

ETUDE H.M.U.C GRAND LIEU

RAPPORT VOLET CLIMAT

Novembre 2024

Historique des versions					
Date	Version	Code interne / Nature / ...	Rédaction	Vérification	Validation
11/2024	v1	FH476 - Rapport volet C	RC, FC, SG, PL	SA	

SOMMAIRE

1	Introduction	9
2	Synthèse des dispositions des documents cadre sur l'adaptation du territoire au changement climatique.....	10
2.1	<i>Plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire Bretagne (PACC-LB).....</i>	<i>10</i>
2.1.1	Etat des connaissances	11
2.1.2	Cohérences des documents de bassin quant au dérèglement climatique	11
2.1.3	Plan de résilience, trajectoire de sobriété	11
2.1.4	Stratégie d'atténuation et d'adaptation au dérèglement climatique.....	11
2.2	<i>GIEC Pays de la Loire</i>	<i>12</i>
2.2.1	Premier rapport, Juin 2022	12
2.2.2	Deuxième rapport, Avril 2023	15
2.3	<i>SAGE Grand Lieu.....</i>	<i>15</i>
2.4	<i>Plan climat air énergie territorial (PCAET).....</i>	<i>16</i>
2.4.1	Grand Lieu Communauté, 2019	18
2.4.2	Clisson Sèvre et Maine Agglo, 2020	19
2.4.3	Sud Retz Atlantique, 2019.....	19
2.4.4	Terres de Montaigu, 2021.....	20
2.4.5	Vie et Boulogne, 2021	21
2.4.6	Synthèse des PCAET sur le périmètre Grand Lieu.....	22
2.5	<i>Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT).....</i>	<i>23</i>
2.5.1	SCOT du pays de Retz, 2013.....	25
2.5.2	SCOT DU PAYS DU BOCAGE VENDEEN, 2017	27
2.5.3	SCOT DU PAYS D'YON ET DE VIE, 2020	28
2.5.4	SCOT VIGNOBLE NANTAIS, 2015	29
2.5.5	SCOT NANTES SAINT-NAZAIRE, 2016	30
3	Evolution du climat et de la ressource en eau sous les effets du changement climatique	32
3.1	<i>Méthodologie globale</i>	<i>32</i>
3.1.1	Définitions.....	32
3.1.2	Données disponibles.....	33
3.1.3	Méthodologie générale menée dans cette étude	37
3.2	<i>Choix des scénarios climatiques en fonction des indicateurs de pluie et de température</i>	<i>39</i>
3.2.1	Impact du changement climatique sur la température et la pluviométrie parmi toutes les projections climatiques	41
3.2.2	Choix de deux projections climatiques contrastées	43
3.3	<i>Présentation des données de pluie et d'évapotranspiration selon les deux scénarios sélectionnés</i>	<i>46</i>
3.3.1	Température	46
3.3.2	Pluie	48
3.3.3	Évapotranspiration	51
3.4	<i>Evolution de la ressource en eau sous les effets du changement climatique</i>	<i>54</i>
3.4.1	Choix du modèle hydrologique d'Explore 2	54
3.4.2	Impact du changement climatique sur les débits.....	56

3.4.3	Evolution de la ressource en eaux souterraines	78
4	Evolution des usages humains de l'eau	94
4.1	Méthode	94
4.2	Etat des lieux et tendances	95
4.2.1	Eau potable	95
4.2.2	Industrie	100
4.2.3	Irrigation	100
4.2.4	Abreuvement	109
4.2.5	Effet des plans d'eau	110
4.2.6	Synthèse des tendances	112
4.3	Définition des scénarios prospectifs d'usages	112
4.3.1	Approche globale	113
4.3.2	Approche détaillée pour les usages agricoles	114
4.4	Trajectoires proposées par les groupes du GAE	119
4.5	Trajectoires retenues	120
5	Evolution des besoins des milieux aquatiques	122
5.1	Conséquence de l'hydrologie future estimée sur les débits écologiques	122
5.2	Qualité de l'eau	122
5.2.1	Effets sur la qualité	122
5.2.2	Diminution des débits d'eau douce : moins de dilution	123
5.3	Données prospectives sur la vulnérabilité des espèces	123
5.4	Ecosystèmes aquatiques et zones humides	123
5.4.1	Masses d'eau	123
5.4.2	Zones humides alluviales	123
5.5	Synthèse sur les milieux aquatiques	124
6	SYNTHESE DU VOLET CLIMAT	125
	annexes	126

Liste des tableaux

Tableau 1 : sensibilité et vulnérabilité du BV de Grand Lieu selon les 4 indicateurs définis par le PACCLB 2018	10
Tableau 2 : Estimation des besoins en eau potable en 2030 pour les intercommunalités de Grand Lieu et du Sud Retz Atlantique ...	26
Tableau 3. Récapitulatif des valeurs (en mm) et des écarts (en %) relatifs à la pluie pour les deux projections médiane (Aladin) et pessimiste (CCLM4)	50
Tableau 4. Récapitulatif des valeurs (en mm) et des écarts (en %) relatifs à l'ETP pour les deux projections médian (Aladin) et pessimiste (CCLM4)	53
Tableau 5 : Choix des stations de référence pour évaluer les débits futurs aux UH	73
Tableau 6 : débits caractéristiques 2050 par UH – Scénario médian	74
Tableau 7 : débits caractéristiques 2050 par UH – Scénario pessimiste	75
Tableau 8 : projections de population à horizons 2030 et 2050	98
Tableau 9 : volumes irrigation actuels (cf. volet U)	101
Tableau 10 : évolution des superficies cultivées sur le BV de Grand Lieu entre 2010 et 2020 (source RGA)	102
Tableau 11 : évolution des superficies cultivées dans les départements 44 et 85 entre 2010 et 2020 (source RGA)	103
Tableau 12 : besoins en volumes supplémentaires d'irrigation et productions associées (source base de données plans d'eau – SBVGL)	104
Tableau 13 : dynamique des filières végétales en région pays de la Loire (source Varenne de l'eau)	107
Tableau 14 : rappel des surfaces de PE par type et par UH	110
Tableau 15 : lames d'eau évaporées futures	111
Tableau 16 : pertes par évaporation future fourchette basse (m3)	111
Tableau 17 : pertes par évaporation future fourchette haute (m3)	111
Tableau 18 : synthèse des éléments de contexte et tendances	112
Tableau 19 : scénario tendanciel 2050	113
Tableau 20 : scénario adaptatif 2050	114
Tableau 21 : scénario tendanciel proposé lors de l'atelier du 17/10/2023 pour l'usage agricole	115
Tableau 22 : scénario adaptatif proposé lors de l'atelier du 17/10/2023 pour l'usage agricole	117

Liste des figures

Figure 1 : Evolution des températures dans les Pays de la Loire 1961-2021.....	13
Figure 2 : Evolution de l'humidité des sols	14
Figure 3 : Emprise des SCOT au niveau du bassin versant de Grand Lieu.....	24
Figure 4. Schéma des étapes de la descente d'échelle de la modélisation globale (GCM), à la régionale (RCM) jusqu'à l'échelle plus locale.....	33
Figure 5. Incertitudes totales moyenne sur le 21 ^{ème} siècle liées aux données de projections de précipitations (a) et de température (b).....	35
Figure 6 : maille sélectionnée pour caractériser le changement climatique sur le bassin de Grand Lieu	40
Figure 7 : Ecart de température et de pluviométrie entre trois périodes futures : Horizons H1, H2 et H3 et la période historique (1976-2005)	42
Figure 8 : Répartition des écarts de températures (T) par rapport aux écarts des précipitations (P) entre la période historique (1976-2005) par rapport à l'horizon moyen terme H2 (2041-2070) pour les scénarios RCP 2.6, 4.5 et 8.5 annuellement et sur la saison estivale (les scénarios choisis sont entourés).....	44
Figure 9 : Ecart de la température moyenne mensuelle (°C) entre la période historique (1976-2005) et la période future (2041-2070)	45
Figure 10 : Ecart du cumul pluviométrique mensuel (mm) entre la période historique (1976-2005) et la période future (2041-2070)	45
Figure 11 : Chroniques de température de 1951 à 2099 (tuile centrale du bassin versant).....	46
Figure 12 : Température moyenne mensuelle (°C) pour les périodes historique et future.....	47
Figure 13 : Chroniques de pluviométrie cumulée annuelle de 2005 à 2100 (tuile centrale du bassin versant)	48
Figure 14. Comparaison des évolutions des cumuls mensuels de pluies entre la période historique (1993-2022) et la période future (2036-2065) pour les scénarios médian et pessimiste	49
Figure 15 : Chroniques de l'ETP annuelle de 2005 à 2100 (tuile centrale du bassin versant).....	51
Figure 16 : Comparaison des évolutions de l'ETP entre la période historique (1993-2022) et la période future (2036-2065) pour les projections médiane et pessimiste	52
Figure 17 : Localisation des stations Explore2 sur le bassin versant de Grand Lieu	55
Figure 18 : La Boulogne à Saint-Philbert-de-Bouaine – Scénario médian.....	57
Figure 19 : La Boulogne à Saint-Philbert-de-Bouaine – Scénario pessimiste.....	58
Figure 20 : L'Issoire à Saint-Philbert de Bouaine – Scénario médian	61
Figure 21 : L'Issoire à Saint-Philbert de Bouaine – Scénario pessimiste	62
Figure 22 : La Logne à Saint Colomban – Scénario médian	65
Figure 23 : La Logne à Saint Colomban – Scénario pessimiste.....	66
Figure 24 : L'Ognon aux Sorinières – Scénario médian.....	69
Figure 25 : L'Ognon aux Sorinières – Scénario pessimiste.....	70
Figure 26 : Variations possibles du débit minimum moyen par UH.....	76
Figure 27 : Variations possibles du débit minimum quinquennal par UH	76
Figure 28 : Variation des débits moyens mensuels de l'UH01 sous les effets du changement climatique – scénarios médian et pessimiste	77
Figure 29 : Principe de « boîte à moustaches » (source : Luis Lampert).....	80

Figure 30 : Projection des recharges simulées selon le scénario RCP 4.5	81
Figure 31 : Variation de la recharge annuelle par rapport à la situation de référence simulée pour chaque modèle selon le scénario RCP 4.5	81
Figure 32 : Projection des recharges simulées selon le scénario RCP 8.5	82
Figure 33 : Variation de la recharge annuelle par rapport à la situation de référence simulée pour chaque modèle selon le scénario RCP 8.5	83
Figure 34 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2021-2050 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)	84
Figure 35 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2041-2070 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)	85
Figure 36 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2071-2100 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)	86
Figure 37 : Projection des recharges simulées selon le scénario RCP 4.5	87
Figure 38 : Variation de la recharge annuelle par rapport à la situation de référence simulée pour chaque modèle selon le scénario RCP 4.5	87
Figure 39 : Projection des recharges simulées selon le scénario RCP 8.5	88
Figure 40 : Variation de la recharge annuelle par rapport à la situation de référence simulée pour chaque modèle selon le scénario RCP 8.5	89
Figure 41 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2021-2050 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)	90
Figure 42 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2041-2070 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)	91
Figure 43 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2071-2100 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)	92
Figure 44 : Evolution de la population en France et en Vendée entre 1876 et 2019 (source : INSEE)	96
Figure 45 : Evolution de la population dans les 5 départements des Pays de la Loire	96
Figure 46 : Comparaison des prédictions de l'INSEE et du recensement de la population	97
Figure 47 : Taux d'évolution de la population de 2020 à 2050 reconstitué à l'échelle des SCOTs d'après les données SCOT et INSEE99	
Figure 48 : prélèvements irrigation BNPE 2010 2020 et tendance projetée en 2030 sur le BV de Grand Lieu	101
Figure 49 : évolution des superficies irriguées sur le BV de Grand Lieu entre 2010 et 2020 (source RGA)	102
Figure 50 : trajectoires des différents groupes pour l'usage agricole.....	120
Figure 51 : trajectoires volumes / usages retenues pour le scénario tendanciel	121
Figure 52 : trajectoires retenues pour le scénario adaptatif	121
Figure 38 : carte des sensibilités et vulnérabilités du PACCLB 2018.....	126

SIGLES

CERFACS : Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique

CMIP5 : Coupled Model Intercomparison Project

CNRM : Centre National de Recherches Météorologiques

CRESEB : Centre de ressources et d'expertise scientifique sur l'eau de Bretagne

DRIAS : Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés

GES : Gaz à Effet de Serre

GCM : General Climate Model

INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (laboratoire)

IPSL : Institut Pierre-Simon Laplace (laboratoire)

ADAMONT : méthode de correction de biais utilisée dans DRIAS ; c'est une consolidation de la méthode d'ajustement statistique dite « quantile-quantile » développée par Michel Déqué depuis le début des années 2000. Elle utilise l'approche quantile-quantile et prend en compte les types de temps pour l'ajustement de biais. (Verfaillie et al., 2017)¹

RCM : Régional Climate Model

RCP : Representative Concentration Pathway

SAFRAN : Système d'Analyse Fournissant des Renseignements Adaptés à la Nivologie (données climatiques sur un maillage 8 km x 8 km sur la France)

QMNA : débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A)

PACC-LB : Plan d'Adaptation au Changement Climatique pour le bassin Loire Bretagne

PCAET : Plan Climat Air Energie Territorial

SCOT : Schéma de COhérence Territoriale

¹ www.drias-climat.fr

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 » ainsi que les modélisations hydrologiques EXPLORE 2 sont utilisées. 2 scénarios contrastés sont sélectionnés pour évaluer les effets du changement climatique sur la ressource en eau.

