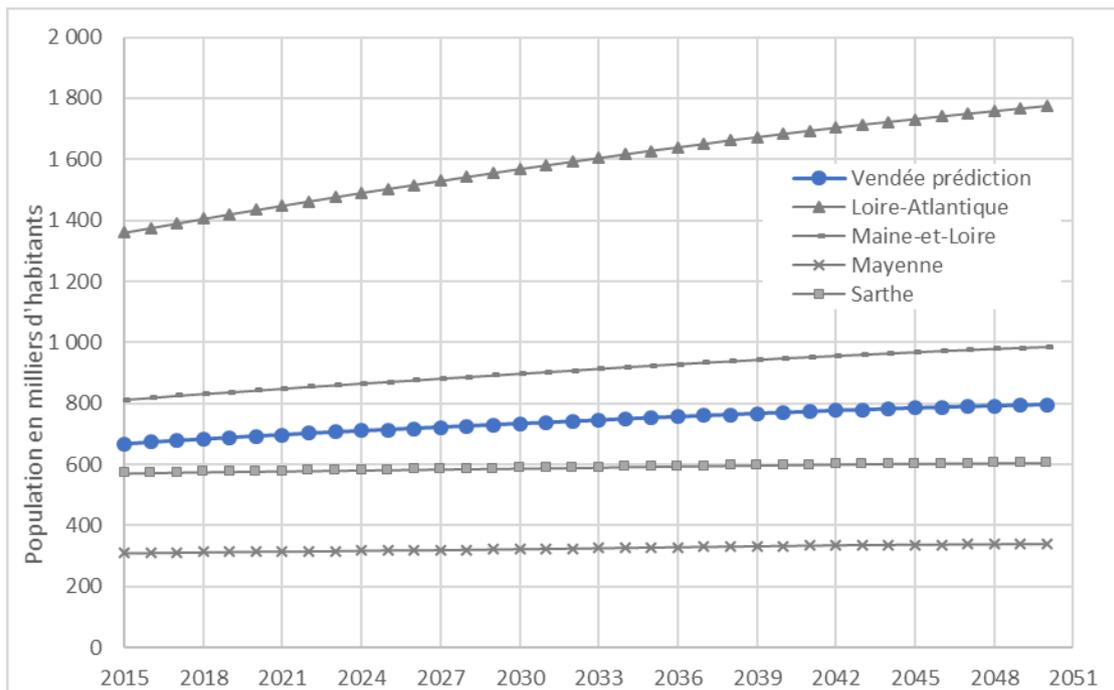


Figure 26 : Evolution de la population en France et en Vendée entre 1876 et 2019 (source : INSEE)

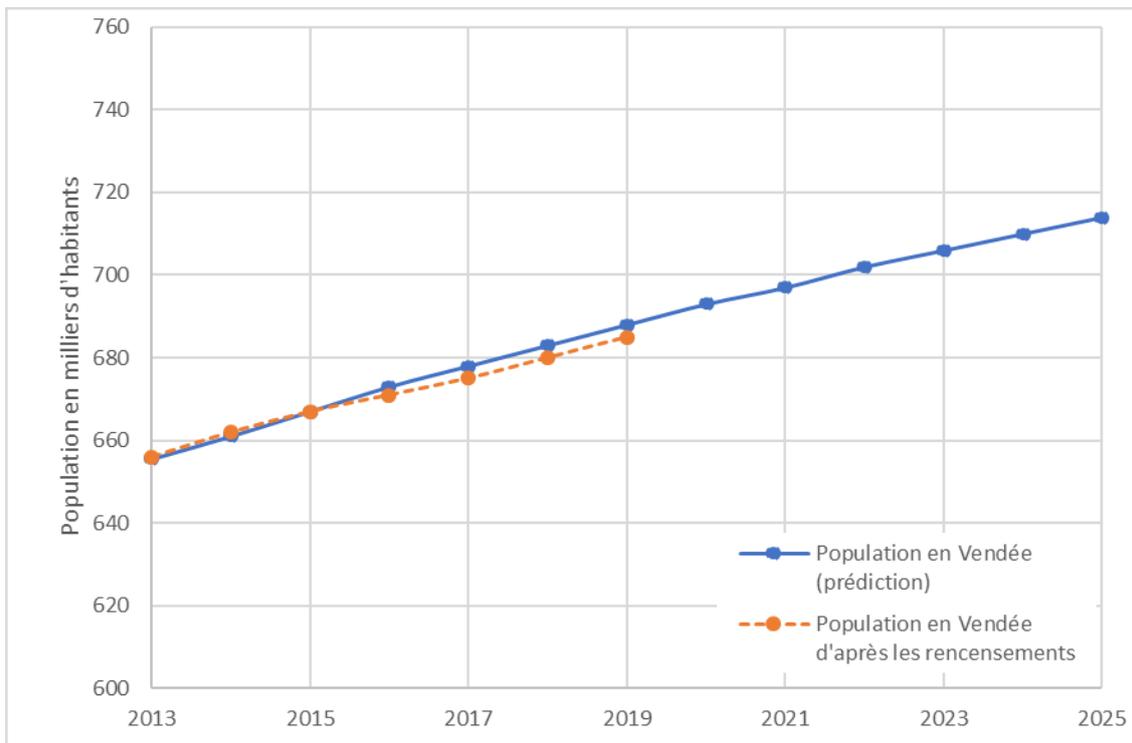
Le graphique suivant présente les prédictions d'évolution de la population entre 2015 et 2050, selon l'INSEE, pour chaque département des Pays de la Loire.



Selon cette courbe, entre 2015 et 2050 la population du département de la Vendée augmente de 19% et de 14,8% entre 2020 et 2050. En moyenne, la population augmente de 8600 hab/an à l'échelle du département.



Le graphique ci-dessous permet de comparer les prédictions de l'INSEE sur l'évolution de la population de la Vendée et la population réelle recensée entre 2013 et 2019.



Le graphique montre que les valeurs sont très proches. A partir de 2016, les prédictions sont très légèrement surestimées. L'écart entre les prédictions et le nombre réel d'habitants est de 0,44% soit un écart de 3000 habitants environ.

○ A l'échelle des SCoT

Le bassin versant Vie-Jaunay est à cheval sur 4 SCOT, comme présenté sur la carte suivante :

- SCOT Nord-Ouest Vendée : partie nord du territoire,
- SCOT Canton de Saint-Gilles Croix de Vie : ouest du territoire,
- SCOT Sud-Ouest Vendée : petite partie du territoire au Sud,
- SCOT Pays Yon et Vie : est du territoire.

Les différents SCoTs ont été rédigés entre 2015 et 2017. Le SCoT est un document d'urbanisme qui détermine, à l'échelle de plusieurs communes ou groupements de communes, un projet de territoire visant à mettre en cohérence l'ensemble des politiques sectorielles, notamment en matière d'habitat, de mobilité, d'aménagement commercial, d'environnement et de paysage. Les SCoT définissent des objectifs de croissance de la population.

Chaque SCOT prévoit la croissance démographique de son territoire à horizon 2030. Pour évaluer la population du bassin Vie-Jaunay à l'horizon 2050, nous utilisons donc 2 types de projections :

- De 2020 à 2030, éléments locaux issus des SCOT,
- De 2030 à 2050, projection démographique de l'INSEE pour le département de la Vendée.

La population prise en compte à l'échelle du SAGE en 2020 est issue de la population DGF (Dotation Globale de Fonctionnement)¹⁰ des communes. Le tableau ci-après récapitule l'évolution prévue de la population à l'échelle du bassin versant.

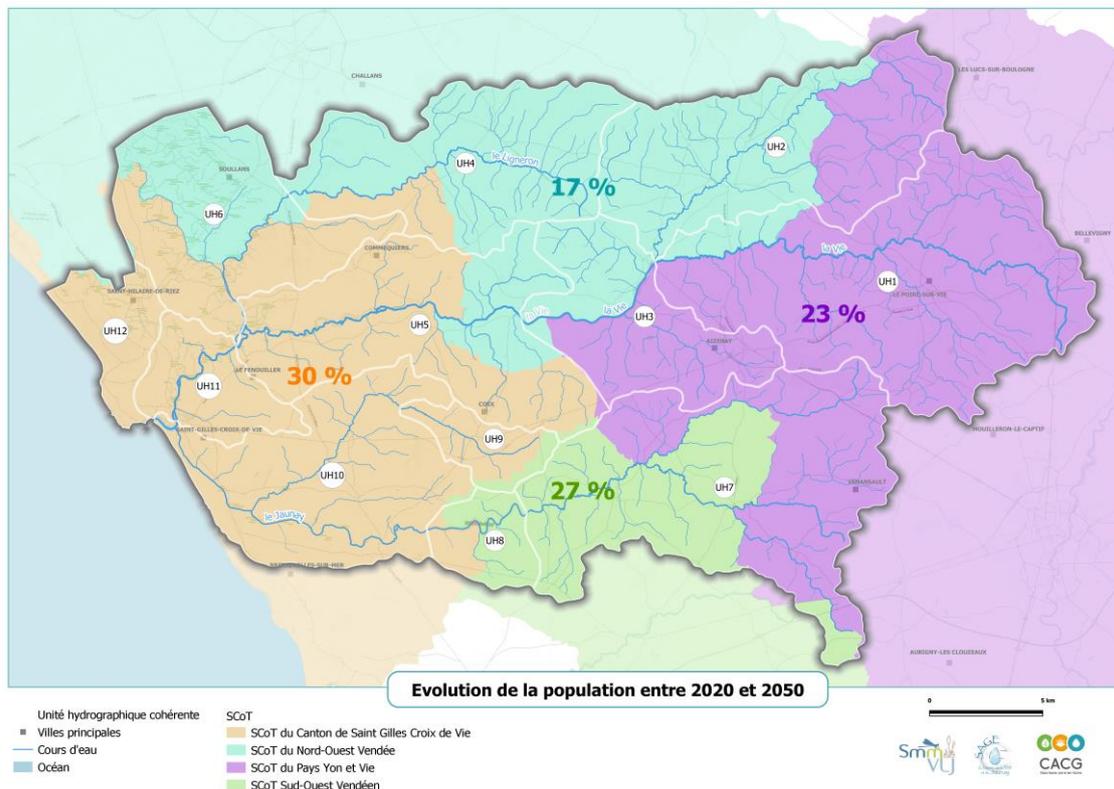
Tableau 6 : projections de population à horizons 2030 et 2050

	Surface occupée par le SCoT dans le BV de Vie Jaunay (%)	Population 2020	Augmentation en % de la population entre 2020 et 2030	Population en 2050 calculée grâce aux prédictions de l'INSEE à l'échelle de la Vendée : +14,8% (par rapport à 2020) soit + 10% par rapport à 2030	
				Augmentation en % par rapport à 2020	Population estimée en 2050
SCoT Canton de Saint-Gilles Croix de Vie	31%	60 188	18%	30%	78 124
SCoT Sud-Ouest Vendée	9%	5 604	15%	27%	7 110
SCoT Pays Yon et Vie	33%	29 286	12%	23%	36 081
SCoT Nord-Ouest Vendée	26%	20 080	7%	17%	23 561
TOTAL	100%	115 159			144 876
Augmentation Territoire SAGE par rapport à 2020			14%	26%	

La carte suivante illustre l'évolution reconstituée de la population sur chaque SCoT entre 2020 et 2050.

¹⁰ La **population DGF** est constituée de la somme des trois éléments suivants : La **population INSEE** de la Collectivité, le nombre de résidences secondaires sur le territoire, le nombre de places de caravanes présentes sur le territoire.

Figure 27 : taux d'évolution de la population de 2020 à 2050 reconstitué à l'échelle des SCOTs d'après les données SCOT et INSEE



Le Pays de St-Gilles-Croix de Vie, dont la quasi-totalité se situe dans le bassin versant Vie-Jaunay, connaîtra le plus fort taux de croissance démographique du territoire avec une prévision de +30% entre 2020 et 2050. L'augmentation de la population calculée sur l'ensemble du territoire est de 26% entre 2020 et 2050, soit une augmentation de 991 hab/an.

4.2.1.2 Estimation des consommations futures

○ Impact de l'évolution de la population

L'augmentation de la population aura un impact sur la consommation en eau potable. Sur la base d'une hypothèse de stabilité de la consommation (tendance constatée par Vendée Eau sur ces dernières années après une période de baisse, cf. CR réunion GTT Phase 2 du 21/10/2022) par abonné (93 m³/an/abonné en 2021 d'après Vendée Eau), le tableau ci-dessous présente l'évolution prévisible de la consommation en eau potable et du nombre d'abonnés (sous l'hypothèse que le nombre d'abonnés connaisse la même croissance que la population du territoire) entre 2020 et 2050 sur le bassin versant Vie Jaunay en différenciant les territoires des 4 SCOT.

Tableau 7 : évolution des consommations d'eau potable uniquement basée sur l'évolution de la population

SCoT	Valeurs réelles en 2021 (Vendée-Eau)		Prédictions calculées pour 2030 sur la zone d'étude		Prédictions calculées pour 2050 sur la zone d'étude	
	Nombre d'abonnés	Volume consommé (m ³)	Nombre d'abonnés	Volume consommé (m ³)	Nombre d'abonnés	Volume consommé (m ³)
Canton de Saint Gilles Croix de Vie	41 544	3 347 029	48 342	3 894 725	53 525	4 312 269
Nord-Ouest Vendée	9 980	1 063 432	3 263	362 904	3 609	401 318
Pays Yon et Vie	12 731	1 298 184	14 120	1 439 804	15 589	1 589 647
Sud-Ouest Vendée	2 864	318 506	10 585	1 127 882	11 654	1 241 814
Total général	67 120	6 027 150	76 310	6 825 315	84 377	7 545 048

Au total, l'augmentation de la consommation d'eau potable est de +26% pour le territoire.

○ **Intégration des perspectives pour les usages non domestiques de l'eau potable**

Vendée Eau travaille au premier semestre 2023 à la finalisation de l'actualisation du bilan besoins-ressources à l'échelle de la Vendée. Les hypothèses et les résultats ne sont pas encore établis.

En revanche, Vendée Eau signale que les tendances observées ces trois dernières années, à l'échelle de la Vendée, montrent une évolution des besoins en eau potable d'environ +1 à +1,1%/an.

Etant donné les nombreuses incertitudes concernant les utilisations non domestiques de l'eau potable sur le territoire, **Vendée Eau propose de retenir comme hypothèse globale d'évolution des consommations d'eau potable** (domestique + autres (agriculture, industrie,...)) **un taux de +1%/an entre 2021 et 2050, soit +29% au total**. Ainsi, le tableau précédent devient :

Tableau 8 : évolution des consommations d'eau potable selon estimation Vendée Eau (+1%/an)

SCoT	Valeurs réelles en 2021 (Vendée-Eau)		Prédictions calculées pour 2050 sur la zone d'étude selon taux annuel Vendée Eau
	Nombre d'abonnés	Volume consommé (m ³)	Volume consommé (m ³)
Canton de Saint Gilles Croix de Vie	41 544	3 347 029	4 317 667
Nord-Ouest Vendée	9 980	1 063 432	1 371 827
Pays Yon et Vie	12 731	1 298 184	1 674 657
Sud-Ouest Vendée	2 864	318 506	410 873
Total général	67 120	6 027 150	7 775 025

A l'échelle du bassin, cette hypothèse conduit à une consommation d'eau potable à horizon 2050 supérieure de 230 000 m³ à celle de l'hypothèse basée uniquement sur l'évolution de la population. Cette 2^{ème} hypothèse tenant compte des différentes finalités de l'eau potable est retenue.

Selon cette projection, la consommation annuelle d'eau potable du territoire pourrait augmenter de 1,7 millions de m³ entre 2021 et 2050, passant ainsi de 6 Mm³ à 7,78 Mm³ soit une hausse de 29%. Cette variation représente en moyenne + 60 300 m³ consommés par an à l'échelle du bassin versant.