Par ailleurs, une analyse des documents de cadrage du territoire (PCAET, SCOT) permet de définir des perspectives d'évolutions du territoire au regard du changement climatique, de l'évolution démographique et des besoins AEP, de l'évolution de l'aménagement des surfaces, et de l'évolution des activités économiques.

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 précitées,
- sur les besoins en eau des milieux.

Cette analyse est réalisée 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 CADRE SUR L'ADAPTATION DU TERRITOIRE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

2.1 Plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin Loire Bretagne (PACC-LB)

Un premier plan d'adaptation au changement climatique du bassin Loire Bretagne a été adopté en 2018. Il avait pour vocation d'aider à l'orientation des autres documents de planification et de programmation, à l'échelle du BV ou à l'échelle locale (1100 sous BV). Ce document posait des principes et objectifs, recensait les enjeux du territoire justifiant une action sur le périmètre Loire Bretagne, des leviers d'actions, des exemples d'actions. Il proposait une carte des sensibilités et vulnérabilités sur la base des simulations EXPLORE 2070 avec 4 indicateurs, repris dans le tableau ci-dessous et appliqués au BV de Grand Lieu.

Tableau 1 : sensibilité et vulnérabilité du BV de Grand Lieu selon les 4 indicateurs définis par le PACCLB 2018

Indicateur	Sensibilité	Vulnérabilité
Disponibilité en eau à l'été	5 sur 5	5 sur 5
Bilan hydrique des sols en fin d'été	4 sur 5	Vulnérabilité moyenne à élevée (3 à 5/5 selon les zones)
Biodiversité des milieux aquatiques	Des cours d'eau : 4/5 Des milieux potentiellement humides : 5/5	5 sur 5
Capacité d'autoépuration des milieux aquatiques	5 sur 5	5 sur 5

Il proposait un plan d'adaptation selon les 5 enjeux centraux du SDAGE 2016-2021 pour lesquels il pose les enjeux et principes, les leviers d'actions et exemples d'actions. Les cartes et le résumé du plan d'adaptation selon les 5 enjeux sont en annexe.

Les principes du PACCLB 2018 ont été repris dans les documents cadre du bassin versant Loire-Bretagne (SDAGE 2022-2027)

Le PACCLB a été révisé en 2023, comme prévu par les conclusions du Varenne agricole de l'eau (février 2022). Ce nouveau document :

- Présente les éléments nouveaux (état des connaissances) au moment de sa rédaction,
- Analyse et s'assure de la cohérence des documents de bassin quant au dérèglement climatique,
- Se pose comme étant le volet stratégique du plan de résilience voulu par les ministres de la transition écologique, de l'agriculture et de l'industrie (annonce 29/04/2022),
- Annonce la définition d'une stratégie d'atténuation et d'adaptation au dérèglement climatique.

2.1.1 Etat des connaissances

Le PACCLB 2023 propose un rappel sur le dernier rapport du GIEC, l'état du climat et des masses d'eau en France et dans le bassin Loire Bretagne. Les températures continueront d'augmenter. La tendance sur les cumuls de pluie est difficilement lisible, mais le risque de sécheresse augmentera du fait des températures, de l'évaporation, de la moins bonne recharge des nappes. Les débits vont baisser, le réchauffement de l'eau dégradera les indicateurs de qualité. Les écosystèmes aquatiques sont en dégradation (modification des habitats, espèces invasives, vulnérabilité des zones humides).

2.1.2 Cohérences des documents de bassin quant au dérèglement climatique

Les enjeux, principes et objectifs du PACC 2018 sont rappelés. C'est un plan de mobilisation autour de 5 thèmes (qualité, quantité, milieux aquatiques, inondation et submersion marine et gouvernance – cf. annexe). L'état des lieux 2019, le SDAGE 2022-2027 et le programme de mesures 2022-2027, le 11^{ème} programme d'intervention de l'AELB tiennent compte du PACCLB 2018. Le SDAGE 2022-2027 tient compte de l'étude « éclairer les dimensions sociales et économiques de la politique de l'eau » de l'AELB (2017-2018).

2.1.3 Plan de résilience, trajectoire de sobriété

Le rapport du PACCLB 2023 rappelle les éléments de contexte :

- L'étude HMUC est le cadre de la gestion quantitative définie par le SDAGE Loire Bretagne ;
- Le Plan Eau (2023) comprend 53 mesures et fixe une trajectoire de sobriété : baisse de 10% des prélèvements à horizon 2030. Il rappelle la nécessité d'établir des PACC dans chaque grand BV, demande à ce que chaque sous BV soit équipé d'une CLE et d'un projet politique à horizon 2027.

Ainsi, le plan eau et le SDAGE s'articulent et se consolident. L'AELB fait sienne la trajectoire de sobriété du plan eau : -10% en 2030 par rapport à l'année de référence 2019. Elle pose plusieurs principes de déclinaison territoriale de ces objectifs :

- Sobriété,
- Economies en périodes de basses eaux et de hautes eaux,
- Possibilité de varier autour des -10% en fonction des contextes locaux ; la nécessité d'aller plus loin, si les milieux aquatiques le demandent, dans les ZRE ou quand les usages ne sont pas optimisés,
- Une attention particulière doit être portée à la dégradation de la qualité des masses d'eau.

2.1.4 Stratégie d'atténuation et d'adaptation au dérèglement climatique

Le rapport du PACCLB 2023 propose de privilégier le terme de dérèglement climatique. Il rappelle la nécessité d'une vision globale et de politiques transversales : la préservation des masses d'eau ne doit pas faire perdre de vue l'atténuation du changement climatique.

Le rapport propose une analyse SWOT² **de la politique de l'eau actuelle.**

On relève dans les forces, la cohérence des documents et des politiques publiques, et dans les opportunités, la possibilité de créer des synergies avec d'autres politiques, d'autres objectifs.

² SWOT est l'acronyme des mots anglais strengths, weaknesses, opportunities et threats. Ce qui signifie en français **forces, faiblesses, opportunités et menaces.**

La faiblesse identifiée est de se focaliser sur la préservation des masses d'eau mais peu sur l'adaptation et l'atténuation du changement climatique, or, les deux sont liées. La menace en prolongation de cette faiblesse est le risque de perte de sens et de lisibilité des objectifs, des politiques et des financements en cherchant une intégration et une transversalité importante entre les enjeux de l'adaptation au dérèglement climatique.

Une **stratégie de bassin** est donc nécessaire pour une vision coordonnée quant au **dérèglement climatique**. Les objectifs de cette stratégie sont :

- La cohérence des documents de bassin (le constat est fait d'une prise en compte hétérogène du dérèglement climatique),
- Une vision globale et articulée avec les autres politiques,
- L'efficacité des actions,
- Intégrer l'adaptation et l'atténuation dans les réflexions.

La stratégie se construira notamment avec les derniers éléments à disposition :

- Les résultats du projet Explore 2,
- La démarche prospective Loire Bretagne 2050,
- L'étude HMUC Loire Allier.

La stratégie sera accompagnée d'un atlas de vulnérabilités permettant de prioriser les actions.

2.2 GIEC Pays de la Loire

Le GIEC des Pays de la Loire (Groupe Interdisciplinaire d'Experts sur le Climat) est une initiative régionale inspirée du GIEC international. Ce groupe réunit des experts locaux issus des secteurs académiques, économiques, sociaux et environnementaux, dans le but de fournir une expertise interdisciplinaire sur le changement climatique spécifiquement pour la région des Pays de la Loire. Ces experts travaillent ensemble pour étudier et analyser l'impact du changement climatique au niveau régional et fournir des recommandations sur les stratégies d'adaptation et d'atténuation.

2.2.1 Premier rapport, Juin 2022

Le premier rapport dresse un état des lieux des impacts du changement climatique sur la région, en détaillant les vulnérabilités de ses écosystèmes, de son économie et de ses ressources naturelles, notamment en eau. Les principaux enseignements du 1^{er} rapport du GIEC Pays de la Loire sont les suivants.

- **Paysages et Ressources Naturelles Affectés**

Le climat océanique des Pays de la Loire favorise des températures clémentes, peu de gel en hiver, des sécheresses rares et un régime de pluies propice à la croissance végétale. Ces caractéristiques soutiennent l'agriculture, le tourisme et la saliculture, qui façonnent l'identité régionale. Toutefois, la pression humaine et les changements climatiques menacent le patrimoine naturel, affaiblissant la biodiversité. Environ 40% des poissons, 30% des oiseaux et amphibiens, 24% de la flore, 21% des reptiles et 10% des mammifères sont menacés d'extinction.

- **Eau : Présence Abondante mais Dégradée**

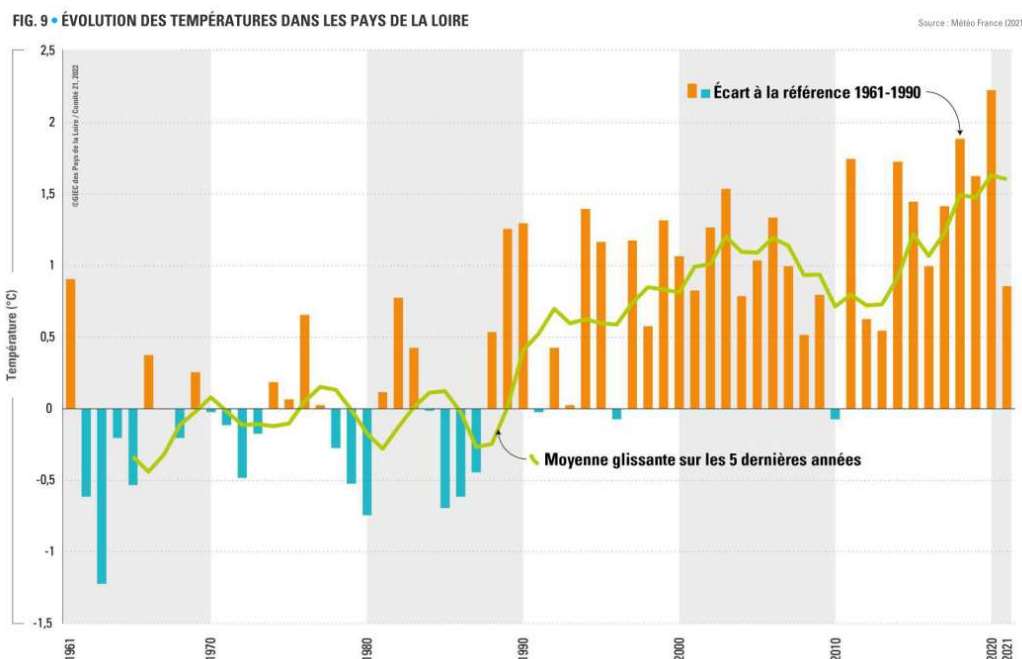
La région se classe au 4^e rang national pour la proportion de surfaces artificialisées, notamment en Loire-Atlantique, où 15% du territoire est urbanisé. L'eau est omniprésente, mais les ressources sont altérées. Seuls 11,3% des masses d'eau sont en bon état écologique, contre 44% au niveau national, et 86% risquent de ne pas répondre aux critères de qualité d'ici 2027. Les prélèvements d'eau pour les usages anthropiques ont augmenté de 16% entre 2012 et 2019. **À la fin du siècle, les débits de la Loire pourraient diminuer de 50 à 60%.**

- **Évolution des températures**

Depuis 1980, on observe une accélération de l'augmentation de température moyenne avec une élévation de 0,37 °C tous les dix ans. Dans les 30 prochaines années, l'élévation des températures sera comprise entre 1-1,15 °C et 2-2,5 °C supplémentaires en 2055 par rapport à la période 1976-2005, selon le scénario de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre.

La région des Pays de la Loire a enregistré autant de vagues de chaleur entre 2000 et 2020 que lors des cinq décennies précédentes. Afin d'illustrer ces propos, la figure ci-dessous représente l'évolution des températures dans les pays de la Loire de 1961 à 2021. Plus fréquentes, ces périodes seront aussi plus précoces dans l'année, plus longues et plus sévères.