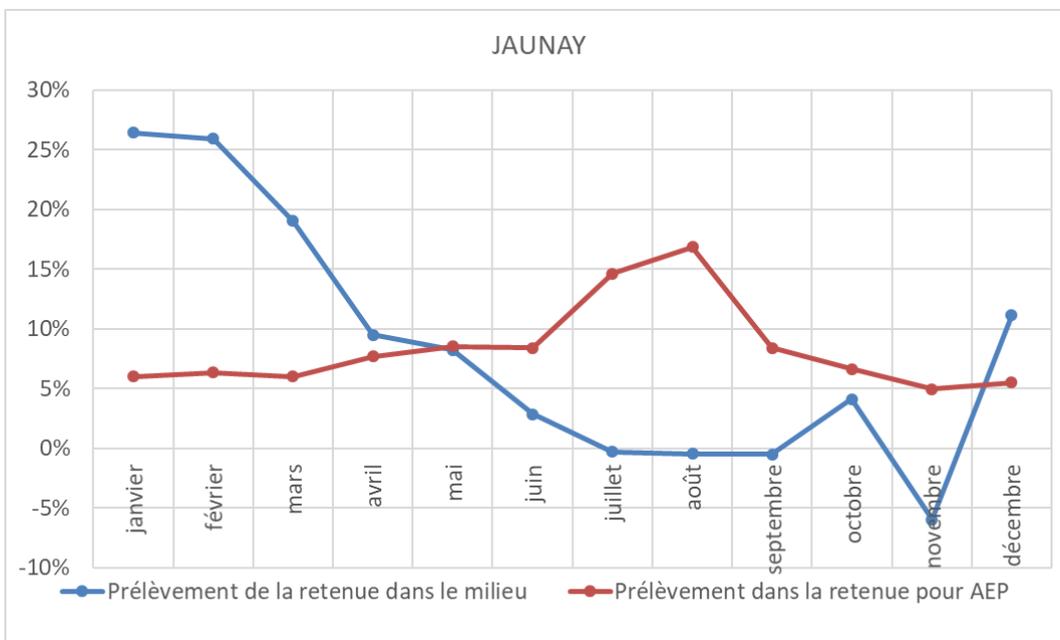
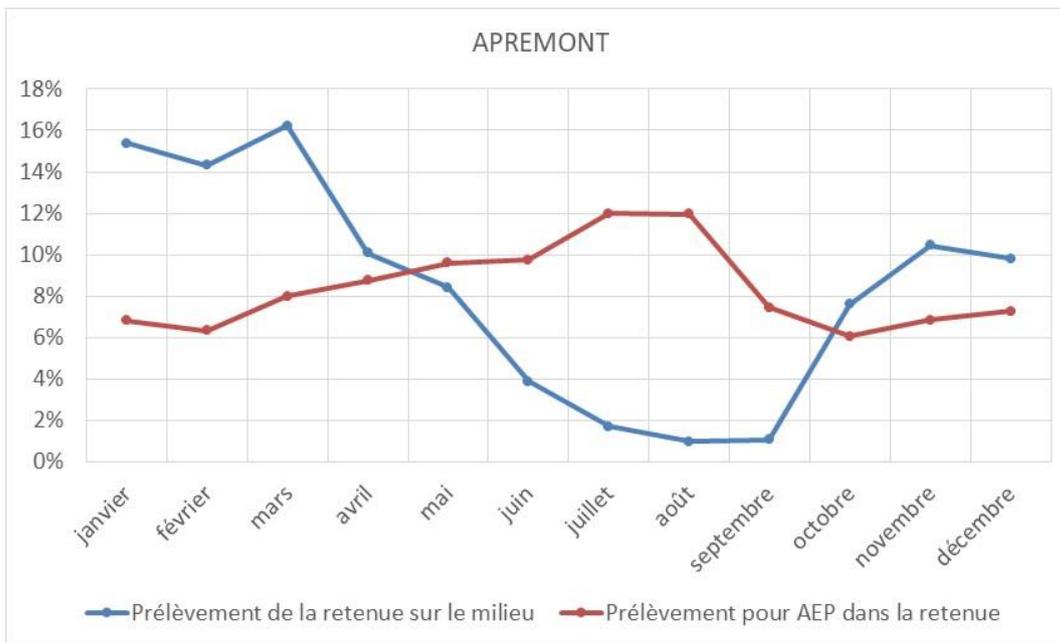
En termes d'évolution des prélèvements d'eau potable sur le bassin, les éléments du nouveau schéma directeur de Vendée Eau, non disponibles à ce jour, sont nécessaires. En leur absence, Vendée Eau fait part d'hypothèses pour l'estimation du besoin futur de prélèvement pour l'eau potable dans le milieu du bassin Vie-Jaunay.

4.2.2 Evolution prévisible des besoins en prélèvement

Un 1^{er} calcul peut consister à évaluer la quantité d'eau prélevée dans le milieu qui serait nécessaire pour satisfaire la consommation d'eau potable future du bassin (même si l'eau potable produite sur le bassin Vie-Jaunay ne sert pas uniquement à ses besoins propres et si à certaines périodes de l'année le soutien de ressources externes au bassin est nécessaire pour répondre à la demande). Pour cela, selon Vendée Eau, il faut appliquer aux volumes consommés un rendement de réseaux de 88% et un rendement d'usines de 90%. **Pour un volume consommé de 7,78 Mm³, cette évaluation conduit à un besoin de prélèvement de 9,82 Mm³ pour le bassin.**

Toutefois, avec les retenues de Jaunay et d'Aprémont, **le bassin Vie-Jaunay contribue à la ressource d'eau potable de la Vendée dans une proportion supérieure à sa consommation.**

Le prélèvement annuel actuel d'eau potable considéré comme le besoin historique d'eau brute de Vendée Eau depuis le bassin Vie-Jaunay s'établit à 15,04 Mm³ (8,91 Mm³ prélevés sur la Vie et 6,13 Mm³ prélevés sur le Jaunay). Les courbes suivantes montrent la répartition mensuelle du prélèvement qu'effectue chaque retenue (par interception) vis-à-vis du milieu naturel ainsi que celle du prélèvement réalisé dans chaque retenue pour l'eau potable. Elles mettent bien en évidence le déphasage entre le besoin maximum en période d'étiage et la moindre disponibilité de la ressource.



En l'absence des résultats de son étude prospective, Vendée Eau souhaite que **le besoin futur d'eau brute pour la production d'eau potable depuis le bassin Vie-Jaunay intègre l'impact de l'évolution des consommations du bassin** soit un besoin de prélèvement pour l'eau potable **augmenté de +29%** par rapport au prélèvement historique. Le tableau suivant fait le bilan des besoins annuels futurs d'eau brute pour la production d'eau potable pour les bassins de la Vie et du Jaunay.

Tableau 9 : besoins futurs d'eau brute pour la production d'eau potable

	UH3	UH8	
Prélèvement sur le milieu dû au barrage pour AEP (Mm³)	retenue d'Apremont	retenue du Jaunay	TOTAL
année	11.491	7.908	19.399

Ce besoin estimé pour 2050 représente une augmentation de prélèvement de 4,36 Mm³ par an. Compte-tenu de la disponibilité limitée de la ressource au printemps et à l'étiage, ce potentiel besoin de prélèvement est affecté à la période novembre-mars dans le bilan des besoins futurs par périodes.

Les hypothèses formulées par Vendée Eau à ce stade conduisent à une estimation du besoin futur de prélèvement pour l'eau potable depuis le bassin Vie-Jaunay à 19,4 Mm³ en 2050.

4.3 Industrie

Actuellement, les prélèvements industriels sont peu influents par rapport à la ressource du territoire. Aucun projet industriel consommateur d'eau n'est connu sur le territoire. Dans le cas où des activités économiques s'installeraient dans les prochaines années sur le territoire, les prélèvements d'eau associés seraient vraisemblablement répercutés sur l'eau potable.

L'hypothèse d'une stabilité de cet usage non influent a été retenue lors de la réunion du groupe de travail technique de Phase 2 du 21/10/2022.

4.4 Irrigation

4.4.1 Rappel sur les prélèvements actuels

4.4.1.1 Volumes prélevés et prélevables

Les prélèvements actuels sont majoritairement réalisés dans des plans d'eau. En tenant en compte de l'influence de ces plans d'eau sur l'hydrologie, la reconstitution des prélèvements agricoles réalisée en Phase 1 se décompose de la manière suivante dans l'année (valeurs quinquennales).

Mm ³	Irrigation PE déconnectés ou hors PE	Irrigation PE connectés	Total
Novembre-Mars	2,59	2,37	4,96
Avril-Juin	0,29	0,33	0,62
Juillet-Octobre	0,45	0,49	0,94
Année	3,33	3,19	6,52

Tableau 10 : prélèvement d'irrigation dans le milieu, en tenant compte de l'effet des plans d'eau (phase 1)

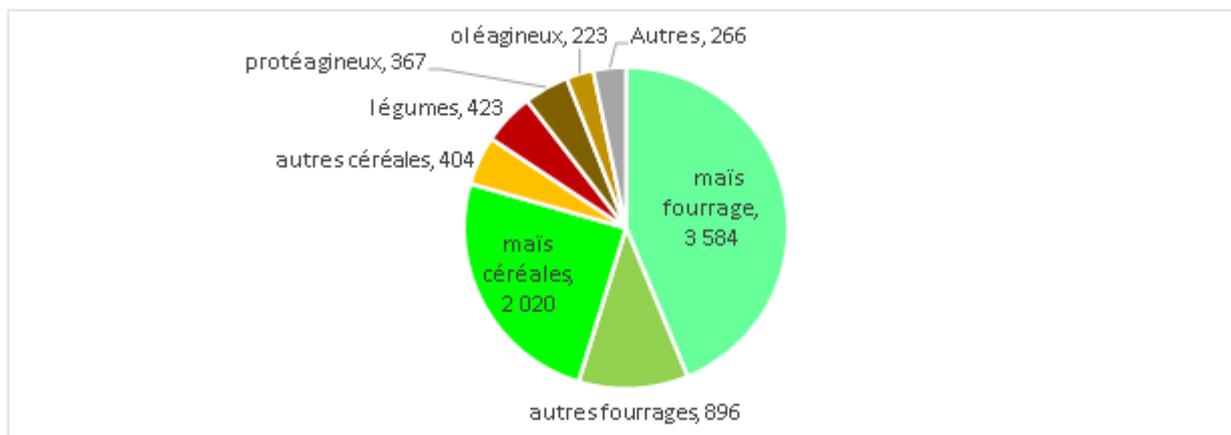
Les prélèvements estivaux ne sont pas majoritaires mais non nuls.

L'étude des volumes prélevables réalisé en 2015 a déterminé que les volumes prélevables sur les mois d'été (juin-juillet-août-septembre) sont, dans la plupart des cas et pour les trois bassins, nuls (débit désinfluencé quinquennal sec < DMB).

Aucun volume prélevable n'a été affecté à l'usage agricole. Aussi, à l'avenir, les prélèvements d'irrigation hors plans d'eau ne seront plus autorisés à l'étiage.

4.4.1.2 Superficie irriguée et assolement

Pour rappel la superficie irriguée (SI) et son assolement en 2020 sur le bassin versant Vie Jaunay Ligneron sont les suivants :

Figure 28 : superficie irriguée par groupes de cultures sur le groupe de communes du bassin versant VJL

Tableau 11 : évolution des superficies irriguées sur les périmètres département Vendée et bassin versant Vie Jaunay d'après RGA 2010 et 2020

	Vendée			Bassin VJL			
	2 010	2 020	évol 20/10	2 010	2 020	évol 20/10	
total SAU dont	56 631	62 809	11%	6 705	8 282	24%	
fourrages annuels	17 379	18 499	6%	4 462	4 480	0%	
80%	maïs fourrage	13 903	14 799	6%	3 570	3 584	0%
20%	autres fourrages	3 476	3 700	6%	892	896	0%
céréales	32 901	33 591	2%	1 448	2 525	74%	
80%	maïs céréales	26 321	26 873	2%	1 158	2 020	74%
20%	autres céréales	5 264	5 375	2%	232	404	74%
légumes	1 295	2 157	67%	344	423	23%	
protéagineux	1 551	2 676	73%	234	367	57%	
oléagineux	961	2 244	134%	61	223	268%	
Autres	2 443	2 971	22%	175	266	52%	

L'analyse comparée des évolutions de surfaces irriguées au sein des bassins versants Vie Jaunay et à l'échelle du département de la Vendée permet les observations suivantes (sources : RGA 2010 et 2020) :

Sur le bassin VJL la surface irriguée totale est en hausse de 24%, hausse deux fois plus rapide qu'à l'échelle de la Vendée (+11%). Cette hausse est portée par les céréales principalement avec +74% (nous avons fait l'hypothèse en phase 1 que le maïs représente 80% de l'assolement de céréales irriguées) les protéagineux (+ 57%) et les légumes (+ 23%). Les surfaces irriguées d'oléagineux sont en hausse également mais l'évolution repose sur une trop petite surface pour être commentée. A noter que les surfaces irriguées de fourrage sont restées stables, alors qu'elles sont en hausse de + 6 % au niveau départemental.

Ces tendances globales observées au niveau du bassin VJL se vérifient dans chaque sous bassin, avec peut-être un recul plus fort du fourrage irrigué sur le bassin du Lignerou (-16%) mais cela doit être considéré avec précaution étant donné la relative petite taille des superficies concernées.

Ces observations peuvent être complétées par les travaux réalisés dans le cadre du **Varenne de l'eau Pays de la Loire** qui analyse les dynamiques des filières végétales et les enjeux de l'irrigation. Les principaux enseignements de cette étude sont rassemblés dans le tableau suivant :

Production	Evolution des superficies	Irrigation / besoin en eau
Céréales	La part des céréales dans la SAU est en \nearrow (25% en 2000, 30% en 2019). Au sein des céréales le maïs grain (dépendant des besoins élevage) est en baisse depuis 2013	Sécuriser la ressource en eau
Oléagineux et Protéagineux	La part des oléagineux dans la SAU (5%) est stable depuis 2000. Le tournesol a diminué au profit du colza Les protéagineux représentent une part faible de la SAU (1%) et variable, dépendant des mécanismes d'aide sur ces cultures. Il est attendu une réaffectation de surfaces de céréales en oléo protéagineux (Recherche de traçabilité / produits locaux / autonomie protéique/ protéine alimentation humaine)	Sécuriser la ressource en eau
Arboriculture	Maintien des surfaces	Besoin de garantir l'accès à l'eau. Accompagner et faciliter la création de réserves
Vigne	Fortes incertitudes quant aux effets du changement climatique sur les vignes et la qualité du raisin.	Besoin de garantir l'accès à l'eau

Tableau 12 : Dynamiques des filières végétales en région Pays de la Loire – Varenne de l'eau

Ces travaux ne proposent pas d'état des lieux des superficies irriguées ni de prospective sur leur évolution.

4.4.2 Projets connus pour l'usage irrigation

D'après les données de la DDTM85, 4 projets de plans d'eau d'irrigation, à différents stades d'avancement, sont recensés sur le territoire en 2022 pour un volume total à créer compris entre 80 590 m³ et 100 590 m³.

Le tableau suivant présente sommairement ces projets. A noter qu'il s'agit exclusivement de plans d'eau déconnectés avec un remplissage hivernal.