Figure 1 : Evolution des températures dans les Pays de la Loire 1961-2021



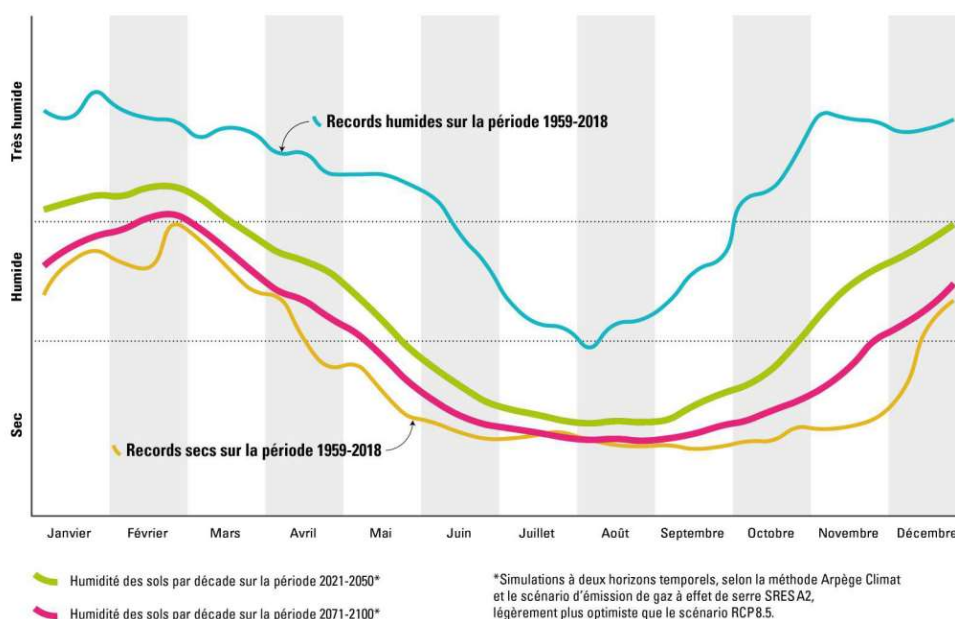
- **Des sécheresses plus fréquentes, plus intenses et plus longues**

Dans un scénario de réduction massive des émissions (RCP2.6), les Pays de la Loire seraient épargnés par des changements notables. En revanche, selon le scénario RCP8.5, les sécheresses hivernales pourraient diminuer d'un jour d'ici 2050, tandis que les sécheresses estivales augmenteraient de 4 jours. D'ici la fin du siècle, cette augmentation pourrait atteindre 10 jours, portant la durée des sécheresses estivales à 27 jours par an.

Figure 2 : Evolution de l'humidité des sols

FIG. 15 • ÉVOLUTION DE L'HUMIDITÉ DES SOLS

Source : Météo France (2016)



- **Une situation Hydrique Dégradée**

La disponibilité en eau douce se détériore, avec une réduction prévue de 10 à 55% d'ici 2070 selon les bassins versants. Le bassin de la Loire pourrait être parmi les plus touchés, avec une baisse des ressources entre 25 et 30% sur la moitié de sa superficie. Les sécheresses estivales pourraient s'allonger de 10 jours d'ici la fin du siècle, atteignant une durée annuelle de 27 jours.

A propos des précipitations, déterminantes pour l'humidité des sols et le réapprovisionnement des nappes, l'évolution de leur régime se révèle plus difficile à prévoir que celui des températures et impose de rester prudent en matière de prévisions. Toutefois, quelques tendances se dessinent sur le long terme avec à **l'horizon 2071-2100 : une intensification des précipitations et leur augmentation durant l'été ; une diminution de l'intensité des événements courants et leur baisse en hiver.**

Tous les scénarios prévoient une baisse sensible des ressources en eaux souterraines de la région, mais aussi une diminution des débits des rivières marquée en été et possible en hiver. C'est à la fin de l'été que la situation sera la plus critique, en période d'étiage, quand le débit des rivières atteint son plus bas niveau annuel.

À l'échelle de l'Hexagone, on estime que la ressource en eau reculera de 10% à 55% à l'horizon 2070, en fonction du niveau des émissions de GES, mais aussi des bassins versants. Celui de la Loire sera parmi les plus sévèrement touchés avec une réduction comprise entre 25% et 30% sur la moitié de sa superficie.

- **Défis Démographiques et Climatiques**

L'essor démographique, notamment par l'afflux de personnes âgées sur le littoral, amplifie le risque d'artificialisation des sols et expose davantage les habitations côtières à l'érosion et aux submersions. La population vieillissante est plus vulnérable aux événements climatiques tels que les canicules et les inondations.

- **Une Économie Exposée aux Risques Climatiques**

L'agriculture, la viticulture, l'élevage et l'industrie agroalimentaire, qui représentent un quart des emplois industriels, sont vulnérables aux variations de températures et précipitations. La région devra s'adapter aux effets des changements climatiques pour préserver ses activités économiques.

- **Tensions sur l'Eau Potable**

La majorité de l'eau potable est prélevée dans la Loire. Pour maintenir la qualité de l'eau potable, la température de l'eau ne doit pas dépasser 25°C mais depuis plusieurs années la limite est franchie en été.

Dans les prochaines décennies, la température du fleuve pourrait même atteindre ponctuellement 30°C pendant les mois les plus chauds de l'année. Les réseaux d'acheminement de l'eau potable sont conçus pour un débit minimum, s'il devient insuffisant, l'eau qui stagne dans les tuyaux soulève alors un enjeu d'insalubrité. Or, à la fin du siècle, **le débit de la Loire pourrait avoir baissé de 20% à 50% par rapport à la période 1971-2000, voire davantage à l'été.**

Les ressources en eau disponibles dans la région pourraient diminuer de 30 à 60% sur cette période, sans prendre en compte l'augmentation prévisible de la demande agricole et l'afflux touristique.

- **Une pression accrue sur les milieux et les espèces aquatiques**

Les conditions de vie des espèces aquatiques se dégradent, notamment dans l'estuaire de la Loire, où le réchauffement menace les poissons migrateurs tels que le saumon atlantique. Les bassins de la Loire aval et les fleuves côtiers vendéens sont particulièrement vulnérables aux effets du changement climatique.

Avec la baisse du débit de la Loire, la probabilité d'une augmentation de la salinité et d'un déplacement du bouchon vaseux dans la zone d'estuaire s'accroissent. Certaines fonctions écologiques de la zone telles que l'alimentation des poissons et des oiseaux hivernants seraient alors affectées.

2.2.2 Deuxième rapport, Avril 2023

Le deuxième rapport se concentre sur les actions à mettre en place pour atténuer ces impacts et les stratégies d'adaptation en proposant des solutions concrètes pour la résilience des territoires face au changement climatique. La nécessité de garantir l'approvisionnement en eau potable face aux impacts du changement climatique est mise en avant. Il est proposé notamment de sécuriser l'approvisionnement avec des mesures telles que l'amélioration des infrastructures, la diversification des sources d'eau, la réduction des pertes dans les réseaux et une gestion plus efficace de la demande.

2.3 SAGE Grand Lieu

Suite à révision, depuis le 17 avril 2015, date de la publication de l'arrêté préfectoral d'approbation, le SAGE Logne, Boulogne, Ognon et Grand Lieu 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.

Le document tient compte des adaptations au changement climatique sans donner de projection sur le niveau de la ressource.

2.4 Plan 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).

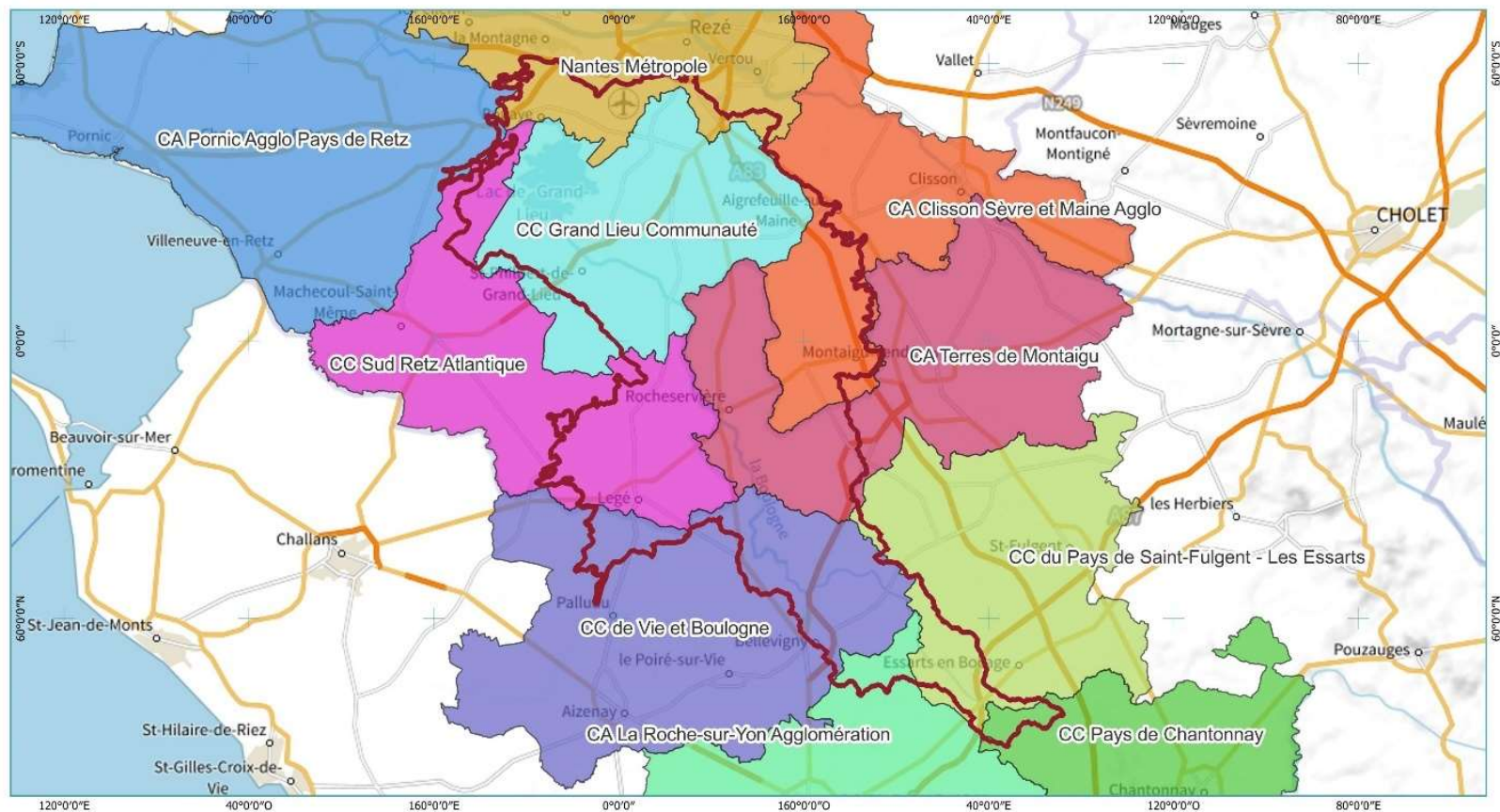
Les PCAET comprennent trois volets : état des lieux (connaissance du territoire), diagnostic (stratégie) et plan d'action.

Le territoire du SAGE Grand Lieu se situe pour partie sur 10 EPCI. Les paragraphes suivants résument les actions d'adaptation au changement climatique en lien avec la ressource ou les usages de l'eau sur les 5 territoires principaux du périmètre d'étude.

Sur le bassin versant de Grand Lieu, 5 PCAET sont principalement concernés :

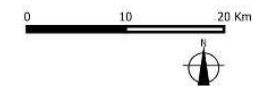
- PCAET Grand Lieu Communauté : partie nord du territoire (31 % du BV de Grand Lieu) ;
- PCAET Clisson Sèvre et Maine Agglo : partie nord-est du territoire (10% du BV de Grand Lieu).
- PCAET Sud Retz Atlantique : partie centre-ouest (15% du BV de Grand Lieu)
- PCAET Terres de Montaigu : partie centre-est du territoire (15% du BV de Grand Lieu)
- PCAET Vie et Boulogne : partie sud (14 % du BV de Grand Lieu)

Bassin de Grand Lieu Établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) sur le périmètre du SAGE



Légende

- | | | |
|--|--|---|
| BV_PerimetreDetude | CA Terres de Montaigu | CC Pays de Chantonay |
| CA Clisson Sèvre et Maine Agglo | CC de Vie et Boulogne | CC Sud Retz Atlantique |
| CA La Roche-sur-Yon Agglomération | CC du Pays de Saint-Fulgent - Les Essarts | Nantes Métropole |
| CA Pornic Agglo Pays de Retz | CC Grand Lieu Communauté | |



Sources : IGH@2013, Rives et Eaux du Sud Ouest
Réalisation : Rives et Eaux du Sud-Ouest
FH476 - Octobre 2024
Projection : RGF - Lambert 93

2.4.1 Grand Lieu Communauté, 2019

Source : <https://www.grandlieu.fr/vivre-et-habiter/plan-climat-air-energie>

Le PCAET de Grand Lieu Communauté a été adopté en juin 2019, pour une période de 6 ans, soit pour la période 2019 – 2025.

Le diagnostic met en évidence une raréfaction de la ressource pouvant conduire à une aggravation des conflits d'usage entre eau potable et utilisation pour l'agriculture, l'industrie et l'énergie.

Avec la baisse projetée des débits des rivières combinée à une augmentation des besoins en eau due à l'augmentation de la température, le Conseil économique et social environnemental régional (CESER) des Pays de la Loire (2016) envisage les incidences suivantes :

- Diminution de la disponibilité de la ressource en eau de 30% à 60% à l'horizon 2050,
- Diminution de la recharge des eaux souterraines de 30%,
- Altération probable de la qualité sanitaire des eaux superficielles par l'augmentation de la concentration en polluants dans les cours d'eau (nitrates et autres matières azotées, phosphorées, organiques et oxydables),
- Efficacité réduite des barrages-réservoirs par la forte évaporation qui affecterait les plans d'eau,
- Risque de salinisation croissante des ressources en eau douce littorale destinées à la consommation humaine.

Le rapport cité ne prend toutefois pas en compte l'évolution de la population touristique attirée par des températures moins élevées que dans le Sud de la France, ainsi que l'augmentation des prélèvements du secteur agricole, compte-tenu des épisodes de sécheresses de plus en plus fréquents et intenses.

La Loire présenterait également la plus forte baisse des débits d'étiages au monde avec une diminution statistiquement significative de 53% à l'horizon 2071-2100 par rapport à la période 1971-2000 (article de Van Vliet et al., (2011)).

Aucune installation hydroélectrique n'est recensée sur le territoire et le potentiel de production d'hydroélectricité est de 0 MWh/an.

Le plan d'action comprend 4 axes stratégiques dont l'axe 3 « Vers un territoire préservé et résilient » concerne la ressource en eau. Cet axe prévoit notamment la mise en place d'une gestion durable et responsable des ressources naturelles au travers d'actions de préservation de la ressource en eau et d'une responsabilisation des usagers sur leur consommation en eau.

2.4.2 Clisson Sèvre et Maine Agglo, 2020

Source : <https://environnement.clissonsevremaine.fr/climat-et-energie/le-plan-climat-air-energie-territorial>

Le PCAET de Clisson Sèvre et Maine Agglo a été adopté en mars 2020, pour une période de 6 ans, soit pour la période 2020 – 2026.

Le diagnostic dressé est équivalent à celui de Grand Lieu Communauté.

Sur ce territoire, aucune installation hydroélectrique n'est recensée et le potentiel de développement reste faible.

Le plan d'action comprend 7 axes stratégiques dont 3 concernent la ressource en eau :

- L'Axe 2 « Engager l'intercommunalité et les communes dans une démarche d'exemplarité » avec pour objectif de préserver la ressource en eau et la biodiversité au travers de l'Action 1 visant à préserver la ressource et réduire la consommation en eau potable.
- L'Axe 6 « Favoriser le développement de la production et de la consommation des énergies renouvelables » avec une action visant à développer l'énergie hydraulique sur le territoire, notamment au travers d'une étude de potentiel hydraulique à l'échelle du territoire.
- L'Axe 7 « Atténuer la vulnérabilité et adapter le territoire au changement climatique » prévoit notamment :
 - Une Action 1 « Mettre en place une politique globale de gestion de la quantité d'eau » avec la réalisation d'un diagnostic de consommations et d'usage.
 - Une Action 2 « Encourager la récupération d'eau de pluie par les habitants »
 - Une Action 3 « Favoriser l'infiltration de l'eau » visant à favoriser les revêtements perméables, limiter l'imperméabilisation des sols.

2.4.3 Sud Retz Atlantique, 2019

Source : <https://www.sud-retz-atlantique.fr/consultation-plan-climat-air-energie-territorial-pcaet/>

Le PCAET de Sud Retz Atlantique a été adopté en décembre 2019, pour une période de 6 ans, soit pour la période 2019 - 2025.

Le diagnostic dressé est équivalent à celui de Grand Lieu Communauté et de Clisson Sèvre et Maine Agglo.

Sur ce territoire, aucune installation hydroélectrique n'est recensée et le territoire ne présente pas de potentiel facilement mobilisable.

Le plan d'action comprend 4 axes stratégiques dont l'axe 3 « Vers un territoire préservé et résilient » concernant la ressource en eau. Cet axe prévoit notamment les objectifs suivants :

- 3.2.1 Accompagner les agriculteurs vers l'adoption de pratiques agricoles adaptées au changement climatique et vers une meilleure gestion de la ressource en eau
- 3.2.2 Etudier et favoriser la gestion du ruissellement

- 3.2.3 Préserver et renforcer nos espaces naturels (prairies, zones humides, haies...)
- 3.2.4 Sensibiliser la population à la consommation d'eau

2.4.4 Terres de Montaigu, 2021

Source : <https://www.terresdemontaigu.fr/projet/plan-climat-terres-enairgie/>

Le PCAET de Terres de Montaigu a été adopté en mars 2021, pour une période de 6 ans, soit pour la période 2021 – 2027.

Le diagnostic identifie les problématiques suivantes (Source : schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) 2014 :

- Baisse des écoulements de surface et du niveau des nappes,
- Amplification des tensions existantes entre les usages (eau potable, irrigation agricole, refroidissements des process),
- Dégradation de la qualité des eaux,
- Perturbation des écosystèmes aquatiques ou dépendants de la ressource en eau

Les projections climatiques sur le bassin Loire-Bretagne sont les suivantes :

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

La filière hydroélectrique présente un potentiel de production de 3 GWh sur le territoire (14 installations), pour une puissance installée potentielle de 0,8 MW.

Le plan d'action comprend 4 axes stratégiques dont l'axe 4 « Un territoire qui s'adapte face au changement climatique et qui préserve ses ressources » concernant la ressource en eau. Cet axe prévoit notamment l'orientation 4.1 « Préserver la ressource en eau » et se déploie au travers des 2 actions suivantes :

- Action 25 : Agir sur la qualité de l'eau dans le milieu naturel,
- Action 26 : Limiter la consommation en eau.

2.4.5 Vie et Boulogne, 2021

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

Le PCAET de Vie et Boulogne a été adopté en juillet 2021, pour une période de 6 ans, soit pour la période 2021 – 2027.

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

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 3 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

2.4.6 Synthèse des PCAET sur le périmètre Grand Lieu

	Période	Projections	Actions envisagées
Grand Lieu Communauté	2019- 2025		• Actions de préservation de la ressource • Responsabilisation des usagers sur leur consommation
Clisson Sèvre et Maine Agglo	2020- 2026	• Aggravation des conflits d'usage • Diminution de la disponibilité de la ressource en eau de 30% à 60% à l'horizon 2050, • Diminution de la recharge des eaux souterraines de 30%, • Altération probable de la qualité sanitaire des eaux superficielles par l'augmentation de la concentration en polluants dans les cours d'eau	• Préserver la ressource et réduire la consommation en eau potable • Réaliser une étude de potentiel hydraulique à l'échelle du territoire • Mettre en place une politique globale de gestion de la quantité d'eau » • Encourager la récupération d'eau de pluie par les habitants • Favoriser l'infiltration de l'eau
Sud Retz Atlantique	2019 - 2025	• Efficacité réduite des barrages-réservoirs par la forte évaporation qui affecterait les plans d'eau, • Risque de salinisation croissante des ressources en eau douce littorale destinées à la consommation humaine	• Accompagner les agriculteurs vers l'adoption de pratiques agricoles adaptées au changement climatique et vers une meilleure gestion de la ressource en eau • Etudier et favoriser la gestion du ruissellement • Préserver et renforcer les espaces naturels • Sensibiliser la population à la consommation d'eau.
Terres de Montaigu	2021- 2027	• Amplification des tensions existantes entre les usages • Dégradation de la qualité des eaux, • Perturbation des écosystèmes aquatiques • Des précipitations probablement en baisse l'été • Hausse des précipitations hivernales est plus incertaine • Baisse des débits annuels des cours d'eau du bassin de la Loire de 10 à 40 % d'ici 2070 par rapport à la période de référence 1976-2005, avec une baisse encore plus marquée à l'étiage dans certains secteurs • Baisse de la recharge des aquifères ;	• Agir sur la qualité de l'eau dans le milieu naturel, • Limiter la consommation en eau.
Vie et Boulogne	2021- 2027	X	• Optimiser et réduire les besoins en eau, adapter les systèmes de production agricole • Protéger les cours d'eau et les ZH • Inciter à la réduction de la consommation en eau des particuliers

2.5 Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT)

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 notamment des objectifs de croissance de la population, des besoins en eau potable et de la consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers à moyen terme (10-15 ans).

Qu'est-ce qu'un SCOT ? En vidéo :

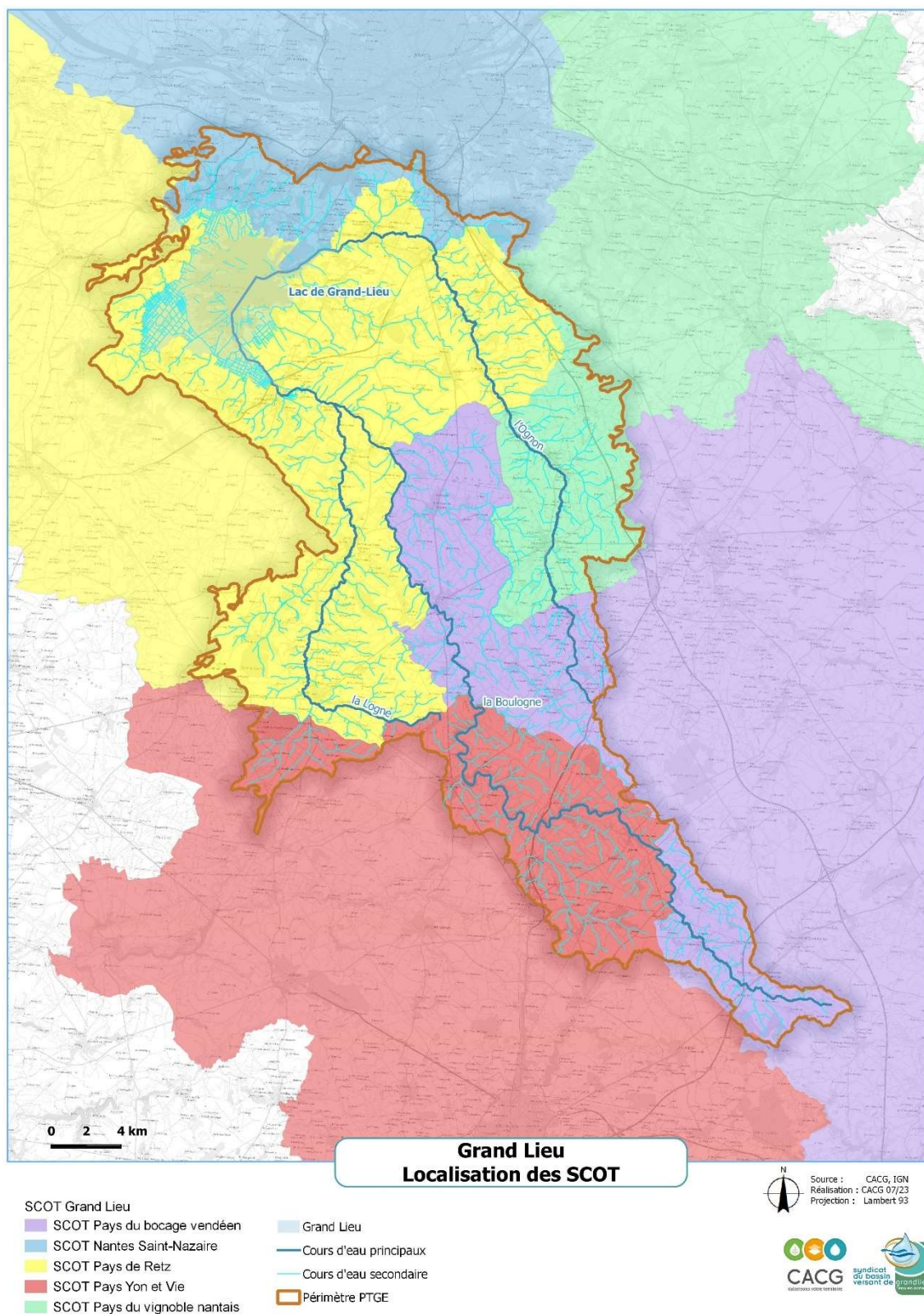
https://youtu.be/UrEz-xBvFI?list=PLJj_4ZeazXO750u6BoJfjkZ7Z-7FEQa

Sur le bassin versant de Grand Lieu, 5 SCOT sont concernés :

- SCOT Pays de Retz : partie nord-ouest du territoire (47 % du BV de Grand Lieu) ;
- SCOT Pays du bocage vendéen : partie est du territoire (20 % du BV de Grand Lieu) ;
- SCOT Pays Yon et Vie : partie sud-est du territoire (16 % du BV de Grand Lieu) ;
- SCOT vignoble nantais : partie nord-est du territoire (10 % du BV de Grand Lieu) ;
- SCOT Nantes Saint-Nazaire : partie nord du territoire (7 % du BV de Grand Lieu).

La carte ci-dessous permet de les localiser.

Figure 3 : Emprise des SCOT au niveau du bassin versant de Grand Lieu



2.5.1 SCOT du pays de Retz, 2013

Source : <https://petr-paysderetz.fr/les-documents-du-scot/>

Le SCOT du Pays de Retz a été approuvé le 28 juin 2013 et est actuellement en révision (depuis le 29 juin 2021). Il s'étend sur une partie du bassin versant d'étude, principalement au niveau des intercommunalités Grand Lieu communauté (qui représente 31% de la surface du bassin versant de Grand Lieu) et Sud Retz Atlantique³ (qui représente 15% du bassin versant de Grand Lieu).