Tableau 13 : projets de plans d'eau connus sur le territoire

num	Stade avancement	UH ¹¹	Motif	Mode_replissage	Surface_ha	Volume_m ³	Usage	Connexion
22-00023	projet	Hors UH	Extension plan d'eau irrigation	pompage hivernal rivière et ruissellement	2.626	125 235	irrigation	déconnecté
22-00069	projet	UH04	création plan d'eau irrigation	pompage hivernal rivière et ruissellement	1.834	50 355	irrigation	déconnecté
22a1	pré-étude	UH07	création - site 1	pompage hivernal 'L'idavière'	1.3	50 000	irrigation	déconnecté
22a2	pré-étude	UH07	création - site alternatif	pompage hivernal 'L'idavière'	1.4	30 000	irrigation	déconnecté
22b	pré-étude	Hors UH	extension PE irrigation	pompage hivernal étang communal et ruissellement	2	75 000	irrigation	déconnecté

4.4.3 Les effets attendus du changement climatique sur les cultures irriguées et les pratiques

L'étude **CLIMATOR** réalisée entre 2007 et 2010 et dont les travaux ont été publiés en 2012 s'est intéressée aux effets du changement climatique sur l'agriculture française (productions végétales), dans un futur proche (2020-2050) et lointain (2070-2100). Les cultures prises en compte sont le blé, le maïs, le sorgho, la prairie, le colza, le tournesol et la vigne. Une synthèse des effets qui seront à priori observés dans l'Ouest est présentée ci-dessous. Il est à noter que le scénario climatique pessimiste utilisé dans Climator en 2010 est aujourd'hui devenu le scénario médian.

Hausse des températures

L'effet de la hausse des températures est une anticipation des stades phénologiques. A date de semis égale, les stades floraison et récolte surviendront plus vite et plus tôt. Cela a des effets différents sur les cultures de printemps, dont tout le cycle se déroule dans une phase d'augmentation des températures, et les cultures d'été (maïs sorgho tournesol) dont le cycle se déroule à cheval sur les pics de température estivaux.

¹¹ Localisation à partir des données de la DDTM85 ; 2 des projets cités seraient hors bassin Vie-Jaunay

Les cultures de printemps ont une « marge d'adaptation » car le cycle entier (y compris la date de semis) peut se décaler plus tôt en saison de façon à rester dans des plages de température semblables à celles d'aujourd'hui. Les cultures d'été en revanche subiront de plein fouet la hausse des températures ce qui se traduira notamment par un raccourcissement de la période de remplissage des grains, avec un impact attendu sur le rendement.

Variation de la pluviométrie et bilan hydrique

L'étude Climator pose le constat suivant : les prévisions de précipitation sont beaucoup moins certaines que celles des températures ; néanmoins les simulations réalisées dans le cadre du projet Climator aboutissent toutes à une baisse du niveau des précipitations. Le déséquilibre (différence entre offre et demande exprimé par P-ET0) entraîné par le changement climatique sera plus marqué dans l'ouest de la France.

Le déficit hydrique est exprimé par la différence entre l'évapotranspiration maximale ETM¹² (soit l'évapotranspiration en condition d'alimentation en eau illimitée) et l'évapotranspiration réelle ETR. L'évapotranspiration maximale sera en diminution sous le double effet du décalage des cycles plus tôt dans la saison et le raccourcissement de la durée des phases végétatives. L'évapotranspiration réelle, qui dépend de l'eau disponible (pluie et réserve du sol) sera également en diminution. Il est attendu que les évolutions de ETM et ETR donnent un déficit hydrique croissant dans le futur proche (2020-2050) puis décroissant dans le futur lointain (2070-2100).

Même si la marge d'anticipation des cultures de printemps est plus importante, il est attendu que, comme les cultures d'été, elles soient exposées à un stress hydrique plus important dans le futur proche.

Besoins en irrigation

En quantité :

Cultures d'été¹³

- Maïs : (conduit à 80% de ses besoins) hausse du besoin d'irrigation dans le futur proche (horizon 2050 dans Climator) de + 40 mm soit 400 m³/ha (suivi d'une baisse dans le futur lointain du fait d'un raccourcissement des phases)
- Prairies : hors exceptions, les prairies ne sont pas irriguées en France et les précipitations assurent un ETR ≥ 80 % ETM. Dans le futur lointain (2070-2100) les besoins en irrigation pour assurer ce même niveau d'ETR seront partout supérieurs à 100 mm.
- Vigne : Hausse des besoins d'irrigation pour la vigne conduite à 30% de ses besoins

Cultures de printemps

- Pour le blé l'anticipation permet d'esquiver les périodes de fort stress hydrique et le besoin d'irrigation reste stable à horizon 2050. Sauf pour des conditions de sol particulièrement défavorables (faible RU) où on observera une hausse du besoin d'irrigation.

¹² ETM =ET0 (demande climatique), et

¹³ Ou dont le cycle est à cheval sur la période estivale de fort stress hydrique

Irrigations « starter »

- Pourront être nécessaires pour assurer une humidité du sol suffisante pour la bonne levée de la plante (colza, tournesol, sorgho)

En répartition du besoin : les calendriers d'irrigation vont être décalés plus tôt en saison pour accompagner l'anticipation (en particulier pour les cultures d'été). Ce décalage pourrait être de l'ordre de 15-20 jours à horizon 2050, et doit donc être pris en compte.

Les enseignements de l'étude CLIMATOR peuvent être complétés avec les données de l'Observatoire Régional sur l'agriculture et le changement climatique (ORACLE pays de la Loire) porté par les chambres d'agriculture. Les principaux enseignements de l'état des lieux réalisé en 2018 (qui porte sur la période 1971-2015) sont synthétisés ci-dessous :

Une hausse des températures significative est constatée avec un effet mesuré sur l'évapotranspiration (hausse de ETO et ETM). Paradoxalement il n'est pas constaté d'évolution significative sur le bilan hydrique. Cela peut être dû à une forte variabilité interannuelle des précipitations ou à un travail au pas de temps mensuel, ce qui pourrait masquer une tendance à la hausse du déficit hydrique. Malgré ce résultat des situations de stress hydriques plus importantes sont attendues pour le futur.

Pour les cultures de printemps (blé), on observe un plafonnement des rendements liés à une forte température (échaudage) qui pénalise le remplissage des grains. Des stratégies d'esquive (anticipation du cycle de culture) sont préconisées pour éviter l'échaudage et le stress hydrique en fin de cycle, la diminution du nombre de jours de gel pouvant permettre des semis plus prématurés.

Pour les cultures d'été (maïs), une hausse de rendement est permise par des conditions plus favorables, à condition que l'alimentation en eau soit assurée. Cela peut être limité par le raccourcissement de la période de remplissage des grains.

4.4.4 Scénarios pour le bassin versant Vie Jaunay

L'évolution du volume d'eau dédié à l'irrigation dépend de plusieurs variables interdépendantes : la surface totale irriguée et son assolement, les pratiques des irrigants (calendrier cultural, dose à l'hectare) et l'accès à l'eau.

La superficie irriguée et l'assolement dépendent des filières, des marchés et de la conjoncture économique. Il est possible d'observer les tendances d'évolution de ces dernières années (RGA, Varenne de l'eau pays de la Loire) et de les prolonger dans une certaine mesure ; mais les incertitudes sont trop grandes et l'horizon 2050 trop lointain pour qu'elles soient prolongées jusqu'en 2050.

Les pratiques d'irrigation et la dose apportée à l'hectare dépendent du bilan hydrique, lui-même dépendant des conditions climatiques et de la saison. Elles dépendent également du matériel, du pilotage et du raisonnement de l'irrigation.

Enfin, les deux premières variables dépendent également de **la disponibilité de l'eau**. Celle-ci peut être limitée par des contraintes réglementaires, des restrictions conjoncturelles, par la définition structurelle d'un volume prélevable, ou encore par un coût d'accès trop élevé (énergétique par exemple). La définition des volumes prélevables pour le bassin versant Vie Jaunay conduira a priori à réduire les prélèvements à l'étiage.

Par ailleurs, pour le bassin Vie-Jaunay, la Chambre d'Agriculture prend acte que d'après les scénarios climatiques, les températures augmenteront par rapport à aujourd'hui. À cause de la hausse des températures, une augmentation de l'évapotranspiration moyenne annuelle sera observée. Une avancée dans l'année et une prolongation de la période d'étiage sont également attendues.

Cette augmentation impliquera l'augmentation du volume moyen annuel prélevé pour l'irrigation, par rapport à aujourd'hui. Ceci serait dû à l'augmentation des surfaces irriguées ainsi qu'à la hausse du nombre de tours d'eau, nécessaire pour contrer les effets du réchauffement climatique.

Si la disponibilité en eau est restreinte, les irrigants devront arbitrer entre différentes cultures et l'extension des surfaces irriguées.

En parallèle, la diminution du nombre d'éleveurs constatée sur le bassin va encore s'accroître dans le futur, ce qui aura tendance à diminuer le volume moyen annuel prélevé pour l'abreuvement mais, aura également pour conséquence d'augmenter les surfaces en cultures car sans cheptel plus d'entretien de prairies et de valorisation fourragère.

Selon la CA Pays de la Loire, il faut donc s'attendre à une augmentation des surfaces irrigables à moyen termes pour sécuriser les exploitations qui seront davantage tournées vers des filières céréalières ou cultures spécialisées.

L'ensemble des éléments précédemment exposés montre que les incertitudes sont importantes et que l'avenir de l'irrigation sur le bassin dépend de plusieurs variables trop indépendantes pour dessiner une trajectoire chiffrée. A titre d'illustration, plusieurs scénarios d'adaptation peuvent être imaginés :

Scénario	surface irriguée et assolement	Dose à l'hectare et répartition du besoin	Besoin en eau
1/ égal	SI stable répartition cultures printemps / été / année stable (85%/10%/5%)	Dose future en augmentation par rapport à l'état actuel en lien avec la variation de l'ETP Cycles de culture printemps et été anticipés d'une décade	En hausse
2/dynamique irrigation	SI en hausse (+24%), transfert des cultures d'été vers des cultures de printemps et année (70% / 20% / 10%)		
3/ adaptation	SI en baisse (-24%), transfert des cultures d'été vers des cultures de printemps et année (70% / 20% / 10%)		En baisse

Tableau 14 : scénarios pour l'usage irrigation à horizon 2050

Les paramètres d'entrée des scénarios sont donc :

- La SI et l'assolement irrigué : le but de ces scénarios serait de représenter trois trajectoires distinctes en prenant en compte les éléments vus précédemment. Les valeurs choisies sont considérées comme plausibles mais ne reflètent en aucun cas une prédiction. Pour la construction des courbes de besoin en eau, les cultures suivantes seraient utilisées : maïs pour la culture d'été, blé pour la culture de printemps et maraichage pour la culture année (la culture année reflète un besoin étalé dans le temps entre le printemps et l'été). Ces trois cultures représentent les trois principales cultures irriguées sur le bassin VJL (hors catégorie « autres fourrages » dont le détail n'est pas connu avec précision).
- Les données climatiques et les calendriers de culture qui permettent de calculer un bilan hydrique et un besoin d'irrigation. Les données climatiques seraient extraites de DRIAS (cf. §3) pour deux scénarios climatiques : médian et pessimiste. Les calendriers des cultures seraient avancés d'une décade comme prévu par les différentes prospectives agro-climatiques.
- La disponibilité de l'eau n'est pas un paramètre d'entrée. En revanche, c'est le facteur déterminant ; les résultats des scénarios de besoins en eau (volumes et courbes de répartition) devraient être analysés au regard des évolutions attendues sur la disponibilité de la ressource.

Compte-tenu de ce contexte et des incertitudes en termes de surfaces irriguées, d'assolements,... nous choisissons finalement de définir 2 scénarios extrêmes conditionnés par la possibilité ou non de créer des ressources avec remplissage hivernal :

- ➔ Hypothèse IRRIG MIN : le volume d'irrigation actuel serait maintenu hormis la part prélevée sur le milieu en étiage (hors plans d'eau – 0,7 Mm³),
- ➔ Hypothèse IRRIG MAX : volume d'irrigation actuel en considérant que les prélèvements hors plans d'eau existants sont transférés à la période hivernale et création de ressources sur la base des volumes potentiellement disponibles en hiver en 2050 (avec les règles actuelles du SDAGE : application des effets du CC aux volumes calculés sur la période historique).

4.4.5 Résultats des scénarios et commentaires

4.4.5.1 Hypothèse IRRIG MIN

Le scénario est défini à partir du scénario historique en éliminant les prélèvements hors plans d'eau à l'étiage. Pour les plans d'eau connectés, on fait l'hypothèse que des solutions de déconnexion auront été mises en œuvre.

Les prélèvements dépendent du scénario de changement climatique retenu à cause de l'influence de l'évaporation au niveau des plans d'eau. Les valeurs par UH sont présentées dans le § 4.6 sur les plans d'eau. On récapitule ci-dessous les prélèvements par période à l'échelle du périmètre du SAGE.

Tableau 15 : hypothèse IRRIG MIN

	Plans d'eau connectés			Plans d'eau déconnectés			TOTAL HYPOTHE SE IRRIG MIN
	Prélèvem ent Juil- Oct (m3)	Prélèvem ent Nov- Mars (m3)	Prélèvem ent Avril- Juin (m3)	Prélèvem ent Juil- Oct (m3)	Prélèvem ent Nov- Mars (m3)	Prélèvem ent Avril- Juin (m3)	
Scénario médian	530 081	2 537 442	358 048	0	2 780 058	0	6 205 628
Scénario pessimiste	570 564	2 547 945	356 012	0	2 791 565	0	6 266 086

4.4.5.2 Hypothèse IRRIG MAX

Préalable : estimation des volumes hivernaux potentiellement mobilisables

Les préconisations du SDAGE 2022-2027 (dispositions 7D-4 et 7D-5) pour les prélèvements hivernaux sont appliquées :

- Débit plancher au-delà duquel il est possible de prélever : module,
- Part prélevable MAX (X) de 20 à 60% du module (M), les fractions 40% et 60% sont envisageables sur les bassins au régime hivernal particulièrement contrasté dont font partie les bassins de la Vie et du Jaunay.

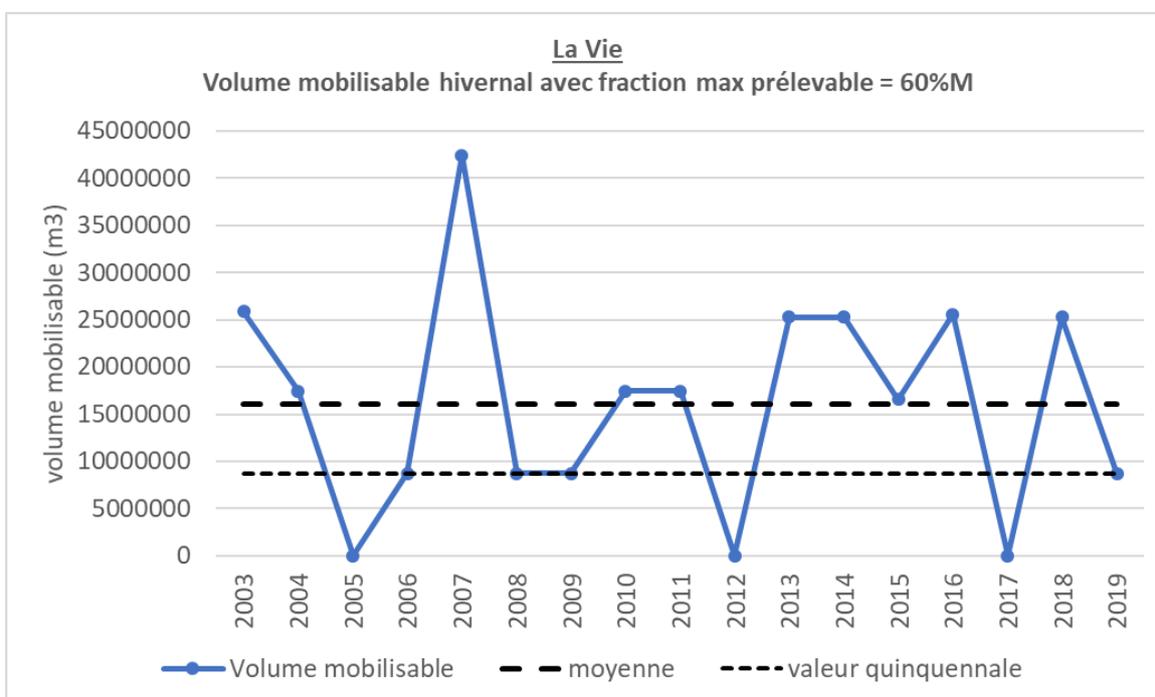
A noter que le SDAGE Loire-Bretagne précise que « Les aménagements bénéficiant d'une déclaration d'utilité publique ou d'une déclaration d'intérêt général, les prélèvements pour l'alimentation en eau potable et la sécurité civile ainsi que les grands ouvrages de production d'électricité ne sont pas concernés par les modalités de prélèvement décrites dans les dispositions 7D-3 à 7D-5. » Par conséquent, les prélèvements pour la production d'eau potable ne sont pas déduits du volume potentiellement prélevable au titre des prélèvements existants dans le tableau suivant.