2.5.1.1 Evolution démographique

Sur les 40 dernières années, l'urbanisation sur le territoire du SCOT a été concentrée au niveau du littoral.

En 2009, la population sur le territoire du SCOT est évaluée à 139 550 personnes.

A l'horizon 2030 et selon les projections de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) et de l'Agence d'Urbanisme de la Région Nantaise (AURAN), une hausse de la démographie est à prévoir de +42 200 habitants (croissance de 1,3 %/an - fourchette basse) à +56 500 habitants (croissance de 1,6 %/an - fourchette haute) sur l'ensemble du territoire (répartition de la population supplémentaire par collectivité non précisée).

Ce document évalue le nombre de constructions à prévoir pour chaque communauté de communes pour loger les nouveaux ménages (évaluation qui tient compte de la baisse projetée de la taille moyenne des ménages, de la part des résidences secondaires, ainsi que du renouvellement du parc de logements).

A partir des valeurs renseignées dans le SCOT, nous pouvons évaluer **un ordre de grandeur** de l'augmentation de la population pour les intercommunalités de Grand Lieu communauté et de Sud Retz Atlantique. Les résultats sont présentés en annexe.

On retiendra dans la suite de l'étude un taux moyen de 1,3 %/an pour les collectivités de Grand Lieu communauté et Sud Retz Atlantique.

2.5.1.2 Evolution des besoins AEP

Pour les besoins en eau potable, le SCOT analyse l'évolution à la hausse des besoins observés entre 1999 et 2007. Cette tendance est conservée pour les années suivantes jusqu'en 2030 (détails du calcul non précisés).

Les valeurs retenues dans le SCOT sont les suivantes :

³ anciennement la communauté de communes Sud Retz Atlantique était constituée des communautés de communes de la Région de Machecoul et Loire-Atlantique méridionale.

Tableau 2 : Estimation des besoins en eau potable en 2030 pour les intercommunalités de Grand Lieu et du Sud Retz Atlantique

Collectivité	SIAEP Pays de Retz – Sud Loire	SIAEP région de Grand-Lieu*
Population 1999	30 477	35 596
Population 2007	38 443	43 060
Population 2030	74 946	74 432
Consommation domestique	2 845 987	2 695 727
Consommation non domestique	264 381	832 712
Consommation totale	3 110 368	3 528 439
Rendement technique	72,90 %	74,80 %
Besoins 2030 (m³)	3 953 616	4 417 605

* Ratios extrapolés sur les communes du SIAEP (Syndicat Intercommunal d'Approvisionnement en Eau Potable) incluses dans le SCOT

2.5.1.3 Evolution de la perte de surface naturelle, agricole et forestière

L'analyse des documents d'urbanisme et des campagnes de photographies aériennes sur 2003-2013 permet d'évaluer la perte d'espace agricole moyenne à 163 ha/an sur le Pays de Retz mais avec des disparités importantes (46 ha/an sur la CC de Pornic ; 5,4 ha/an sur la CC Loire-Atlantique aujourd'hui intégrée à la CC Sud Retz Atlantique).

Face à ce constat, le SCOT a pour objectif (non chiffré) de diminuer la pression urbaine en maîtrisant son développement et en limitant de manière très significative la consommation de l'espace agricole par l'urbanisation.

2.5.1.4 Evolution des activités économiques

Le territoire est caractérisé par une économie diversifiée avec :

- Une agriculture dynamique (maraîchage, floriculture, élevage en progression ; production de lait et de vignes en baisse) ;
- Une industrie qui s'est développée sur des secteurs traditionnels (agroalimentaires) et plus récemment sur le secteur de la construction (charpente métallique, menuiserie, fermeture, cabines de douches, ...) ;
- Une économie « présentielle » en développement (augmentation du nombre d'habitants, développement des résidences secondaires et des déplacements touristiques, ...) ;
- Un secteur tertiaire au-dessus de la moyenne départementale.

Le Pays de Retz souhaite développer et équilibrer l'emploi sur le territoire notamment en développant le littoral et en favorisant le **tourisme intérieur** (lac de Grand-Lieu, marais Breton, ...) :

- avec des aménagements pour un tourisme itinérant et les équipements liés. Dans ce cadre, le SCOT est en faveur d'une liaison cyclable « grand itinéraire » reliant les itinéraires « Loire à vélo » et « Vélo Océan » en passant par Grand-Lieu ;
- en s'appuyant sur la clientèle urbaine des agglomérations de Nantes et Saint-Nazaire ;

- en développant les différentes formes d'hébergements touristiques (gîtes, chambres d'hôtes) en lien avec le monde agricole.

2.5.2 SCOT DU PAYS DU BOCAGE VENDEEN, 2017

Source : <https://www.scotpaysbocagevendéen.com/telechargement>

Le SCOT du Pays du bocage vendéen a été approuvé le 22 juillet 2017. Il s'étend sur une partie du bassin versant de Grand Lieu, principalement au niveau de la communauté d'Agglomération Terres de Montaigu (qui représente environ 15% du bassin versant de Grand Lieu) et de la communauté de communes du Pays de Saint-Fulgent-Les Essarts (qui représente environ 4% du bassin versant de Grand Lieu).

2.5.2.1 Evolution de la démographie

La dynamique démographique retenue est de 1,34 % entre 2015 et 2030. Cela correspond à 30 000 à 35 000 personnes supplémentaires sur le territoire du SCOT (la population totale en 2030 serait alors de 210 000 et 215 000 personnes). Le détail de l'évolution démographique par intercommunalité n'est pas précisé.

Cependant, le SCOT précise les résultats des projections démographiques de l'INSEE publiées en 2011 et réalisées à partir du modèle OMPHALE (Outil Méthodologique de Projection d'Habitants, d'Actifs, de Logements et d'Élèves) sur le secteur. Selon ce modèle, **la zone de Montaigu** (c'est-à-dire les anciennes intercommunalités de Montaigu, Rocheservière et Saint-Fulgent) connaîtra une croissance forte de la population de 1,4 %/an entre 2007 et 2040. La population passerait alors de 59 000 personnes en 2007 à 92 000 personnes en 2040 sur cette zone.

2.5.2.2 Evolution des besoins AEP

Le PADD considère que la consommation par habitant en eau potable restera inchangée entre aujourd'hui et 2030. La consommation d'eau potable atteindrait alors 10 à 10,2 Mm³ (détail du calcul non précisé). La capacité actuelle des 4 retenues sur le périmètre du SCOT étant de 18 Mm³, le PADD précise que ces besoins en eau supplémentaires devraient être largement couverts sur ce secteur.

2.5.2.3 Evolution de la perte de surface naturelle, agricole et forestière

L'artificialisation des sols est de 160 ha/an sur la période 2000 à 2010 sans préciser les secteurs les plus concernés.

Afin de maîtriser la consommation foncière, le projet de développement prévu sur le territoire du SCOT pour 2030 ne nécessiterait plus que 80 ha/an de surfaces artificialisées supplémentaires.

2.5.2.4 Evolution des activités économiques

Le territoire est caractérisé par une dominante rurale avec du bocage, une campagne habitée et un tissu de « petits » pôles formant un modèle « d'usine à la campagne ».

Pour pérenniser la compétitivité du territoire, les secteurs d'activités sont valorisés :

- Avec une coordination du maillage des parcs d'activités économiques, une articulation de l'offre de grand commerce avec le commerce de centre-ville, des investissements immatériels (numérique, entrepreneuriat, innovation, de la formation supérieure et continue, de l'apprentissage...),
- En confortant la place de l'agriculture (préservation de l'espace agricole au regard des besoins de développement du territoire, mise en place d'actions inscrites dans les champs de l'énergie, de l'alimentation, et du tourisme rural) ;
- En développant le tourisme autour de plusieurs thèmes comme l'environnement, l'histoire et la culture en mettant en avant le tourisme rural, les activités de nature, le tourisme vert (promenades) mais aussi la tranquillité du secteur.

In fine, le scénario d'aménagement souhaité par les élus est un compromis entre la préservation d'un maillage rural et la consolidation de pôles urbains.

2.5.3 SCOT DU PAYS D'YON ET DE VIE, 2020

Source : <http://www.paysyonetvie.fr/le-pays-yon-vie/ses-initiatives/l-amenagement-du-territoire/le-scot-approuve-en-2020/>

Le SCOT du Pays d'Yon et de Vie a été approuvé en février 2020. Il s'étend sur une partie du bassin versant de Grand Lieu, principalement au niveau de la communauté de communes de Vie et Boulogne (qui représente environ 14% du bassin versant de Grand Lieu).

2.5.3.1 Evolution de la démographie

Le SCOT précise que selon les projections Omphale (INSEE) et de l'AURAN, les taux de croissance moyens annuels entre 2013 et 2030 sont compris entre 1,1 et 1,3 %. Cela correspond à entre 24 260 et 29 430 personnes supplémentaires sur le territoire du SCOT (la population totale passerait de 138 400 personnes en 2013 à 210 000-215 000 personnes en 2030). Le détail de l'évolution démographique par intercommunalité n'est pas précisé.

2.5.3.2 Evolution des besoins AEP

Concernant la consommation d'eau potable, la consommation moyenne est de 44,3 m³ par habitant et par an, soit 121,3 litres par habitant et par jour. Elle est très inférieure à la moyenne départementale. La projection des besoins à 2030 n'est pas précisée.

2.5.3.3 Evolution de la perte de surface naturelle, agricole et forestière

Suite au Plan biodiversité (juillet 2018), un observatoire sur le phénomène d'artificialisation des sols a été mis en place. Dans ce cadre et sur la base de fichiers fonciers, le SCOT précise les espaces artificialisés au niveau des espaces NAF « Naturel, Agricole et Forestier » entre 2009 et 2001-2013 sur chaque commune.

Sur la période 2009-2017, la consommation d'espaces par l'urbanisation est en moyenne de 132,23 ha/an sur le territoire du SCOT. Cette même analyse a été réalisée sur la période 2001-2013 et montre que ce taux est de 131 ha/an dont 55,8 ha/an sur la CC Vie et Boulogne.

L'objectif du SCOT pour 2030 est de réduire la consommation d'espaces pour les espaces résidentiels et mixtes et les espaces dédiés aux activités de 50% par rapport à la période 2001-2013 (soit un taux de 27,9 ha/an sur la CC Vie et Boulogne).

2.5.3.4 Evolution des activités économiques

L'analyse suivante est portée au niveau de la CC de Vie et Boulogne à partir de l'analyse du SCOT et du PLUI-H (Plan Local d'Urbanisme Intercommunal et Habitat)

Sur ce territoire, le bocage est marqué par un mitage important par un certain nombre d'entreprises et d'activités liées à la qualité des sites et des paysages (gîte, circuit de motocross, camping de plein air, ...).

De manière générale, le développement économique est structuré autour de trois grands axes routiers :

- L'axe La Roche / Nantes : axe de développement principal ;
- L'axe Challans / Montaigu : axe en devenir ;
- L'axe La Roche / Challans : axe de développement majeur à mettre en perspective de l'aménagement de la 2*2 voies.

Face à cette situation, le SCOT souhaite notamment développer le tourisme de passage et rétro-littoral.

2.5.4 SCOT VIGNOBLE NANTAIS, 2015

Source : <https://www.vignoble-nantais.eu/scot/les-documents-du-scot>

Le SCOT du vignoble nantais a été approuvé en juin 2015. Il s'étend sur une partie du bassin versant de Grand Lieu, principalement au niveau de la Communauté d'Agglomération Clisson Sèvre et Maine Agglomération (anciennement communauté de communes de Sèvre, Maine et Goulaine et communauté de communes de la vallée de Clisson). Pour rappel, 10% du BV de Grand Lieu est inclus dans cette collectivité.

2.5.4.1 Evolution de la démographie

Le SCOT retient une dynamique démographique de 1,7 %/an sur la période 2010-2025 sans préciser les secteurs les plus concernés par cette hausse. La population passerait alors de 94 600 en 2010 à 123 000 (+28 400 personnes).

2.5.4.2 Evolution des besoins AEP

Le SCOT ne précise pas les projections d'évolution chiffrées des besoins en eau potable. Le secteur étant principalement alimenté par l'usine de production de Basse Goulaine, il est prévu de moderniser et d'agrandir l'usine pour satisfaire les besoins des nouvelles populations sur les 10 à 20 ans à venir.

2.5.4.3 Evolution de la perte de surface naturelle, agricole et forestière

Sur la période 2013-2025, la consommation d'espaces nécessaires à l'urbanisation future est évaluée à 760 ha (soit 63 ha/an en moyenne) au niveau d'espaces agricoles ou naturels sans intérêt majeur.

Aucune baisse chiffrée de l'artificialisation des sols pour 2025 n'est mentionnée.

2.5.4.4 Evolution des activités économiques

Actuellement, l'activité économique majeure du territoire est l'agriculture. Ce secteur est en perpétuelle mutation (viticulture, élevage, maraîchage...) et porte une forte marge d'indétermination notamment dans le cadre de la réforme des aides de la PAC. Le SCOT souhaite ainsi maintenir le bocage qui est propice aux élevages de lait et de viande.

Le Pays du Vignoble Nantais souhaite poursuivre sa politique touristique notamment :

- En capitalisant sur la « destination nantaise » et son riche passé historique ;
- Renforçant la filière touristique viticole (la route des vins à travers les départements de Loire-Atlantique, du Maine-et-Loire, de la Vendée...) ;
- Développant un tourisme vert basé sur les vallées et rivières selon une dynamique Est-Ouest, porteuse de connexions avec les territoires voisins ;
- En mettant en place des pistes cyclables, des chemins de randonnée.

2.5.5 SCOT NANTES SAINT-NAZAIRE, 2016

Source : <https://www.nantessaintnazaire.fr/schema-de-coherence-territoriale-scot/>

Le SCOT Nantes Saint-Nazaire a été approuvé en décembre 2016. Il s'étend sur une partie du bassin versant de Grand Lieu, principalement au niveau de la partie sud de Nantes Métropole (7% du BV de Grand Lieu).

2.5.5.1 Evolution de la démographie

Les projections démographiques de l'INSEE et de l'AURAN (outil OMPHALE) concluent à une augmentation de la population de 11 à 14 % entre 2012 et 2030 (soit une hausse de 0,6-0,8 %/an). La population des 6 EPCI passerait alors de 830 086 habitants en 2012 à 920 000 – 950 000 habitants en 2030. Le détail du calcul par collectivité n'est pas précisé.

Cependant, on dispose d'une carte de la consommation d'espaces pour l'urbanisation et le renouvellement urbain dans le tissu urbain résidentiel et mixte sur la période 1999-2012 sur le territoire du SCOT (voir annexe). On constate que cette consommation d'espaces a été importante au sud de la Métropole Nantaise (soit le nord du BV de Grand Lieu).

On peut supposer que le sud de la métropole continuera à s'urbaniser de manière importante à l'horizon 2030 afin d'accueillir l'augmentation de la démographie. La hausse de 0,6-0,8 %/an entre 2012 et 2030 semble pertinente dans le cadre de l'évolution de la population sur la partie nord du bassin versant de Grand Lieu.

2.5.5.2 Evolution des besoins AEP

La métropole de Nantes est particulièrement sensible aux enjeux de sécurisation de l'alimentation en eau potable. Afin de préciser les besoins futurs en eau potable liés au développement urbain tel que prévu dans le SCOT, une étude prospective plus locale a été réalisée. Cette étude conclut que les besoins supplémentaires en eau potable s'élèvent à environ 6 millions de m³/an à l'horizon 2030. Cette même étude démontre que l'usine de la Roche peut prendre en charge les nouveaux besoins de l'agglomération.

2.5.5.3 Evolution de la perte de surface naturelle, agricole et forestière

Sur la période 1999-2012, la consommation d'espaces en extension du tissu urbain au niveau du périmètre de Nantes Métropole était de 134,2 ha/an (dont 95,6 ha/an pour les habitats et mixte et 68,6 ha/an pour les sites d'activités et spécialisés).

Face à ce constat, un objectif de réduction de la consommation d'espaces agricoles, naturels et forestiers de 50% d'ici 2030 a été défini au niveau de Nantes Métropole (soit une consommation d'espace réduite à 67,1 ha/an).

2.5.5.4 Evolution des activités économiques

Pour le secteur primaire (agriculture), on constate que le nombre d'exploitants est en baisse avec un vieillissement des agriculteurs. Les modes de production sont variés : vigne au sud et sud-est, maraîchage à l'est dans le Val de Loire et polyélevage notamment bovins viande et lait à l'ouest, dans l'estuaire et au nord du territoire.

Pour le secteur secondaire, le territoire Nantes Saint-Nazaire s'appuie sur un socle industriel majeur avec plusieurs filières dynamiques à savoir :

- L'aéronautique : pôles d'Airbus répartis sur deux sites à Nantes et Saint-Nazaire, Néopolis cluster industriel regroupant 145 entreprises...
- Le nautisme et la construction navale. Nantes Saint-Nazaire constitue le 1^{er} pôle de construction navale en France : STX Europe, DCNS, Kent Marine, Bénéteau...
- L'agroalimentaire : Marché d'Intérêt National, United Biscuits (BN), Kraft Foods (LU), Tipiak...
- Les matériaux et la mécanique : DNCS Research, Sercel, Europe Technologie, Wirquin Plastiques...

Pour le secteur tertiaire, le territoire Nantes Saint-Nazaire a connu une forte croissance et se structure autour de plusieurs filières dynamiques :

- Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) : Sopra-Steria, Capgemini, Sodi-france...
- La logistique et les transports avec une offre multimodale (maritime, fluviale, aérienne, ferroviaire) et de grandes infrastructures (Grand Port maritime de Nantes Saint-Nazaire, Aéroport Nantes-Atlantique) : Air France, Géodis-Calberson, DHL, TNT, Sernam...
- La santé et les biotechnologies : Biofortis, Eurofins Scientific Analytics, Vivalis...
- Les services financiers.

Dans ce cadre, Nantes Saint-Nazaire souhaite développer un tourisme rétro-littoral en lien avec la pratique de nouvelles activités de loisirs : cyclotourisme, circuits de randonnées... Par exemple :

- Les itinéraires aménagés de la Loire à vélo attirent ainsi chaque année près de 800 000 cyclistes dont près de 1/3 d'étrangers ;
- La maison du Lac de Grand Lieu à Bouaye participe également à la découverte d'une des plus grandes zones humides d'Europe reconnue pour sa richesse écologique : le Lac de Grand Lieu (2^{ème} réserve ornithologique de France après la Camargue).

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

3.1 Méthodologie globale

3.1.1 Définitions

Avant de rentrer plus en détails dans la description de ce jeu de données et dans la méthodologie de l'étude, plusieurs définitions sont données pour mieux appréhender ce qu'est la modélisation climatique. Les définitions suivantes ont été adaptées du rapport réalisé par Météo France intitulé « les nouvelles projections climatiques de référence DRIAS 2020 pour la métropole » (2021).

La modélisation en physique est une représentation simplifiée d'un système ou d'un phénomène physique permettant de reproduire son fonctionnement, de l'analyser, de l'expliquer et d'en prédire certains aspects. La connaissance de l'évolution du système s'appuie sur des lois de la physique.

Un modèle climatique se définit par un programme informatique qui résout à l'aide d'ordinateurs puissants un ensemble complexe d'équations qui décrivent le comportement du système climatique, composé de l'atmosphère, les surfaces continentales, l'océan, les aérosols, la glace de mer, la végétation, les rivières, ... en réponse à des forçages externes qui lui sont imposés.

Les forçages climatiques sont des perturbations d'origine extérieure au système climatique qui impactent son bilan radiatif : différence entre l'énergie reçue par le soleil et l'énergie rayonnée par la Terre vers l'espace. Les forçages sont de deux types : naturels (variations du rayonnement solaire, aérosols désertiques ou éruptions volcaniques) ou anthropiques (émissions de gaz à effet de serre liées aux activités humaines).

Ces gaz à effet de serre (GES), sont des composants gazeux qui se singularisent par leur capacité à absorber puis à réémettre l'énergie rayonnée par la surface terrestre.

Modéliser le climat futur implique donc de faire des hypothèses sur l'évolution des émissions de GES (et aussi d'aérosols) ainsi que l'évolution de l'usage des sols au cours des prochaines décennies. Cette évolution dépend d'un ensemble de facteurs importants tels que la croissance démographique, le développement socio-économique, les évolutions technologiques et les choix politiques futurs. Prédire avec précision ce forçage anthropique est impossible, c'est pourquoi les climatologues utilisent une gamme de scénarios dont chacun correspond à une représentation plausible du comportement à venir des sociétés humaines. Ces scénarios sont décrits dans les rapports du GIEC.

Ces scénarios, appelés RCP pour « Representative Concentration Pathway » sont utilisés en entrée des modèles globaux comme forçage externe.

3.1.2 Données disponibles

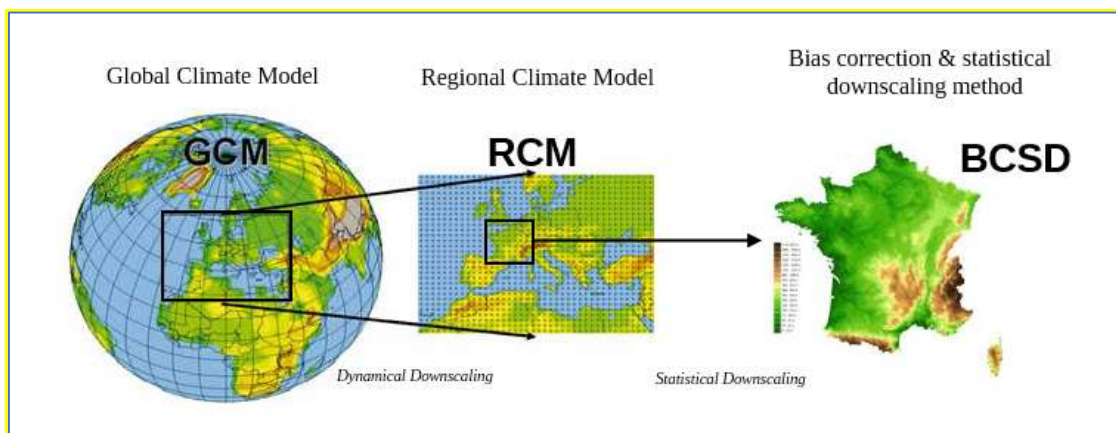
3.1.2.1 DRIAS 2020

Le jeu de données DRIAS 2020, 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 études⁴.

Les simulations sont réalisées à partir de modèles de climat régionaux (RCM pour Régional 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.

Trente simulations régionalisées issues de l'ensemble appelé EuroCordex couvrant les 3 **scénarios climatiques RCP2.6, 4.5 et 8.5** ont été sélectionnées pour constituer un ensemble plus facilement utilisable pour des études que l'ensemble complet qui comporte plusieurs centaines de simulations.

Figure 4. Schéma des étapes de la descente d'échelle de la modélisation globale (GCM), à la régionale (RCM) jusqu'à l'échelle plus locale⁵



Incertitudes et recommandations :

⁴ Les nouvelles projections climatiques de référence DRIAS 2020 pour la métropole., 2021. Auteurs : Jean-Michel Soubeyroux, Sébastien Bernus, Lola Corre, Agathe Drouin, Brigitte Dubuisson, Pierre Etchevers, Viviane Gouget, Patrick Josse, Maryvonne Kerdoncuf, raphaëlle Samacoits et Flore Tocquer. Avec l'appui scientifique de Christian Pagé (Cerfacs), Samuel Somot, et Aurélien Ribes (CNRM) et Robert Vautard (IPSL).

⁵ <http://www.drias-climat.fr/> : « Drias, données Météo-France, CERFACS, IPSL, mise à jour en 2020 »

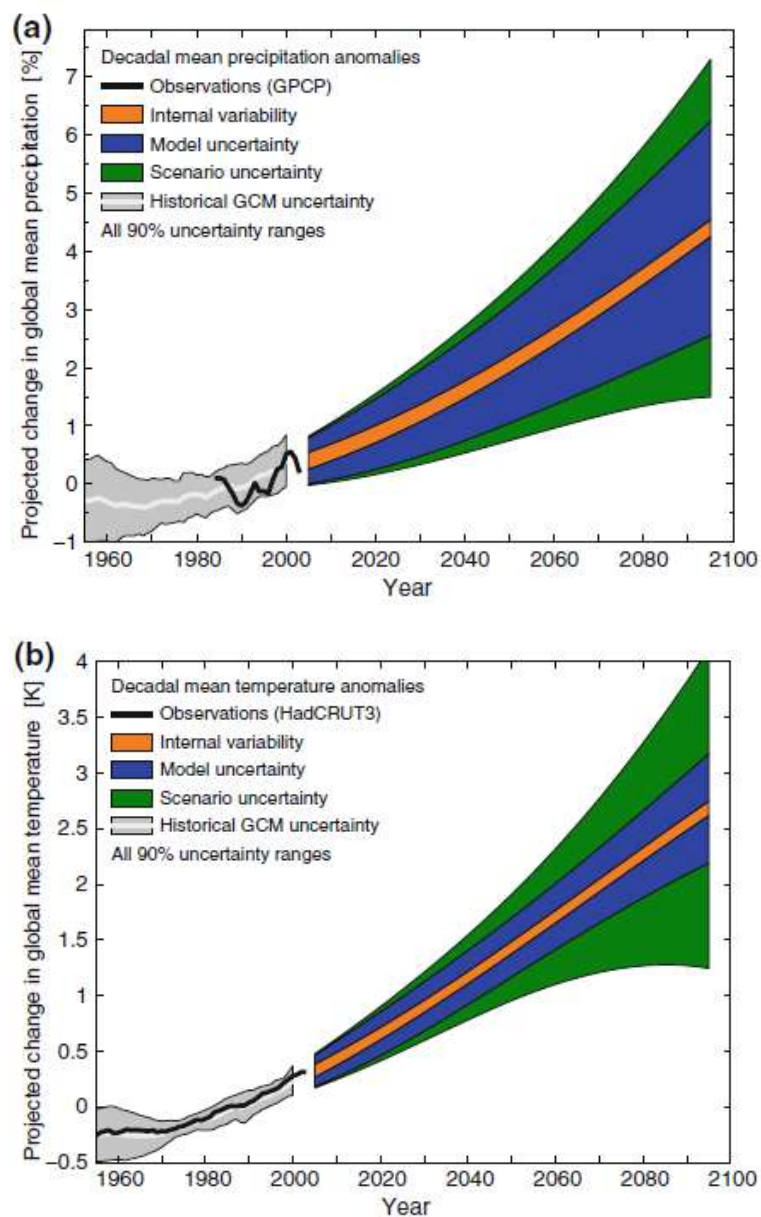
Comme toutes projections climatiques ou hydrologiques, ces données sont entachées d'incertitudes. Il existe différentes sources d'incertitudes :

- L'incertitude « modèle » liée à la représentation des processus physiques
- L'incertitude associée aux scénarios d'émission des gaz à effet de serre
- L'incertitude intrinsèque liée à la variabilité interne du climat
- L'incertitude dépend aussi fortement de l'horizon temporel futur considéré
- L'incertitude spécifique liée au problème de descente d'échelle

Les incertitudes liées aux modèles climatiques et aux scénarios 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.