Les calculs sont réalisés pour les 2 grands bassins versants : Vie et Jaunay au pas de temps mensuel à leur exutoire.

Pour chaque bassin versant, l'analyse est réalisée sur l'ensemble de la chronique désinfluencée à savoir 2002-2019. Le débit moyen mensuel de chaque mois de chaque année de la période hivernale (novembre à mars) est comparé au débit seuil $(1+X)*M$ pour déterminer si le prélèvement est possible. Si le débit moyen mensuel est supérieur au débit seuil, le débit maximum mobilisable est $X*M$.

Le volume hivernal potentiellement mobilisable est calculé pour chaque année de la chronique. On procède ensuite à un ajustement statistique des volumes hivernaux afin de déterminer les valeurs moyenne (volume minimum disponible en moyenne 1 année sur 2), quinquennale (volume minimum disponible en moyenne 4 années sur 5) et éventuellement décennale (volume minimum disponible en moyenne 9 années sur 10). Le graphe suivant illustre le principe de calcul pour la Vie avec $X = 60\%$.

Figure 29 : volume hivernal mobilisable sur la Vie avec fraction prélevable MAX = 60%M



Une comparaison avec les volumes actuellement prélevés en hiver sur le bassin versant permet d'évaluer les volumes hivernaux potentiellement encore mobilisables.

A noter que le SDAGE Loire-Bretagne précise que « Les aménagements bénéficiant d'une déclaration d'utilité publique ou d'une déclaration d'intérêt général, les prélèvements pour l'alimentation en eau potable et la sécurité civile ainsi que les grands ouvrages de production d'électricité ne sont pas concernés par les modalités de prélèvement décrites dans les dispositions 7D-3 à 7D-5. » Par conséquent, les prélèvements pour la production d'eau potable ne sont pas déduits du volume potentiellement prélevable au titre des prélèvements existants dans le tableau suivant.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant. Ils ont seulement vocation à fournir des ordres de grandeur pour fixer un volume correspondant à l'hypothèse IRRIG MAX ; il ne s'agit pas de « volumes prélevables hivernaux » au sens strict.

Tableau 16 : volumes hivernaux potentiellement mobilisables selon les préconisations du SDAGE Loire-Bretagne

	VIE		JAUNAY	
Prélèvements existants Novembre à Mars	8 004 433 m ³ dont 6 150 660 m ³ pour la production d'eau potable soit 1 853 773 m ³ déjà existants à comptabiliser dans le volume mobilisable hivernal		6 665 899 m ³ dont 5 056 990 m ³ pour la production d'eau potable soit 1 608 909 m ³ déjà existants à comptabiliser dans le volume mobilisable hivernal	
Volume minimum potentiellement mobilisable (m3)	1 année sur 2	4 années sur 5	1 année sur 2	4 années sur 5
QMAX Prelev = 20% M	8 007 250	5 583 583	3 158 462	2 250 460
QMAX Prelev = 40% M	13 733 012	6 857 689	5 401 814	2 763 987
QMAX Prelev = 60% M	16 086 140	8 712 637	5 870 475	3 511 623

NB : ces valeurs diffèrent des résultats de l'étude EVEP 2013 qui était basée sur une chronique moins longue et l'évaluation d'un potentiel max sur 151 jours de la période hivernale

Ces résultats montrent que, compte-tenu des usages existants (hors AEP) du bassin versant, le potentiel maximum de développement des prélèvements hivernaux selon les préconisations du SDAGE est :

- limité sur la Vie mais pourrait atteindre entre 3,7 Mm³ et 6,9 Mm³ selon l'option retenue pour la fraction prélevable,
- plus limité sur le Jaunay avec un potentiel entre 640 000 m³ et 1,9 Mm³ selon l'option retenue pour la fraction prélevable.

Définition de l'hypothèse IRRIG MAX

Les conclusions du paragraphe précédent en termes de volume potentiellement mobilisable et le contexte du bassin Vie Jaunay dont la ressource est exploitée pour la production d'eau potable amènent à décrire une hypothèse IRRIG MAX tenant compte de la fraction prélevable la plus faible (20%) et affectant tout le volume potentiellement disponible à l'irrigation en considérant + 3,7 Mm³ de stockage déconnecté sur le bassin de la Vie, + 0,64 Mm³ de stockage déconnecté supplémentaire sur le Jaunay par rapport à l'hypothèse IRRIG MIN.

Les 3,7 Mm³ de stockage sur la Vie sont répartis sur UH4 et UH5. Les 0,64 Mm³ du Jaunay sont affectés à UH7.

Le tableau suivant présente cette hypothèse d'évolution de l'usage irrigation.

Tableau 17 : hypothèse IRRIG MAX

	Plans d'eau connectés			Plans d'eau déconnectés			TOTAL HYPOTHE- SE IRRIG MAX
	Prélèvem ent Juil- Oct (m3)	Prélèvem ent Nov- Mars (m3)	Prélèvem ent Avril- Juin (m3)	Prélèvem ent Juil- Oct (m3)	Prélèvem ent Nov- Mars (m3)	Prélèvem ent Avril- Juin (m3)	
Scénario médian	530 081	2 537 442	358 048	0	7 151 419	0	10 576 990
Scénario pessimiste	570 564	2 547 945	356 012	0	7 162 926	0	10 637 447

De fortes incertitudes pèsent sur l'avenir de l'irrigation dans le territoire et la projection jusqu'en 2050 est un exercice multifactoriel complexe. Toutefois, sur un bassin où la disponibilité en eau sera réduite du fait du régime hydrologique, de la limitation des prélèvements à l'étiage et du contexte réglementaire, ce paramètre s'avère le plus déterminant. Aussi, nous avons choisi de construire 2 hypothèses contrastées plausibles basées sur la disponibilité ou non de ressources supplémentaires, mobilisant des volumes hivernaux.

4.5 Abreuvement

La phase 1 a montré que cet usage est peu influent à l'échelle du territoire. Néanmoins, Vendée Eau se questionne sur le report d'une partie de ces volumes vers le réseau AEP, ce qui réduirait le prélèvement pour l'abreuvement direct dans le milieu et augmenterait d'autant la consommation d'eau potable.

L'hypothèse d'une stabilité de cet usage non influent a été retenue lors de la réunion du groupe de travail technique de Phase 2 du 21/10/2022.

4.6 Plans d'eau

Lors du groupe de travail technique du 21/10/2022, l'hypothèse d'un parc de plans d'eau non modifié par rapport à l'état actuel a été retenue afin de comparer les évolutions des prélèvements exclusivement liées aux effets du changement climatique

En 1ère approche, on considère que l'évolution des prélèvements liés aux plans d'eau est étroitement liée à l'évolution de l'ETP.

Les calculs sont réalisés pour les 2 scénarios de changement climatique, médian et pessimiste.

Tableau 18 : prélèvements 2050 dus aux plans d'eau – Scénario médian

volume (m3)	Plans d'eau agricoles								Plans d'eau non agricoles							
	Plans d'eau connectés				Plans d'eau déconnectés				Plans d'eau connectés				Plans d'eau déconnectés			
	Capacité des plans d'eau (m3)	Prélèv Juil-Oct (m3)	Prélèv Nov- Mars (m3)	Prélèv Avril-Juin (m3)	Capacité des plans d'eau (m3)	Prélèv Juil-Oct (m3)	Prélèv Nov- Mars (m3)	Prélèv Avril-Juin (m3)	Capacité des plans d'eau (m3)	Prélèv Juil-Oct (m3)	Prélèv Nov- Mars (m3)	Prélèv Avril-Juin (m3)	Capacité des plans d'eau (m3)	Prélèv Juil-Oct (m3)	Prélèv Nov- Mars (m3)	Prélèv Avril-Juin (m3)
UH1	1 014 543	154 913	312 390	87 026	909 846	0	874 972	0	238 840	47 406	0	49 509	593 169	125 880	0	131 465
UH2	264 900	57 928	279 319	41 975	465 022	0	239 907	0	135 017	23 743	0	25 110	427 919	79 019	0	83 568
UH3	838 564	94 264	204 951	63 495	259 600	0	170 449	0	4 041 483	367 588	0	387 433	163 830	44 155	0	46 538
UH4	380 677	52 486	405 782	45 598	279 729	0	184 715	0	243 362	19 438	0	20 560	1 254 023	232 871	0	246 312
UH5	345 599	73 384	117 596	35 056	235 167	0	330 960	0	202 680	34 174	0	36 845	257 405	62 862	0	67 774
UH6	13 738	21	14 578	21	54 500	0	117 692	0	32 008	4 951	0	5 284	279 375	56 351	0	60 146
UH7	527 780	82 848	553 411	56 969	431 100	0	462 785	0	331 142	63 377	0	71 701	738 291	137 292	0	155 323
UH8	8 652	1 945	0	2 230	131 406	0	126 586	0	3 736 629	241 620	0	277 023	55 450	22 969	0	26 335
UH9	941 200	11 713	617 286	25 063	52 947	0	46 443	0	21 145	3 821	0	4 380	77 532	13 186	0	15 117
UH10	30 000	119	32 130	124	368 986	0	188 589	0	165 583	28 711	0	32 273	442 151	90 680	0	101 931
UH11	7 000	458	0	489	10 500	0	36 960	0	994	262	0	280	1 743 309	330 950	0	353 536
UH12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 880	7 494	0	8 005
TOTAL	4 372 653	530 081	2 537 442	358 048	3 198 803	0	2 780 058	0	9 148 883	835 091	0	910 397	6 070 334	1 203 708	0	1 296 052
TOTAL ANNEE		3 425 571					2 780 058			1 745 488				2 499 760		

A l'échelle du bassin, dans le scénario médian, l'influence des plans d'eau représente un prélèvement de 10,451 Mm³, soit +8% par rapport à l'état actuel.

Tableau 19 : prélèvements 2050 dus aux plans d'eau – Scénario pessimiste

volume (m3)	Plans d'eau agricoles								Plans d'eau non agricoles							
	Plans d'eau connectés				Plans d'eau déconnectés				Plans d'eau connectés				Plans d'eau déconnectés			
	Capacité des plans d'eau (m3)	Prélèv Juil-Oct (m3)	Prélèv Nov- Mars (m3)	Prélèv Avril-Juin (m3)	Capacité des plans d'eau (m3)	Prélèv Juil-Oct (m3)	Prélèv Nov- Mars (m3)	Prélèv Avril-Juin (m3)	Capacité des plans d'eau (m3)	Prélèv Juil-Oct (m3)	Prélèv Nov- Mars (m3)	Prélèv Avril-Juin (m3)	Capacité des plans d'eau (m3)	Prélèv Juil-Oct (m3)	Prélèv Nov- Mars (m3)	Prélèv Avril-Juin (m3)
UH1	1 014 543	166 744	313 683	86 531	909 846	0	878 594	0	238 840	51 026	0	49 227	593 169	135 494	0	130 717
UH2	264 900	62 352	280 475	41 737	465 022	0	240 900	0	135 017	25 556	0	24 967	427 919	85 054	0	83 093
UH3	838 564	101 463	205 800	63 134	259 600	0	171 154	0	4 041 483	395 661	0	385 230	163 830	47 527	0	46 274
UH4	380 677	56 495	407 461	45 338	279 729	0	185 480	0	243 362	20 923	0	20 443	1 254 023	250 655	0	244 912
UH5	345 599	78 988	118 083	34 857	235 167	0	332 329	0	202 680	36 784	0	36 635	257 405	67 662	0	67 388
UH6	13 738	23	14 638	21	54 500	0	118 180	0	32 008	5 329	0	5 254	279 375	60 655	0	59 804
UH7	527 780	89 175	555 701	56 645	431 100	0	464 701	0	331 142	68 217	0	71 293	738 291	147 778	0	154 440
UH8	8 652	2 094	0	2 218	131 406	0	127 110	0	3 736 629	260 073	0	275 448	55 450	24 723	0	26 185
UH9	941 200	12 607	619 841	24 920	52 947	0	46 635	0	21 145	4 112	0	4 356	77 532	14 193	0	15 032
UH10	30 000	128	32 263	123	368 986	0	189 370	0	165 583	30 903	0	32 089	442 151	97 606	0	101 352
UH11	7 000	493	0	487	10 500	0	37 113	0	994	282	0	278	1 743 309	356 225	0	351 526
UH12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 880	8 066	0	7 960
TOTAL	4 372 653	570 564	2 547 945	356 012	3 198 803	0	2 791 565	0	9 148 883	898 868	0	905 221	6 070 334	1 295 637	0	1 288 683
TOTAL ANNEE		3 474 521				2 791 565				1 804 089				2 584 320		

A l'échelle du bassin, dans le scénario médian, l'influence des plans d'eau représente un prélèvement de 10,654 Mm³, soit +10% par rapport à l'état actuel.

Les écarts entre le scénario médian et le scénario pessimiste sont surtout sensibles sur la période estivale. Les effets des 2 scénarios sur l'évaporation au printemps et en hiver sont similaires.

Globalement, l'augmentation de l'évaporation conduira à une hausse des pertes par évaporation à la surface des plans d'eau. Mais, dans le contexte de PTGE du bassin Vie-Jaunay, des incertitudes planent sur l'évolution du parc de plans d'eau du territoire, ce qui constitue un paramètre important pour la projection en 2050.