On peut voir, sur la figure ci-dessous représentant la répartition des différents types d'incertitudes sur le 21^{ème} siècle, qu'à l'horizon 50 ans, l'incertitude modèle est plus importante que l'incertitude liée aux scénarios RCP utilisés, en particulier pour les données de pluie (a) et de température (b).

Figure 5. Incertitudes totales moyenne sur le 21^{ème} siècle liées aux données de projections de précipitations (a) et de température (b).



Cette incertitude est décomposée en trois composantes : variabilité interne (orange), incertitude liée aux modèles climatiques utilisées (bleu) et incertitudes liées aux scénarios RCP (vert)⁶. Il est important de retenir que :

- Les simulations de référence sont des simulations numériques et non des observations. C'est la raison pour laquelle **les données modélisées ne représentent pas jour pour jour le temps qu'il fera dans 30 ou 50 ans** mais plutôt les **tendances générales d'évolution du climat et de l'hydrologie des rivières**. Quand on compare plusieurs projections climatiques, **il est donc préférable de le faire sur des valeurs de statistiques annuelles calculées sur une série d'années plutôt que de comparer les chronologies temporelles des modèles qui sont toutes indépendantes**. Ainsi, comparer une année spécifique comme 2050 à partir de deux modèles n'est pas pertinent, car les deux modèles ont un passé simulé différent qui impacte les résultats de l'année 2050 en question.
- Chaque chaîne de modélisation dispose d'une simulation de référence. Pour analyser les effets du changement climatique, on **parle rarement des valeurs absolues attendues** sur une région, **mais plutôt de l'écart avec les valeurs observées sur une période passée ou récente. Cette période doit être longue, d'au moins 30 ans, comme pour le calcul des normales climatologiques**. Il ne faut donc pas considérer les données DRIAS directement en valeur absolue, mais plutôt en écart relatif entre la période passée et la période future choisie ; ces écarts peuvent être ensuite appliqués aux données locales mesurées afin de se rapprocher au mieux des conditions historiques naturelles (méthode dite de débiaisement). Selon les applications et les objectifs des études, le choix de la période de référence peut être variable et impacte les résultats.

3.1.2.2 Explore 2

Le projet Explore2, porté par INRAE et l'Office International de l'eau (OiEau), s'inscrit dans la suite de l'étude Explore 2070 (2010-2012). Il a été financé par le Ministère de la transition écologique (MTE) et l'Office français de la biodiversité (OFB) et a pour objectif d'établir des premiers scénarios prospectifs de disponibilités des ressources en eau à l'échelle de la France. Dans le cadre de ce projet, les données de débits naturels projetés jusqu'en 2100 de plus de 4000 stations en France ont été mises à dispositions pour 6 modèles hydrologiques (CTRIP, GRSD, J2000, MORDOR-SD, ORCHIDEE, SIM2 et SMASH). Ces données sont accessibles sur un portail appelé « Drias, les futurs de l'eau ».

Sur la zone d'étude, 5 modèles hydrologiques sont disponibles pour plusieurs stations : C-TRIP, GR, J2000, SMASH et ORCHIDEE.

- Le modèle **C-TRIP** est un modèle à base physique permettant de représenter les écoulements en rivière développé au CNRM. Il ne bénéficie pas d'une étape de calibration. Les processus de surface liés à la végétation (dont évapotranspiration réelle) et au manteau neigeux (dont sublimation et fonte) sont pris en compte.

⁶ Hawkins, E., Sutton, R., 2011. The potential to narrow uncertainty in projections of regional precipitation change. *Clim Dyn* 37, 407–418. <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0810-6>

- Le modèle **GRSD** est un modèle conceptuel pluie-débit journalier développé à INRAE (Ici GR4J en version semi distribué) couplé à un modèle d'accumulation et de fonte de neige journalier. Le modèle a été calé à des stations de référence (611 sur la France métropolitaine)
- Le modèle **ORCHIDE** est un modèle à base physique développé à l'IPSL. Il décrit de nombreux processus hydrologiques : bilans d'eau liquide et solide dans les bassins versants, écoulement en rivière et dans les nappes, dynamique du manteau neigeux. Il n'y a pas eu de calibration à proprement parler du modèle, mais une démarche essai-erreur pour réduire les biais aux stations de référence.
- Le modèle **SMASH** est un modèle conceptuel, développé à INRAE. Il est composé d'un module neige. Le modèle a été calé à des stations de référence.
- Le modèle **J2000** est un modèle distribué à base physique, développé par l'UR RiverLy, INRAE Lyon (initialement développé en Allemagne au Forschungszentrum Jülich, puis à l'Université de Jena), qui simule les principaux processus hydrologiques sur un maillage irrégulier constitué d'Unités de Réponse Hydrologiques (HRU pour Hydrological Response Unit, en anglais). Le modèle utilise une approche réservoir pour représenter les compartiments de stockage d'eau.

3.1.3 Méthodologie générale menée dans cette étude

La méthodologie adoptée **s'est basée en partie sur le guide méthodologique réalisé par le CRESEB intitulé « diagnostic climatique territorial, focus « ressource en eau » ».**

Il a donc été choisi de considérer en premier lieu tous les modèles disponibles du jeu de données DRIAS (une trentaine de projections : 12 couples de modèles, 3 scénarios RCP) 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 possibles sans distinguer le type de scénario RCP 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. Comme expliqué dans la partie *incertitudes et recommandations*, les écarts entre la période historique et la période de référence vont être analysés afin de sélectionner deux scénarios pour cette étude.

La période de référence retenue est 1993-2022 et la période prospective 2036-2065.

La méthode retenue pour prendre en compte l'évolution du climat et de la ressource en eau sous les effets du changement climatique est détaillée ci-dessous :

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. On présentera les différentes évolutions de température, pluie et ETP, estimées par les deux scénarios sélectionnés.
3. Le modèle hydrologique GRSD d'Explore2, disponible sur le bassin versant, est retenu pour l'analyse des évolutions de débits sous les effets du changement climatique.

4. Enfin, les écarts obtenus, au niveau des stations, seront appliqués aux valeurs caractéristiques des débits pseudo-naturels historiques reconstitués pour chaque UH : module, QMNA5, VCN10, débits mensuels moyens.

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

L'une des difficultés majeures dans le cadre d'études relatives au changement climatique réside dans la sélection des projections climatiques, qui doivent servir de support pour déterminer les impacts et les mesures d'adaptation associées.

Ces projections climatiques correspondent à différents scénarios d'émission RCP et à différents modèles (couples GCM/RCM), qu'il convient de choisir au mieux en fonction des objectifs de l'étude et du territoire. Ce ne sont ainsi pas moins de 30 simulations qui sont mises à disposition, dans le jeu de données DRIAS 2020, qui a déjà fait l'objet d'un sous échantillonnage intelligent parmi les projections climatiques qui existent à l'échelle du globe.

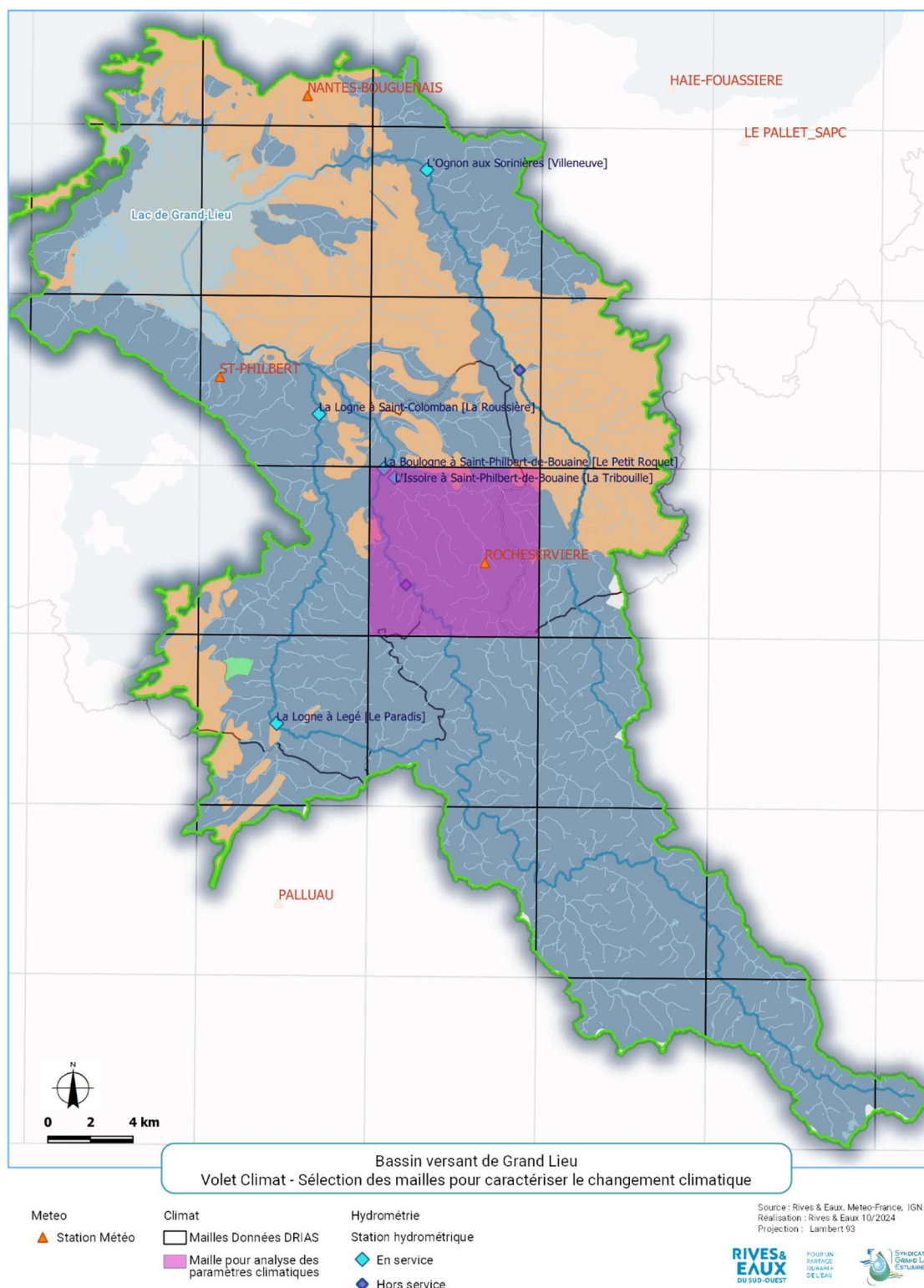
Ce sous échantillonnage a permis de conserver uniquement les GCM et RCM réalistes, de maximiser la dispersion du signal du changement climatique en supprimant deux chaînes de modélisations redondantes en termes de résultats par exemple et de conserver les couples de modèles cohérents physiquement en termes de processus. Ils ont tous été débiaisés par rapport aux données Météo France de Safran. Ils sont donc **tous considérés comme équiprobables** par les chercheurs.

En fonction des études, et en particulier pour celles qui nécessitent, sur la base des projections climatiques, la mise en œuvre d'un modèle hydrologique puis l'analyse des résultats sur les milieux, telle une étude HMUC, il n'est pas toujours possible de traiter un aussi grand nombre de données. Il est donc souvent préférable de sélectionner quelques simulations judicieusement choisies (approche par storylines) sur le territoire et acceptées par les acteurs.

Sur la base des recommandations disponibles sur le portail DRIAS qui présente des méthodologies pour sélectionner un modèle climatique sur l'ensemble disponible, 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.

Afin d'analyser ces écarts sur les 30 couples GCM/RCM et scénarios RCP différents, une tuile centrale du bassin versant a été choisie (voir figure ci-dessous).

**Figure 6 : maille sélectionnée pour caractériser le changement climatique sur le bassin de
Grand Lieu**



3.2.1 Impact du changement climatique sur la température et la pluviométrie parmi toutes les projections climatiques

Les écarts de température et de pluie ont donc été analysés pour les 30 projections climatiques, sur les 12 mois de l'année pour les trois horizons définis sur le portail DRIAS : horizon proche H1 (2021-2050), horizon moyen H2 (2041-2070) et horizon lointain H3 (2071-2100) par rapport à la période de référence (1976-2005).