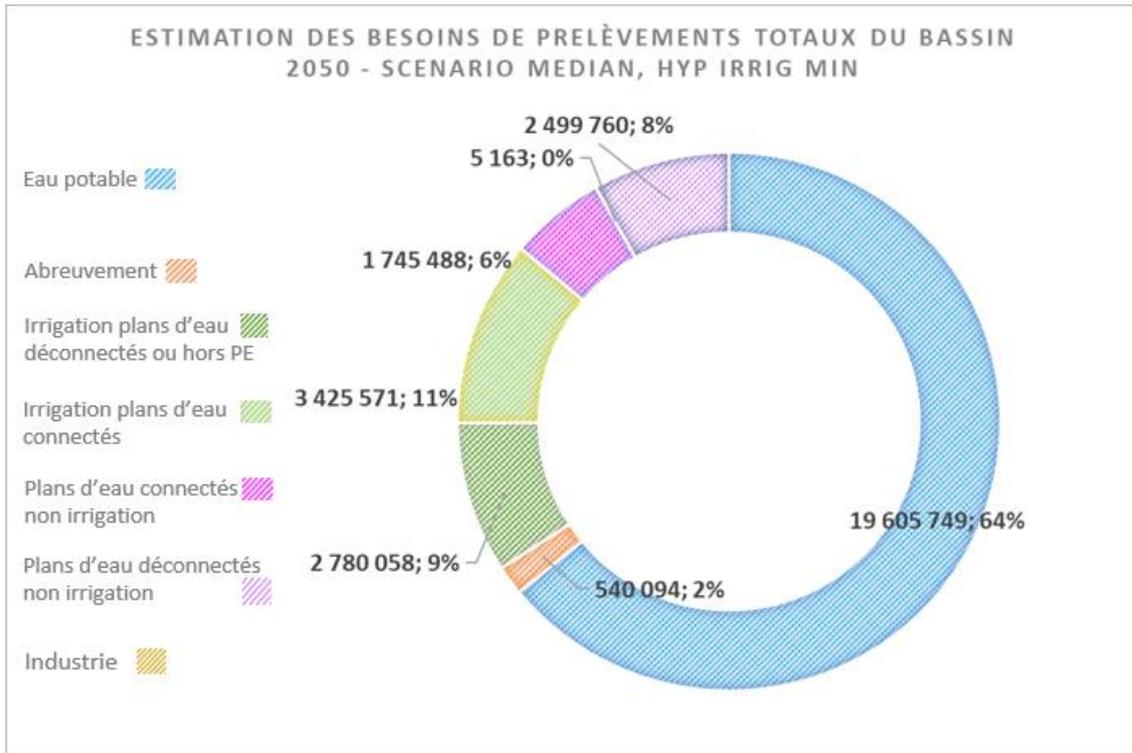
4.7 Synthèse de l'évolution des usages humains de l'eau

Les cartes « Projection à horizon 2050 des prélèvements et rejets (tous usages et plans d'eau) » par scénario de changement climatique jointes au rapport présent, pour chaque période de l'année et pour l'année complète à l'échelle de chaque unité hydrographique, les évolutions du bilan « prélèvements – rejets » calculées par rapport à la période historique (2002-2019) d'après les hypothèses précédentes, en tenant compte de l'hypothèse IRRIG MIN pour l'irrigation.

Les graphiques suivants illustrent les bilans 2050 à l'échelle du périmètre du SAGE et comparent les bilans du scénario pessimiste pour les 2 hypothèses concernant l'usage irrigation.

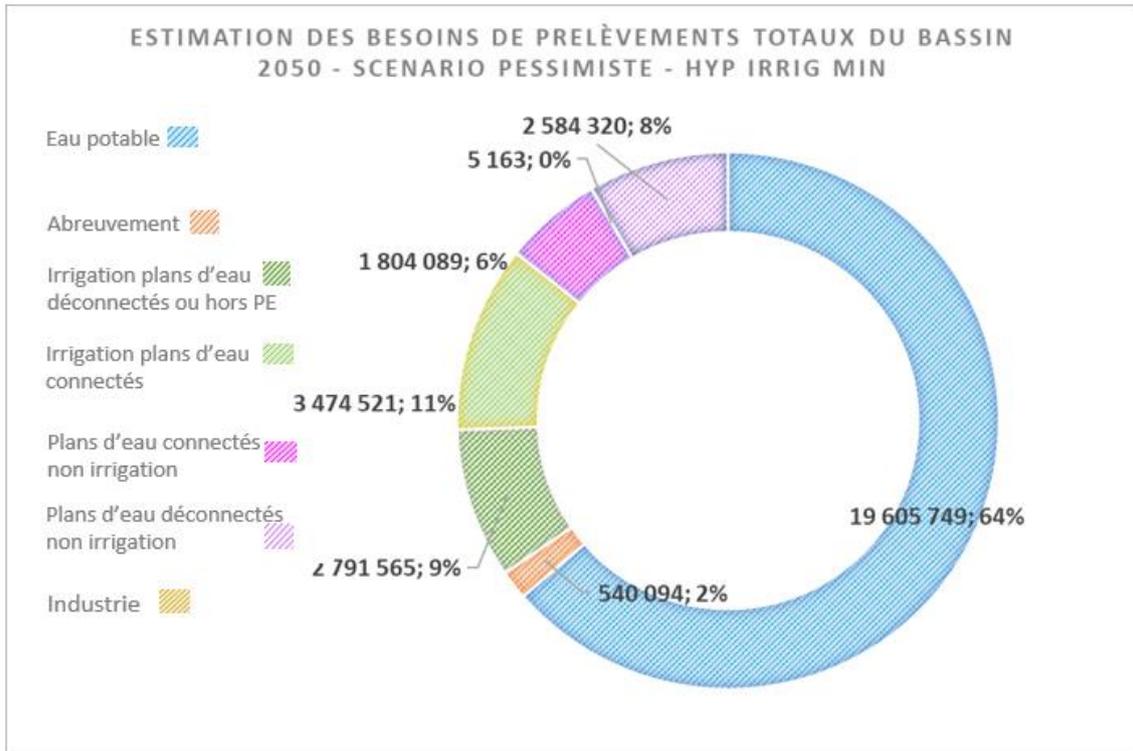
Pour rappel, en l'état actuel, le bilan des prélèvements à l'échelle du bassin s'établit à 28,285 Mm³ prélevés ; une fois les rejets soustraits, il reste 24,639 Mm³ de prélèvements nets.

Figure 30 : estimation des besoins de prélèvements totaux 2050, Scénario médian, hypothèse IRRIG MIN



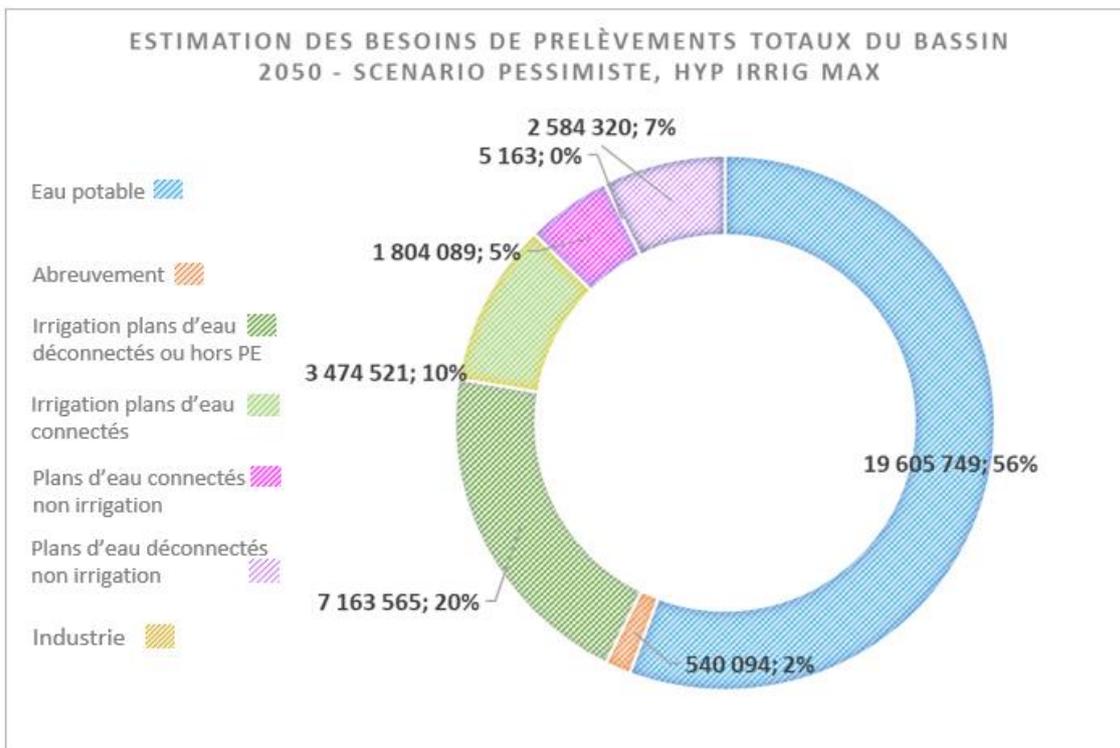
Dans ce scénario, le total des prélèvements bruts s'élève à 30,602 Mm³ soit +17% par rapport à la valeur actuelle. Les prélèvements nets atteignent 25,957 Mm³ soit une augmentation de +15% par rapport à la valeur actuelle.

Figure 31 : estimation des besoins de prélèvements totaux 2050, Scénario pessimiste, hypothèse IRRIG MIN



Dans ce scénario, le total des prélèvements bruts s'élève à 30,806 Mm³ soit +17% par rapport à la valeur actuelle. Les prélèvements nets atteignent 26,16 Mm³ soit une augmentation de +16% par rapport à la valeur actuelle.

Figure 32 : estimation des besoins de prélèvements totaux 2050, Scénario pessimiste, hypothèse IRRIG MAX



Dans ce scénario, le total des prélèvements bruts s'élève à 35,178 Mm³ soit +24% par rapport à la valeur actuelle. Les prélèvements nets atteignent 30,532 Mm³ soit une augmentation de +24% par rapport à la valeur actuelle.

A l'échelle annuelle, le choix du scénario de changement climatique n'influence pas de façon notable le bilan des prélèvements et rejets. L'hypothèse concernant l'avenir de l'irrigation joue un rôle plus important dans le bilan que le choix du scénario de CC.

Dans tous les cas, les besoins de prélèvements pour l'eau potable représentent plus de 50% du besoin de prélèvement annuel, proportion comparable à la proportion historique. La part de l'irrigation varie selon l'hypothèse retenue entre 20 et 30% des besoins de prélèvements du bassin, ce qui correspond au 2^{ème} usage en termes de volume.

Les détails des évolutions par UH par usage et par scénario sont fournis en Annexe.

5 EVOLUTION DES BESOINS DU MILIEU AQUATIQUE

Les impacts du changement climatique sur la qualité des eaux de surface sont déjà visibles sur certaines masses d'eau même s'il est difficile de distinguer dans le détail les évolutions observées dues aux variations météorologiques ou hydrologiques de celles dues au changement climatique.

5.1 Conséquence des effets attendus sur l'hydrologie sur les débits écologiques actuels

En considérant que les débits écologiques sont constants autrement dit que les espèces cibles visées sont les espèces prises en compte lors de l'Etude des Volumes Prélevables de 2013, l'impact du changement climatique sur l'hydrologie se traduit par une raréfaction du respect des débits écologiques. Les graphes suivants situent les débits minima biologiques par rapport aux débits mensuels moyens définis en aval des Unités hydrographiques de la Vie, de la Petite Boulogne, du Ligneron, de la retenue d'Aprémont, du Jaunay amont et de la retenue du Jaunay.

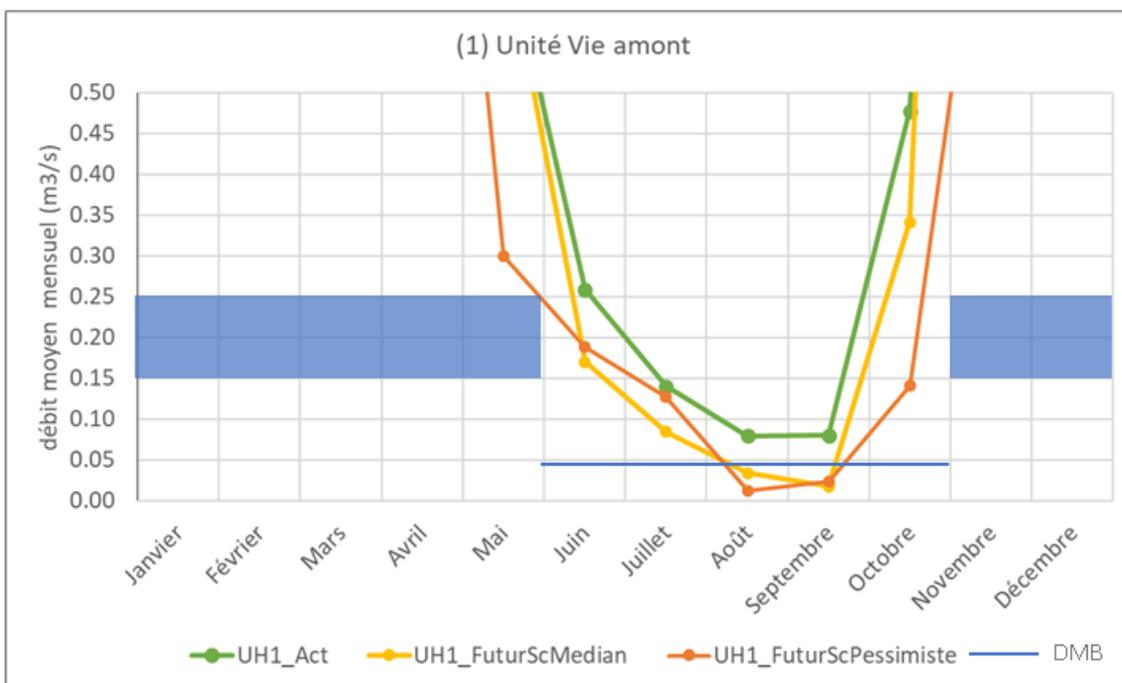


Figure 33 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés pour l'UH Vie Amont

Pour le bassin Vie amont, les débits moyens mensuels projetés des mois d'août et septembre se trouvent inférieurs au débit minimum biologique. Ce qui signifie une augmentation de fréquence du non-respect de ce débit minimum biologique. Selon le scénario pessimiste, les débits moyens de mai et octobre sont très proches du débit minimum biologique : des valeurs inférieures au DMB sur plusieurs jours sont donc à prévoir.

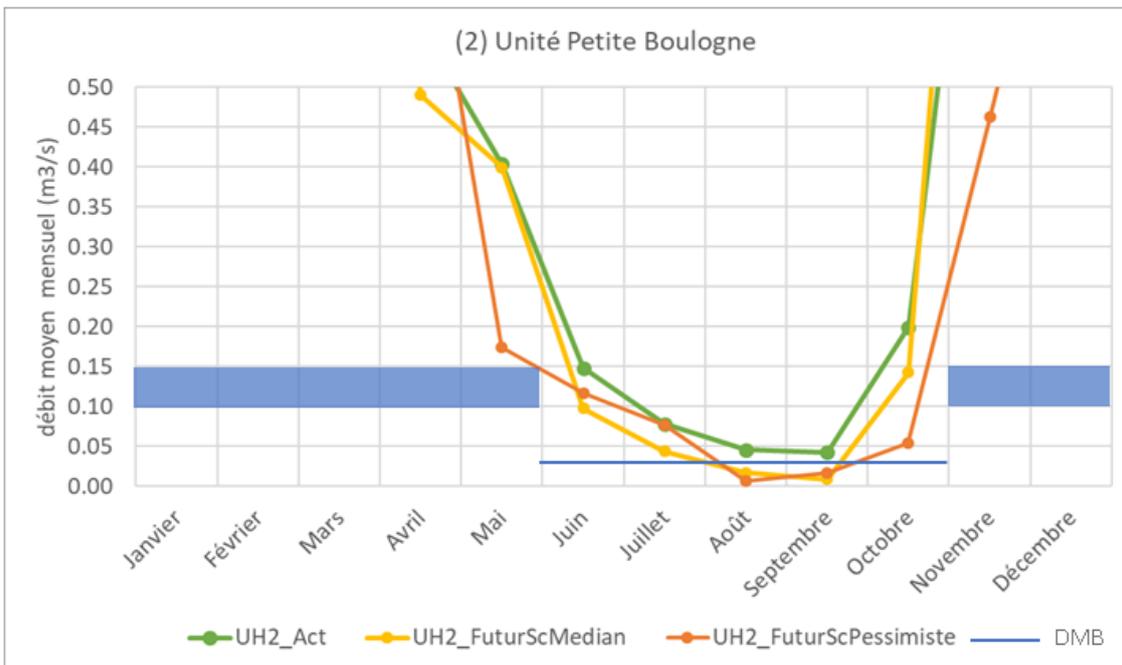


Figure 34 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés pour l'UH Petite Boulogne

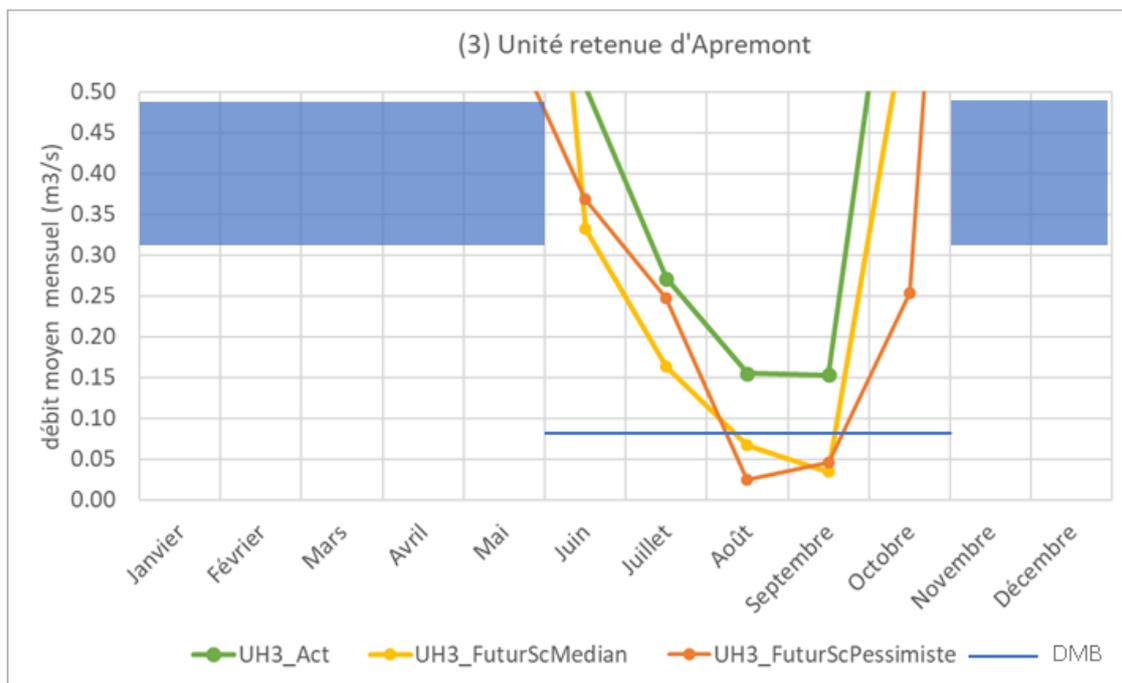


Figure 35 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés en aval la retenue d'Apremont

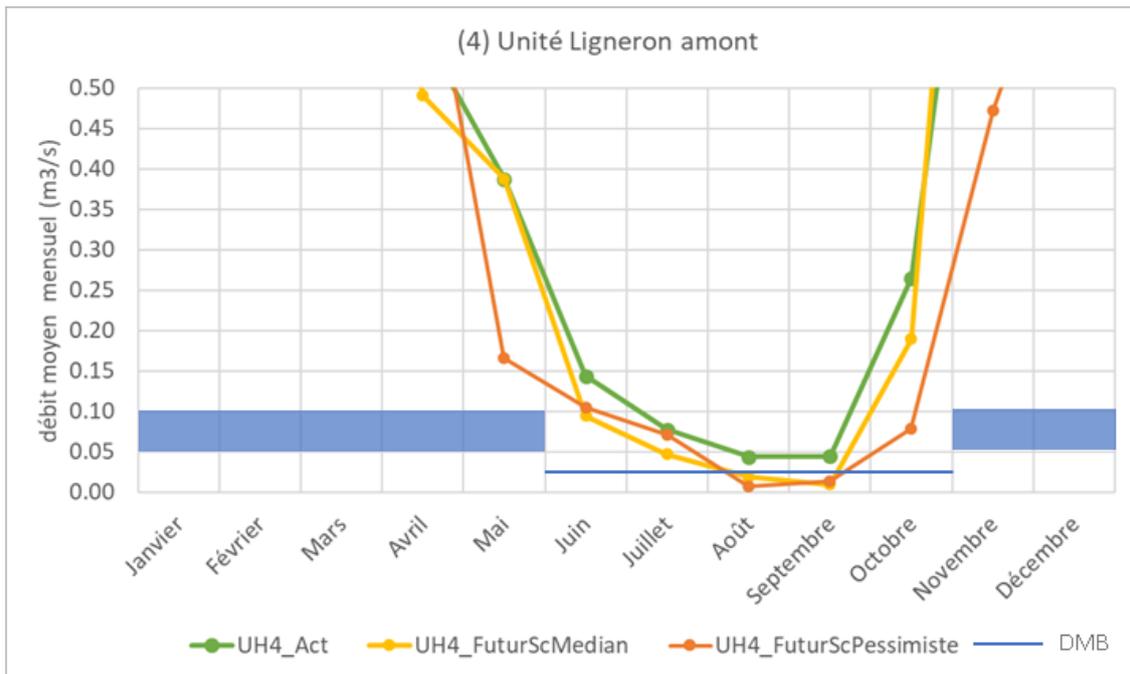


Figure 36 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés pour l’UH Ligneron amont

Au niveau de l’UH la Petite Boulogne, comme en aval de la retenue d’Apremont et de l’UH Ligneron amont, les débits moyens mensuels sont très proches ou inférieurs au DMB entre juin et octobre. Selon le scénario pessimiste, le débit mensuel moyen du mois de mai joute aussi la gamme de DMB, laissant supposer de fréquentes valeurs inférieures au DMB.

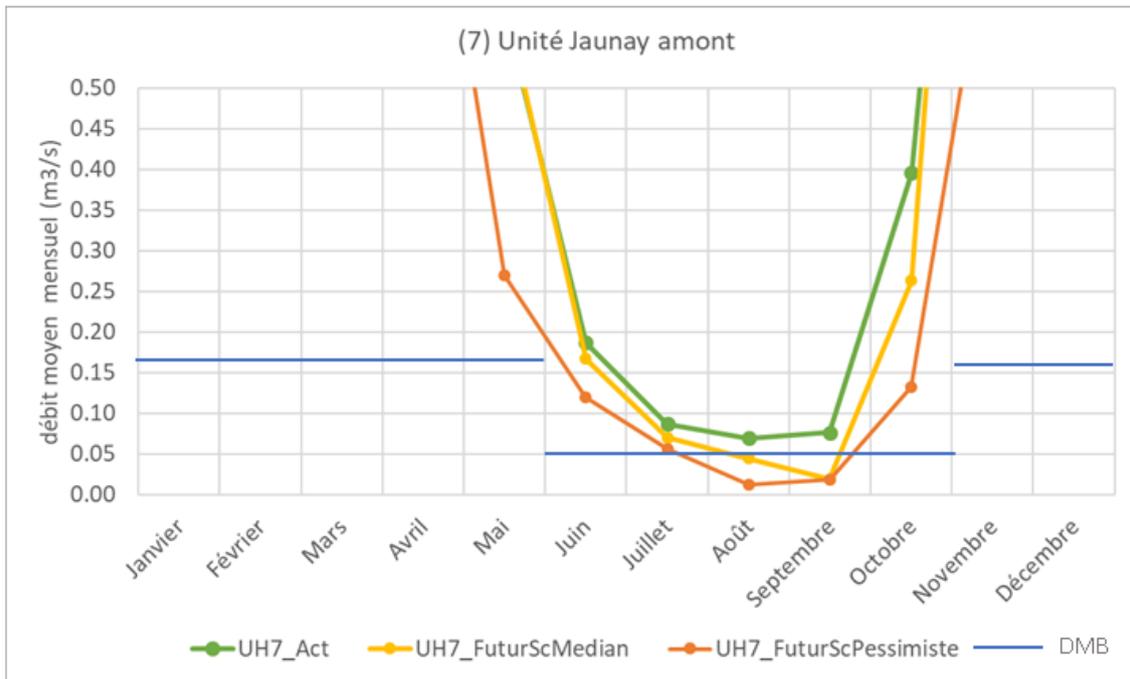


Figure 37 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés pour l'UH Jaunay Amont

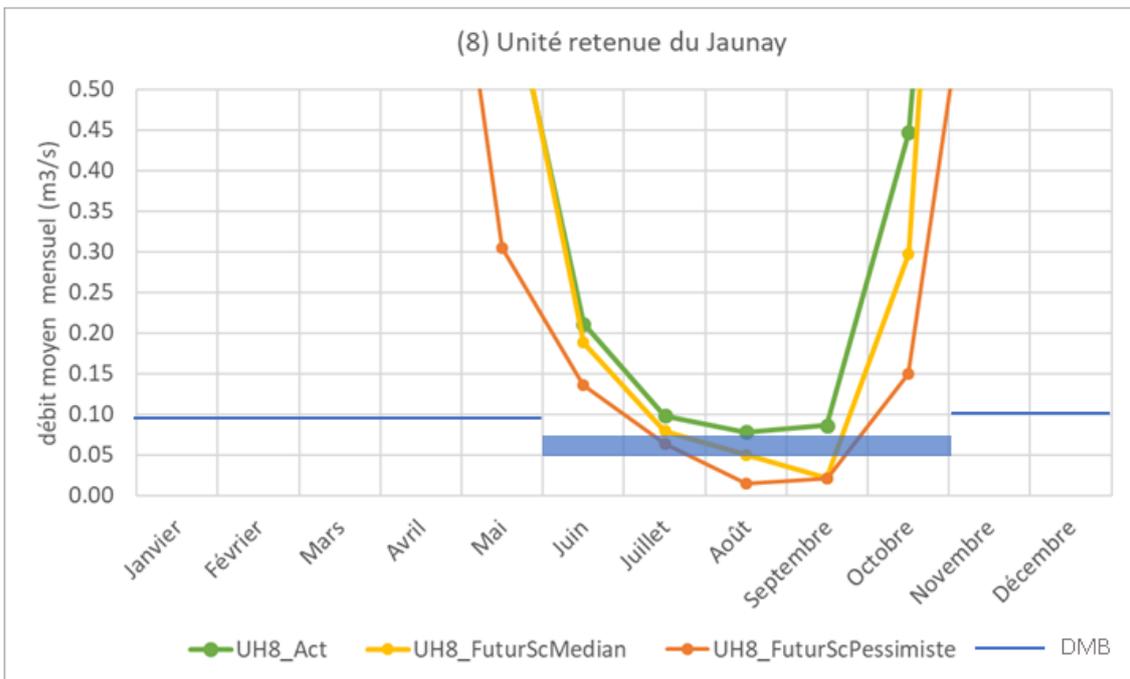


Figure 38 : comparaison des DMB et des débits moyens mensuels actuels et projetés en aval de la retenue du Jaunay

En aval des UH du Jaunay amont et de la retenue du Jaunay, les valeurs actuelles de débits moyens mensuels sont déjà très proches des DMB en juillet, août et septembre.

Selon les scénarios médian et pessimiste, les débits moyens sont nettement inférieurs au DMB sur ces 3 mois. De plus, ils deviennent très proches en juin et septembre. Selon le scénario pessimiste, le débit mensuel du mois de mai ne vaut que le double du DMB, ce qui laisse supposer des soupassements journaliers potentiellement assez fréquents y compris sur cette période.

Les scénarios d'évolution de l'hydrologie due au changement climatique montrent un abaissement des débits moyens estivaux qui auront pour conséquence l'augmentation de fréquence du non respect des débits minimum biologiques en particulier entre mai et octobre, sur l'ensemble des UH.

5.2 Effets attendus sur la qualité de l'eau

5.2.1 Effets sur la qualité

De manière générale, les experts s'attendent à la modification de paramètres globaux comme :

- **L'augmentation de la température**, à laquelle est associée la **diminution de la solubilité de l'oxygène** ;
- **L'augmentation de la salinité** pour les eaux de transition ;
- **L'acidification** des eaux littorales (baisse du pH).

Les conséquences de l'augmentation de température de l'eau et du sol sur les eaux superficielles sont multiples selon le rapport Acclimterra, Nouvelle Aquitaine :

- Remobilisation plus importante des polluants venant du sol vers les nappes (nitrates, pesticides, métaux)
- Amplification de l'humification eau / sol => remobilisation sous forme dissoute du carbone organique, de l'azote et du phosphore
- Impact sur les populations microbiennes
- Erosion de la biodiversité
- Augmentation de la vulnérabilité des communautés de microalgues indigènes

- Prolifération des micro-organismes pathogènes et des cyanobactéries

Notamment, l'augmentation de température favorise le déplacement de l'équilibre chimique de l'ammonium vers sa forme non ionisée NH_3 qui est toxique.

L'effet auto-épurateur de substances biodégradables d'un milieu est souvent réalisé en conditions aérobie : l'oxygène dissous y joue un rôle important mais les micro-organismes et les algues qui dégradent les substances polluantes aussi.

Il est donc **difficile de conclure de manière générale sur l'évolution de la capacité auto-épuration du milieu**. En effet, la prolifération d'algues peut contribuer à autoépurer l'eau jusqu'à ce que l'eutrophisation asphyxie le milieu en particulier en période nocturne.

5.2.2 Diminution des débits d'eau douce : moins de dilution

La méthodologie de calcul de la dilution des rejets à l'étiage utilisée en phase 1 a été appliquée ici aux débits issus de la modélisation du changement climatique sur chaque UH. Pour rappel, le code couleur pour les classes de qualité selon le paramètre DBO5 est présenté dans le tableau suivant. Ce calcul est fait ici en considérant les mêmes rejets qu'actuellement, afin d'illustrer le seul effet du changement climatique sur le milieu aquatique sans considérer l'évolution des usages.

Tableau 20 : classes de qualité pour le paramètre DBO5

	très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
DBO5 (mg d'O ₂ /L)	<3	3 à 6	6 à 10	10 à 25	> 25

Tableau 21 : qualité de l'eau en étiage estimée par calcul de dilution prenant en compte le débit issu de la simulation du scénario médian

Scénario médian	QMNAS désinfluenté	Volume rejet sout (m ³)	flux pollution brute DBO5 (kg/ j)	flux pollution traitée (hypothèse rendement 93%)	Q _{jour riv désinfluenté} (m ³ /j)	Q _{rejet+ rivière désinfluenté}	DBO5 g/L / débit désinfluenté
UH1	0.010	53 626	817	57	879	2609	0.022
UH2	0.008	16 201	247	17	683	1206	0.014
UH3	0.021	42 089	641	45	1790	3147	0.014
UH4	0.006	10 247	156	11	489	819	0.013
UH5	0.027	30 057	458	32	2355	3325	0.010
UH6	0.011	10 421	159	11	923	1259	0.009
UH7	0.009	48 457	738	52	745	2308	0.022
UH8	0.010	0	0	0	841	841	0.000
UH9	0.001	20 478	312	22	87	747	0.029
UH10	0.016	46 371	706	49	1381	2877	0.017
UH11	0.040	230 609	3513	246	3437	10876	0.023

Tableau 22 : qualité de l'eau en étiage estimée par calcul de dilution prenant en compte le débit issu de la simulation du scenario pessimiste

Scénario pessimiste	QMN AS desinfl	Volume rejet aout (m3)	flux pollution brute DBO5 (kg/j)	flux pollution traitée (hypothèse rendement 93%)	Qjour riv désinfluencé (m3/j)	Q rejet+ rivière désinfluencé	DBO5 g/L / débit désinfluencé
UH1	0	53 626	817	57	0	1730	0.033
UH2	0.002	16 201	247	17	202	724	0.024
UH3	0	42 089	641	45	0	1358	0.033
UH4	0	10 247	156	11	0	331	0.033
UH5	0	30 057	458	32	0	970	0.033
UH6	0	10 421	159	11	0	336	0.033
UH7	0	48 457	738	52	0	1563	0.033
UH8	0	0	0	0	0	0	
UH9	0	20 478	312	22	0	661	0.033
UH10	0	46 371	706	49	0	1496	0.033
UH11	0	230 609	3513	246	0	7439	0.033

Tableau 23 : comparaison des scenarios sur le paramètre DBO5

DBO5 g O2/L (débit désinfluencé)	actuel	scénario médian	scénario pessimiste
UH1	0.015	0.022	0.033
UH2	0.006	0.014	0.024
UH3	0.007	0.014	0.033
UH4	0.008	0.013	0.033
UH5	0.004	0.010	0.033
UH6	0.004	0.009	0.033
UH7	0.014	0.022	0.033
UH8	0.000	0.000	
UH9	0.024	0.029	0.033
UH10	0.009	0.017	0.033
UH11	0.015	0.023	0.033

Ainsi, selon ces calculs de dilution, la teneur en DBO5 serait augmentée sur l'ensemble des stations dans le cas des 2 scenarios (hormis sur la retenue du Jaunay du fait de l'absence de rejet). Dans le cas du scenario médian, un déclassement de la qualité s'observerait :

- de bonne à médiocre sur le bassin de La petite Boulogne ;
- de moyenne à médiocre sur les bassins de la retenue d'Apremont, le Lignerou, le marais Jaunay ;
- de bonne à moyenne sur les unités du marais de la Vie et du Lignerou.

La qualité resterait médiocre sur le Jaunay amont et mauvaise sur le Gué Gorand.

Dans le cas du scénario pessimiste, un très fort déclassement s'observerait sur l'ensemble des stations avec une teneur correspondant à la classe de qualité mauvaise à l'exception de la Petite Boulogne où la teneur correspondrait à la classe de qualité médiocre.

5.2.3 Modification de la variation de salinité au sein des masses d'eau de transition

Les masses d'eau de transition ont une salinité qui varie en permanence dans l'espace et dans le temps du fait :

- Des phénomènes de marée ;
- De la variabilité des débits d'eau douce apportés par les cours d'eau.

De cette variation dépend la répartition spatiale et temporelle des habitats oligohalins (<5 psu), mésohalins (5 à 17 psu) et polyhalins (> 17 psu) et donc des espèces associées.

Pendant les étiages, on peut s'attendre à ce que la diminution des débits d'eau douce conjuguée à l'augmentation des températures se traduise par une augmentation de la salinité.

Or, l'augmentation de la salinité et l'augmentation de la température conduisent à une baisse de la concentration de saturation de l'eau en oxygène dissous (cf. tableau suivant), ce qui se traduit par une baisse de la teneur en oxygène dissous disponible pour les organismes aquatiques.

Tableau 24 : variabilité de la saturation de l'eau en O2 dissous en fonction de la température et de la salinité (source : maladies et troubles engendrés par la qualité de l'eau)

Température (C°)	Salinité (psu)				
	< 1	10	20	30	35
2	13,81	12,91	12,07	11,29	10,91
4	13,02	12,25	11,47	10,73	10,38
6	12,43	11,65	10,91	10,22	9,89
8	11,83	11,09	10,40	9,75	9,44
10	10,92	10,58	9,93	9,32	9,03
12	10,43	10,11	9,50	8,92	8,65
14	9,98	9,68	9,10	8,55	8,29
16	9,56	9,28	8,73	8,21	7,97
18	9,18	8,90	8,38	7,90	7,66
20	8,84	8,56	8,06	7,60	7,38
22	8,53	8,23	7,77	7,33	7,12
24	8,25	7,95	7,49	7,07	6,87
26	7,99	7,65	7,23	6,83	6,64
28	7,75	7,38	6,98	6,61	6,42
30	7,53	7,14	6,75	6,39	6,22
32	7,32				6,00
34	7,13				5,81
36	6,95				5,60

Tableau 5. Concentrations de saturation de l'eau en oxygène dissous (mg/L), à la pression atmosphérique de 1013 hPa (760 mm Hg)*, à des salinités croissantes de 1 g/L (eau douce) à 35 g/L (eau de mer).

* Pour des pressions atmosphériques différentes, la concentration de saturation (C_{sat}) est donnée par la formule suivante :

$$C_{sat} = C_s \times p / 1013.$$

C_s, concentration standard à pression atmosphérique de 1013 hPa ; p, pression atmosphérique (en hPa) au moment de la mesure

Du fait du changement climatique, à rejets constants, on observera d'après les simulations effectuées une dégradation de la qualité des eaux du fait d'une moindre dilution : significative selon le scénario médian et très forte selon le scénario pessimiste.

Au niveau des eaux de transition, l'augmentation de la température entraîne une diminution de la teneur en oxygène et donc des capacités d'autoépuration par les microorganismes aérobies qui est d'autant plus forte que la salinité est élevée.

5.3 Analyse de la vulnérabilité des espèces face aux effets du changement climatique

D'après le rapport du GIEC en Pays de la Loire de juin 2022, 40% des poissons, 30% des oiseaux et amphibiens, 24% de la flore, 21% des reptiles, 10% des mammifères sont menacés d'extinction sous l'effet conjugué :

- de la modification et du recul des milieux naturels dans la région ;
- de la détérioration des ressources en eau ;
- de l'altération des zones humides ;
- du développement d'espèces exotiques envahissantes ;
- de l'extension de l'agriculture intensive.

Parallèlement, on observe au large des côtes que le changement climatique accélère le déplacement des espèces marines qui progressent vers le nord 6 fois plus vite que les espèces terrestres.

5.3.1 Espèces présentes dans les réservoirs biologiques

Les espèces présentes dans les réservoirs biologiques sont les plus exigeantes en termes d'oxygénation de l'eau et de température basse, donc les plus sensibles vis-à-vis des changements attendus en eau douce. Il s'agit de l'ombre commun, la grande mulette, la mulette perlière, l'écrevisse à pattes blanches, le chabot et la truite fario.

Le tableau suivant indique les températures létales et les températures optimales de croissance pour certaines de ces espèces.

°C	Température létale	Croissance
truite Fario (<i>salmo trutta</i>)	26	12-15
l'ombre commun ¹⁴	27.5	Nd
la mulette perlière ¹⁵	23	nd
l'écrevisse à pattes blanches	22	15-18

¹⁴ d'après Approche de la dynamique des populations d'ombre commun (*Thymallus thymallus* L.) sur l'Orbe en vallée de Joux (VD) : structure démographique, taux de survie, quantification de l'habitat physique et thermique.

¹⁵ d'après Varandas et al, Portugal, 2013

D'après l'article « maladies et troubles engendrés par la qualité de l'eau », Pierre de Kinkelin, Jean Petit, 2018, la gamétogénèse de la truite Fario dépend d'un passage à basse température et la zone thermique permissive pour cette gamétogénèse est de 2 à 10°C. Pour d'autres espèces il peut exister un seuil thermique qui déclenche l'ovulation et la spermiation. De plus, l'embryogénèse requiert une température inférieure à 10°C. Ainsi les hausses de températures dans les cours d'eau pendant les périodes de reproduction peuvent fortement perturber la reproduction.

5.3.2 Autres poissons

Source : maladies et troubles engendrés par la qualité de l'eau, Pierre de Kinkelin, Jean Petit, 2018

°C	Température létale ¹⁶	Croissance	Gamétogénèse	Embryogénèse (incubation ¹⁷)
Anguille européenne	<4 - > 30	18-24		
Brochet	>30	15-21	6-14	1 ^{ère} moitié : 6-12 2 ^{ème} moitié : 8-14
Vandoise ¹⁸	32	12-25	nd	nd

Ainsi, des poissons comme l'anguille, la vandoise et le brochet tolèrent des températures plus élevées que les salmonidés. L'anguille ne supporte pas des températures inférieures à 4°C. La reproduction du brochet, qui requiert les étapes de la gamétogénèse (formation des cellules effectuant la reproduction) et l'embryogénèse (formation de l'embryon), peut nécessiter des températures basses en période hivernale et printanière.

Par ailleurs, comme le montrent les deux graphiques ci-dessous, certaines espèces de cyprinidés ne supportent pas les élévations de température au-delà de 25°C au stade juvénile : c'est le cas de la vandoise, du hotu et du spirin. Le brochet au stade juvénile a une gamme optimale de faible amplitude, située autour de 20°C. Au stade adulte, c'est le toxostome et la Brème Bordelière qui ne résistent pas au-delà de 25°C.

¹⁶ Valeurs-seuils supérieures établies après acclimatation à basse température (≈ 5 °C), à majorer de 1,5 à 5 °C selon la température d'acclimatation et l'espèce concernée. Pour la limite inférieure, l'acclimatation a eu lieu à l'optimum thermique.

¹⁷ Zone thermique permissive de part et d'autre de laquelle surviennent des mortalités d'œufs embryonnés. Aux stades ultérieurs les températures favorables correspondent aux limites basses de l'optimum physiologique de croissance.

¹⁸ source Tissot Souchon 2011

Figure 39 : températures optimales et gammes de résistance à la température pour le juvénile de plusieurs espèces piscicoles (source : Tissot et Souchon, 2011)

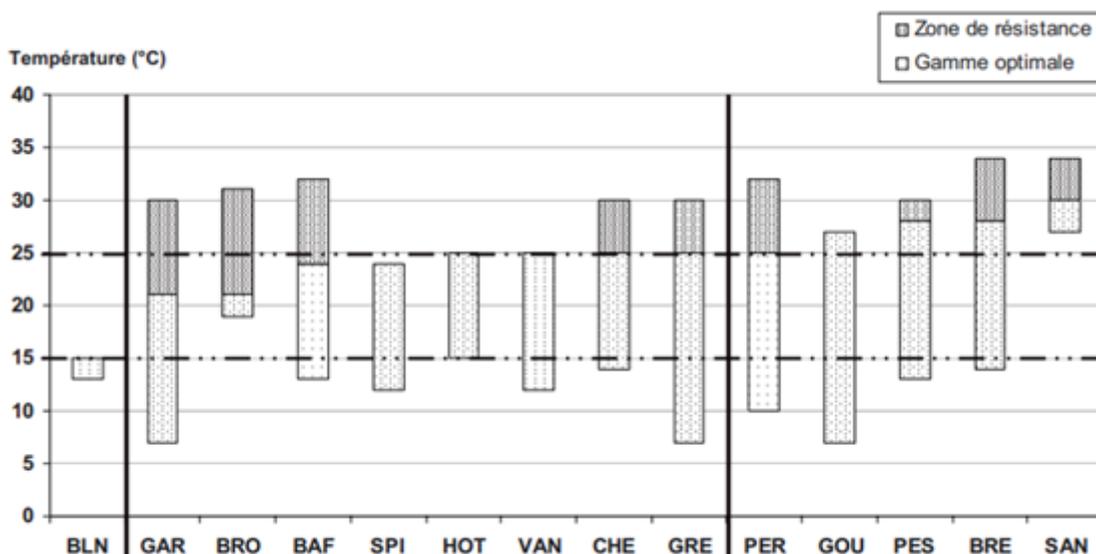


Fig. 2. Représentation de la gamme des températures optimales et de la gamme de résistance à la température pour le juvénile de chacune des espèces étudiées.

Figure 40 : températures optimales et gammes de résistance à la température pour l'adulte de plusieurs espèces piscicoles (source : Tissot et Souchon, 2011)

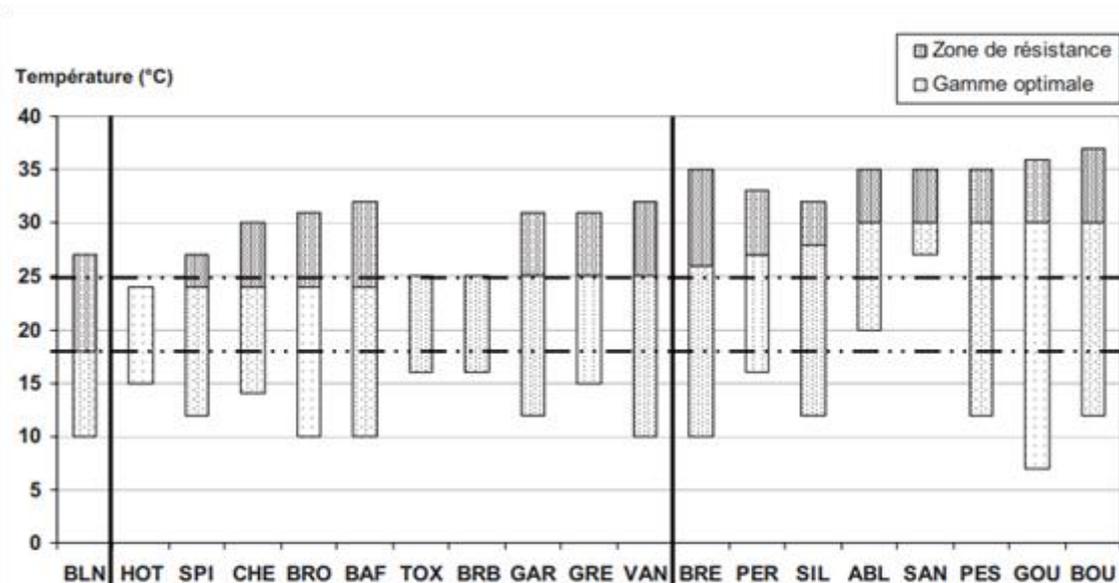


Fig. 3. Représentation de la gamme des températures optimales et de la gamme de résistance à la température pour l'adulte de chacune des espèces étudiées.

Tableau 25 : Réceptivité des poissons aux infections par les organismes pathogènes en fonction de la température

Tableau 2. Exemples illustrant l'influence de la température sur la réceptivité des poissons aux infections par les organismes pathogènes.

Plage thermique de réceptivité : 

Plage thermique correspondant à plus de 90% des cas cliniques : 

Nomenclature des bioagresseurs	Plages thermiques de réceptivité du poisson (°C)								Espèces ou groupes d'espèces concernés.
	0	5	10	15	20	25	30	35	
Virus de SHV, NHI, AIS, NPI, MS, MP									Salmonidés
<i>Renibacterium salmoninarum</i>									
<i>Flavobacterium psychrophilum</i>									
<i>Yersinia ruckeri</i>									
<i>Aeromonas salmonicida</i>									
<i>Flavobacterium columnare</i>									
<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>									
<i>Myxobolus cerebralis</i>									
<i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i>									
<i>Saprolegnia diclina</i>									
Herpesvirus cyprinidé 3 (koi herpesvirus)									Carpe <i>C. carpio</i>
Virus VPC									Carpe et divers cyprinidés
<i>Aeromonas salmonicida achromogenes</i>									
<i>I. multifiliis</i>									
Herpesvirus ictaluridé 1									Poisson chat <i>Ictalurus punctatus</i>
<i>Flavobacterium columnare</i>									
<i>Edwardsiella ictaluri</i>									
<i>I. multifiliis</i>									
<i>Aphanomyces invadans</i>									Espèces tropicales

Ce tableau montre l'influence de la température pour la réceptivité des microorganismes pathogènes (infections) : pour la carpe, le poisson chat et divers cyprinidés les plages de réceptivité les plus importantes sont comprises entre 15 et 30°C.

Les espèces piscicoles présentes dans les réservoirs biologiques sont les espèces les plus sensibles à l'élévation de température (truite fario, écrevisses à pattes blanches, mulettes perlières).

Pour les autres espèces, les phases de reproduction (gamétogénèse, embryogénèse) requièrent des températures peu élevées, notamment pour le brochet qui se reproduit en février, mars, avril.

Plusieurs espèces résistent mal aux élévations thermiques que ce soit au stade juvénile (spirin, hotu, vandoise) ou au stade adulte (hotu, toxostome, brême bordelière).

L'élévation de température peut favoriser la réceptivité de micro-organismes pathogènes par de nombreuses espèces piscicoles et donc diminuer l'état sanitaire des peuplements.

5.4 Effets attendus sur les écosystèmes aquatiques et les zones humides

5.4.1 Masses d'eau

L'évaluation de l'état des eaux est conditionnée :

- aux indices biologiques de qualité de l'eau et la qualité physico chimique de l'eau pour l'état écologique ;
- à la présence de polluants chimiques pour l'état chimique.

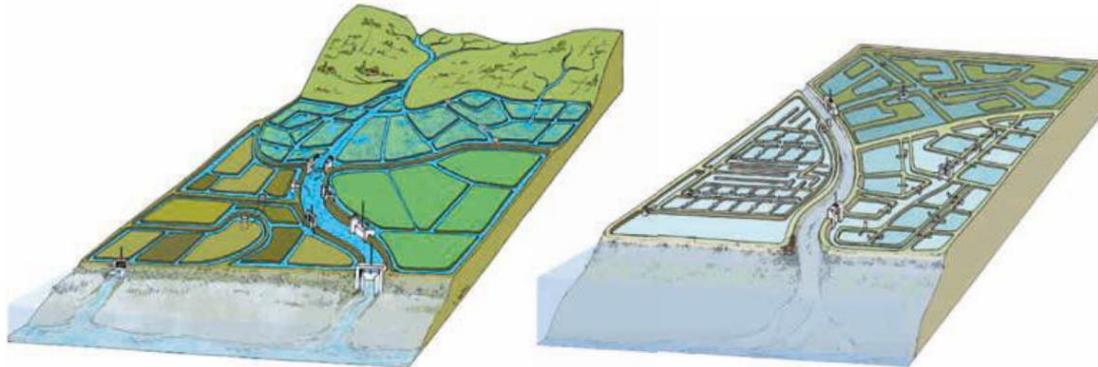
Les larves d'invertébrés notamment sont sensibles à la teneur en oxygène et à la température du milieu. Au vu du paragraphe précédent sur la qualité de l'eau, les espèces polluosensibles auront plus de mal à se développer du fait de la moindre dilution des polluants.

On peut s'attendre à une richesse et une diversité spécifiques plus faibles entraînant des indices de qualité biologiques faibles, et donc à une dégradation de l'état des masses d'eau.

Le changement climatique va se traduire par une dégradation de l'état des masses d'eau.

5.4.2 Marais

Dans le cas des marais doux comme des marais salés, le fonctionnement écologique est directement lié aux aménagements hydrauliques et à leur gestion.



Marais doux (prairiaux ou cultivés).

Marais salés (salicoles, conchylicoles, piscicoles).

Les efflorescences algales sont favorisées lorsque le milieu présente un écoulement laminaire ou en conditions stagnantes (par exemple au moment de la fermeture des portes à la mer).

« De façon fondamentale les changements du climat vont agir sur le fonctionnement des communautés planctoniques des marais rétro littoraux et leurs fonctions / services associés. Ces modifications seront modulées par les choix de gestion qui seront pris en réponse à ce phénomène de changement.

L'augmentation de la température des eaux superficielles va modifier la biodiversité, les dynamiques et le fonctionnement des réseaux trophiques planctoniques.

Les espèces de phytoplancton (producteurs primaires) seraient potentiellement différentes : les cyanobactéries et les chlorophycées prolifèreraient plutôt que les diatomées. [...] Le zooplancton (consommateur primaire) serait aussi potentiellement modifié. D'après Garzke et al et Rasconi et al les communautés zooplanctoniques seraient de plus petites tailles (cladocères, copépodes). Les changements de biodiversité impliqueraient de potentiels changement de proies pour les consommateurs secondaires comme les poissons. Les dynamiques et fonctionnement des réseaux trophiques planctoniques pourraient être modifiés à cause de l'élévation de température. Le passage d'un hiver biologique vers un réseau équilibré et fort serait modifié et pourrait impacter le recyclage de la matière (boucle microbienne) qui pourrait se faire de façon beaucoup plus précoce et rapide dans la saison. Très tôt dans la saison, les producteurs primaires seraient contrôlés par les consommateurs primaires et secondaires.

Une autre piste est que l'augmentation de la teneur en CO₂ pourrait permettre l'augmentation de la production du phytoplancton. La fonction épuratoire des eaux du marais serait ainsi largement favorisée jusqu'à la limite de la disponibilité des ressources en nutriments (azote et surtout phosphore en marais). Des modifications de la composition élémentaire du phytoplancton pourraient s'opérer et ainsi jouer sur l'intensité des processus de recyclage et le potentiel de la pompe à carbone. Cependant, le système basculerait très rapidement par manque de nutriments, sur un système de recyclage de la matière (boucle microbienne très active) et diminuant significativement le piégeage du carbone dans le système (pompe à carbone).

Les périodes d'étiage vont s'accroître et la réalimentation naturelle ou artificielle des marais sera en baisse. Les niveaux d'eau dans les marais seront en baisse malgré un besoin toujours présent de la ressource en eau pour les usages. Actuellement dans les marais où les niveaux d'eau sont bas en fin d'été sont remarqués des phénomènes de dystrophie avec une dominance marquée du compartiment bactérien, traduisant des phénomènes d'hypoxie marquée et parfois des blooms de cyanobactéries dont certaines sont toxique (UNIMA, FMA, Université de La Rochelle, communication personnelle). Ces phénomènes de dystrophie ne feront qu'augmenter avec le changement climatique. **La seule alternative pour le moment pour éviter les phénomènes de dystrophie serait d'être capable de renouveler la masse d'eau et/ou d'entretenir correctement les marais en conservant une lame d'eau suffisante servant de volume tampon** (entretien régulier et raisonné des marais).

La submersion marine et la fréquence des événements climatiques extrêmes (tempêtes) auront tendance à augmenter. Les marais rétro-littoraux « récupèrent assez vite en termes de fonctionnement trophique des communautés planctoniques après une forte submersion marine. Ainsi le temps de résilience est de 3 à 4 semaines avec l'aide de l'homme par remplacement de l'eau de mer par de l'eau douce dans les zones inondées. Mais si la fréquence de ces événements augmente, **la question du temps de résilience de ces milieux reste à ce jour sans réponse par manque de connaissances fondamentales sur le sujet**. Dans tous les cas, les communautés planctoniques auront une grande réactivité face aux changements climatiques.

En cas de maturation précoce du réseau planctonique, la fonction épuratoire des eaux du marais ne serait probablement pas altérée en début de saison, le carbone serait ainsi capté dans le système. [...]

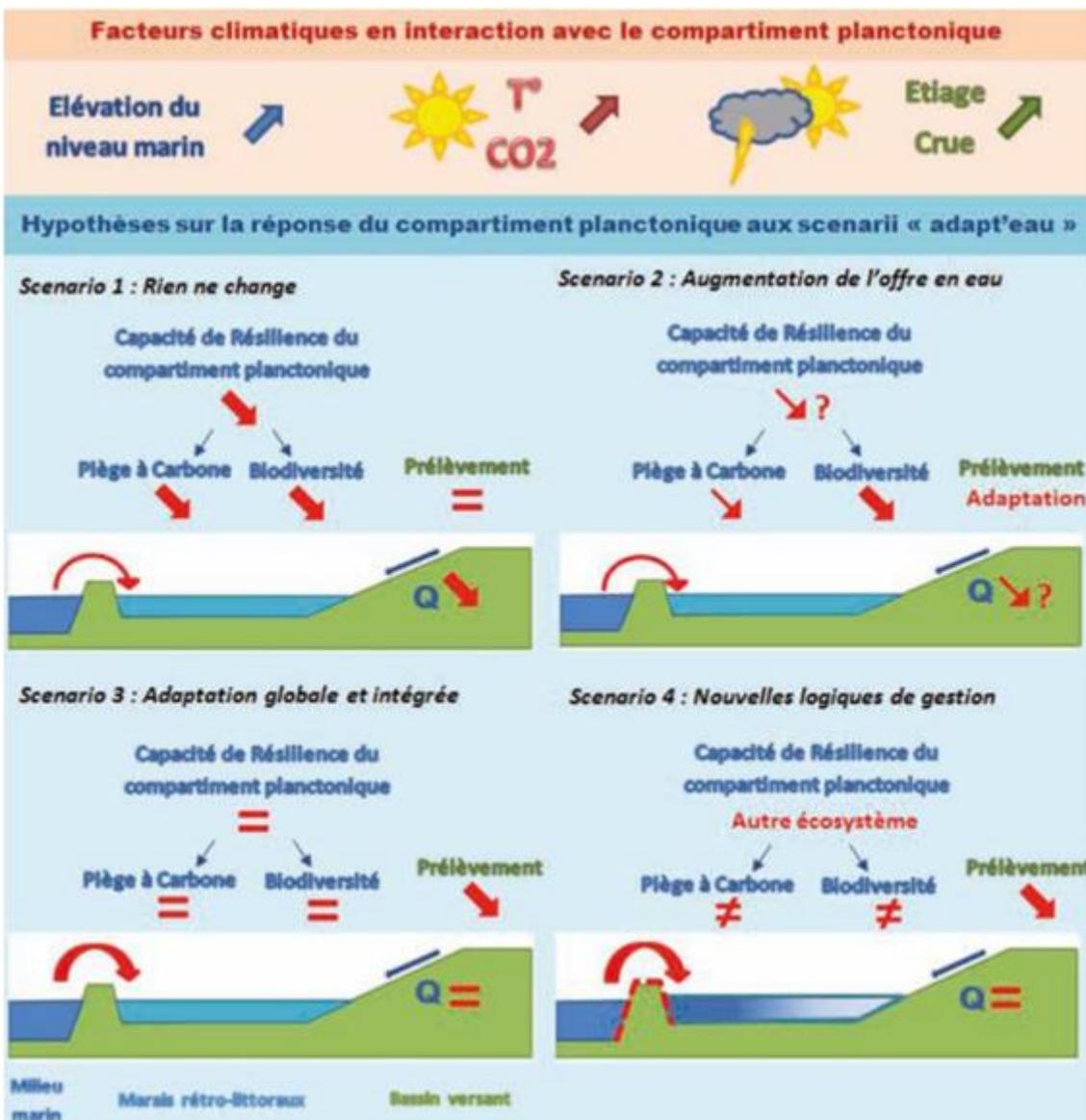
L'impact sur la biodiversité le développement d'organismes à taux de croissance rapide, la modification de l'efficacité écotrophique du système nuisant gravement aux peuplements (invertébrés, batraciens poissons) diminueraient la fonction habitat, entraînant une diminution des services rendus. Les dynamiques des communautés planctoniques pourraient aussi ne plus correspondre avec les cycles de vie des poissons ou autres organismes.

Même si la résilience apparente des milieux peut sembler élevée face à des stress limités dans l'espace (ex curage des marais) ou dans le temps (submersion marine temporaire) elle peut être mise à mal par réduction des renouvellements d'eau et l'intensification de pratiques stressantes pour le milieu (pressions agricoles et urbanisme). Il est donc nécessaire d'acquérir de la connaissance sur la résilience des marais [...]. En tenant compte des limites importantes liées au niveau de connaissances actuel sur le fonctionnement et la résilience de ces milieux, la figure suivante présente différentes réponses envisageables du compartiment planctonique pour chaque scénario d'Adapt'eau.

En conclusion parmi les différentes possibilités ci-dessus il apparaît que le seul facteur hydraulique représente un levier d'action réaliste pour construire une stratégie visant, pour le compartiment planctonique, à limiter l'incidence du réchauffement climatique voire à agir sur ce dernier.

Ce levier pourrait se décliner en 2 axes de gestion :

- **Une augmentation du renouvellement de la masse d'eau par un travail global sur la ressource en eau ;**
- **Un maintien du volume tampon offert par la hauteur de la lame d'eau par un entretien régulier et raisonné du réseau de canaux des marais (avec toutefois un risque de l'effet d'un curage de marais sur le compartiment planctonique encore inconnu à ce jour »**



Source : acclimaterra nouvelle aquitaine, chapitre zones humides, scénario d'évolution et incidence sur les fonctions et les services des zones humides : le cas des marais rétro littoraux généralisable sur la partie aquatique des zones humides

Les marais sont des milieux dont l'hydraulique a été artificialisée. Leur maintien en l'état, leur capacité à piéger le carbone et assurer le rôle de support de biodiversité sont fortement dépendants de cette gestion ainsi que des débits d'eau douce issus des bassins versants, et de la fréquence de submersion marine. Plusieurs scénarios d'évolution existent selon les mesures de gestion prises.

5.4.3 Zones humides alluviales

Les zones alluviales sont généralement alimentées soit par ruissellement pluvial soit par submersion lors d'inondations. Le maintien du caractère humide des plantes évoluant sur ces milieux est conditionné à une fréquence suffisante de phénomènes de submersion ainsi qu'à la durée de ces phénomènes.

Les **zones humides alimentées par débordement sont concernées** par la gestion des débits des cours d'eau en particulier en période automne / hiver / printemps : le débit des hautes eaux doit être suffisant pour que l'occurrence des crues débordantes soit d'environ une fois par an.

Les zones humides alluviales requièrent une fréquence de débordement suffisante pour subsister.

5.5 Synthèse de l'évolution des besoins des milieux aquatiques

Le maintien d'espèces piscicoles est subordonné à un débit suffisant en toute période de l'année.

La vulnérabilité des espèces aquatiques est directement liée à la qualité de l'eau :

- . Moindre effet de dilution attendu entraînant une dégradation de la qualité de l'eau ;

- . Sur les masses d'eau de transition, la diminution de la solubilité de l'oxygène et donc sa disponibilité pour tous les organismes aquatiques (amphibiens poissons, invertébrés...) est diminuée par la salinité.

Un appauvrissement spécifique des larves d'invertébrés entraîne un appauvrissement de la ressource alimentaire pour le reste de la chaîne trophique.

Les espèces piscicoles présentes dans les réservoirs biologiques sont les espèces les plus sensibles à l'élévation de température (truite fario, écrevisses à pattes blanches, mulettes perlières).

Les élévations de température peuvent perturber la phase de reproduction, les stades juvéniles ou adultes selon les espèces et augmenter le risque d'infections

Les marais sont actuellement des systèmes hydrauliques gérés artificiellement. Leur rôle de support de biodiversité et de piégeage du carbone offert par le phytoplancton qui s'y développe est fortement dépendant de la gestion de la ressource en eau dans le bassin versant et de la fréquence de submersion marine.

Enfin, pour le maintien ou la reconquête de zones humides alluviales, un débordement suffisamment fréquent pour garantir le développement de plantes caractéristiques de zones humides et la présence d'hydromorphie dans les sols est nécessaire.

6 SYNTHÈSE DU VOLET CLIMAT

L'analyse des 3 volets H, M, U sous les effets du changement climatique met en évidence

- ➔ Pour l'hydrologie
 - Une ressource encore plus limitée à l'été,
 - Des débits printaniers qui subiront des épisodes extrêmes dans les 2 sens,
 - Et des débits hivernaux pour lesquels les conclusions des différents scénarios climatiques divergent entre une stabilité des apports et une baisse.
- ➔ Pour les milieux
 - une dégradation générale de la qualité des eaux
 - des conséquences néfastes de la hausse de la température de l'eau pour l'ensemble des espèces,
 - de plus grandes difficultés à atteindre les débits écologiques définis aux différents points du bassin.
- ➔ Pour les usages, des incertitudes planent sur les 2 principaux usages influents du bassin à savoir le prélèvement d'eau endogène au territoire pour l'eau potable et l'avenir de l'irrigation dans un contexte de limitation de l'accès à l'eau et d'effets du changement climatique sur les besoins croissants des cultures.