Les différents graphiques, de la page suivante (Figure 7) présentent les résultats pour la température, la pluviométrie et l'évapotranspiration et permettent d'observer une grande hétérogénéité parmi les 30 simulations.

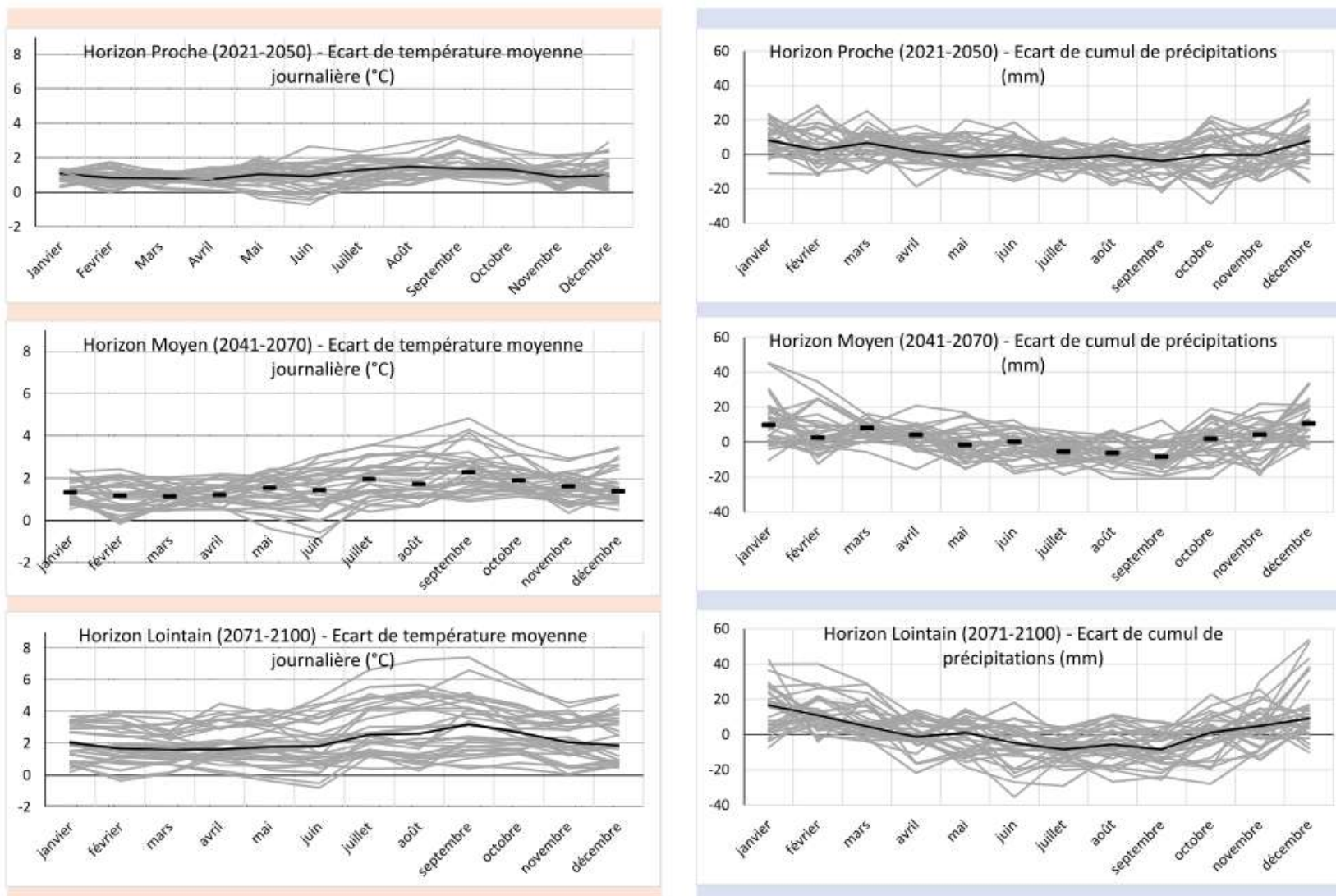
Pour la température, pour chaque horizon, la médiane des simulations (en noir) présente un réchauffement sur chaque mois de l'année :

- À l'horizon H1, les écarts de température moyens mensuels sont compris entre -0.72°C et +3.24°C tous modèles confondus ; la tendance pour les températures est à la hausse avec en moyenne +1.07°C sur l'année.
- À l'horizon moyen H2 (2041-2070), les écarts de température moyen mensuel sont compris entre -0.87°C et +4.83°C tous modèles confondus et une tendance à la hausse des températures avec en moyenne +1.56°C sur l'année.
- À l'horizon H3, les écarts de température moyen mensuel sont compris entre -0.79°C et 7.41°C tous modèles confondus et une tendance à la hausse des températures avec en moyenne +2.14°C sur l'année.

De la même façon que pour les températures, les résultats pour la pluviométrie sont très variables entre les différents modèles pour un même horizon. Certains modèles pouvant atteindre des écarts moyens mensuels de : -35 à +54 mm (voir graph pluvio - H3, ci-après) :

- à l'horizon H1, la médiane (en noir) montre des écarts cycliques avec plus de pluie sur la période décembre-avril ($\approx +5$ mm), quasiment pas de changement sur mai-juin et sur octobre-novembre, et moins de pluie sur juillet-septembre (≈ -2.5 mm)
- aux horizons H2 et H3 : la médiane des modèles indique une diminution du cumul de pluie sur la période de juin-septembre (entre 0 et -8.4 mm), et plus de pluie sur la période octobre-mars (Entre +1 et +16 mm). L'horizon H3 présente des variations positives plus marquées.

Figure 7 : Ecart de température et de pluviométrie entre trois périodes futures : Horizons H1, H2 et H3 et la période historique (1976-2005)



3.2.2 Choix de deux projections climatiques contrastées

Sur la base des recommandations disponibles sur le portail DRIAS qui présente des méthodologies pour sélectionner des projections climatiques sur l'ensemble disponible, deux indicateurs climatiques ont été analysés : écart de la température moyenne (ΔT) et écart relatif des précipitations (ΔP) entre les deux périodes de référence de DRIAS (1976-2005 et 2041-2070).

Les résultats sont présentés pour la tuile centrale du bassin pour la saison estivale et pour toute l'année (Figure 8).

On peut retenir que pour la saison estivale en fin de siècle, le modèle climatique régional (CCLM4-8-17) forcé par le modèle global HadGEM2 est celui qui prévoit le plus important réchauffement avec jusqu'à $+3,6^{\circ}\text{C}$ (pour le scénario RCP 8.5) et $+3,4^{\circ}\text{C}$ (RCP 4.5) (Figure 8) représenté par un triangle orange). Ce même couple de modèles, HadGEM2-CCLM4-8-17, prévoit une des plus fortes diminutions des précipitations (-32 mm RCP8.5 et -39 mm pour le RCP 4.5) par rapport à la période de référence 1976-2005 pour la saison estivale. A l'année, cette projection est aussi la plus sèche et celle qui prévoit le plus grand réchauffement (Figure 8). Cette projection climatique fait aussi partie des 4 story lines choisies par les chercheurs pour décliner les résultats Explore 2 à l'échelle de la France. Il a donc été proposé de la retenir comme notre « projection pessimiste » dans cette étude.

Pour la « projection médiane », le couple de modèle CNRM-CM5/Aladin63 avec le RCP 4.5 est le plus proche de la médiane à l'échelle de la France ; il fait également partie des 4 story lines des chercheurs et est donc proposé comme projection médiane (rond cyan au contour noir, Figure 8).

Les écarts de pluie et de température sur les 12 mois de l'année de ces deux projections climatiques sont comparés avec les autres projections pour la période H2 (2041-2071) :

La chaîne de modélisations CNRM-CM5/Aladin63 est bien assez proche de la médiane des simulations (en bleu, Figure 9 et Figure 10). Elle se caractérise par une hausse des températures entre 0 et 2°C et une tendance à la baisse des précipitations visible sur les mois d'avril à septembre (environ -5 mm en moyenne). La chaîne de modélisations HadGEM2-CCLM4-8-17 (en rouge, Figure 9 et Figure 10) se remarque, quant à elle, par sa hausse importante de température en été et automne ($+4^{\circ}\text{C}$ en moyenne) ainsi que par la diminution de la pluie globalement marquée sur les mois de mai à octobre.

Cette proposition de « projection médiane » et de « projection pessimiste » a été faite et validée par les acteurs lors d'une réunion de commission thématique de l'étude, le 15 juin 2023

Les données climatiques de ces deux projections seront détaillées dans le chapitre suivant.

Pour faciliter la lecture, la projection HadGEM2-CCLM4-8-17 RCP 8.5 pourra être amenée à être nommée « CCLM4 » ou projection pessimiste dans la suite de l'étude ainsi que la projection CNRM-CM5_Aladin63 RCP 4.5 nommée « Aladin ».

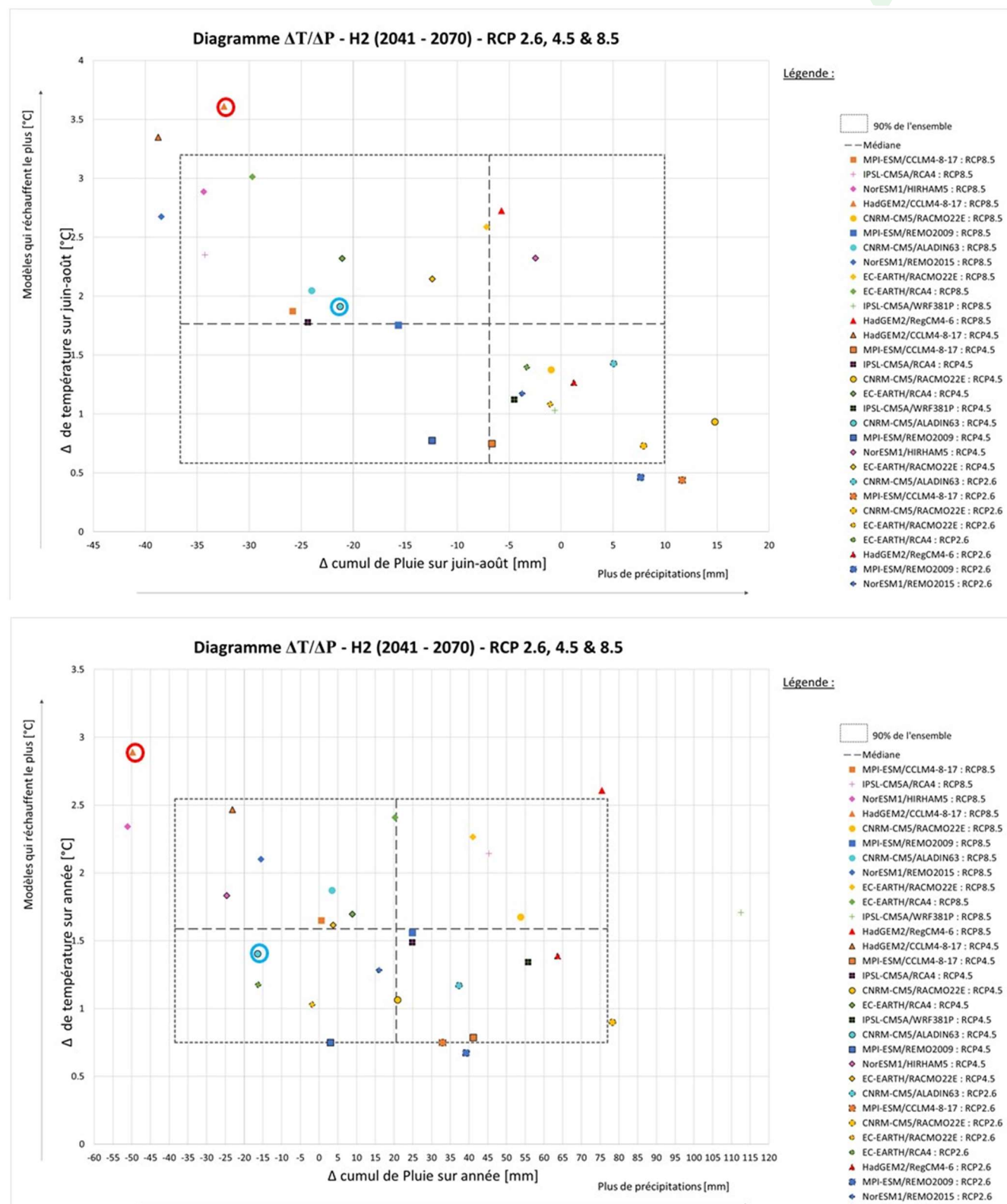


Figure 8 : Répartition des écarts de températures (T) par rapport aux écarts des précipitations (P) entre la période historique (1976-2005) par rapport à l'horizon moyen terme H2 (2041-2070) pour les scénarios RCP 2.6, 4.5 et 8.5 annuellement et sur la saison estivale (les scénarios choisis sont entourés)

Figure 9 : Ecart de la température moyenne mensuelle (°C) entre la période historique (1976-2005) et la période future (2041-2070)

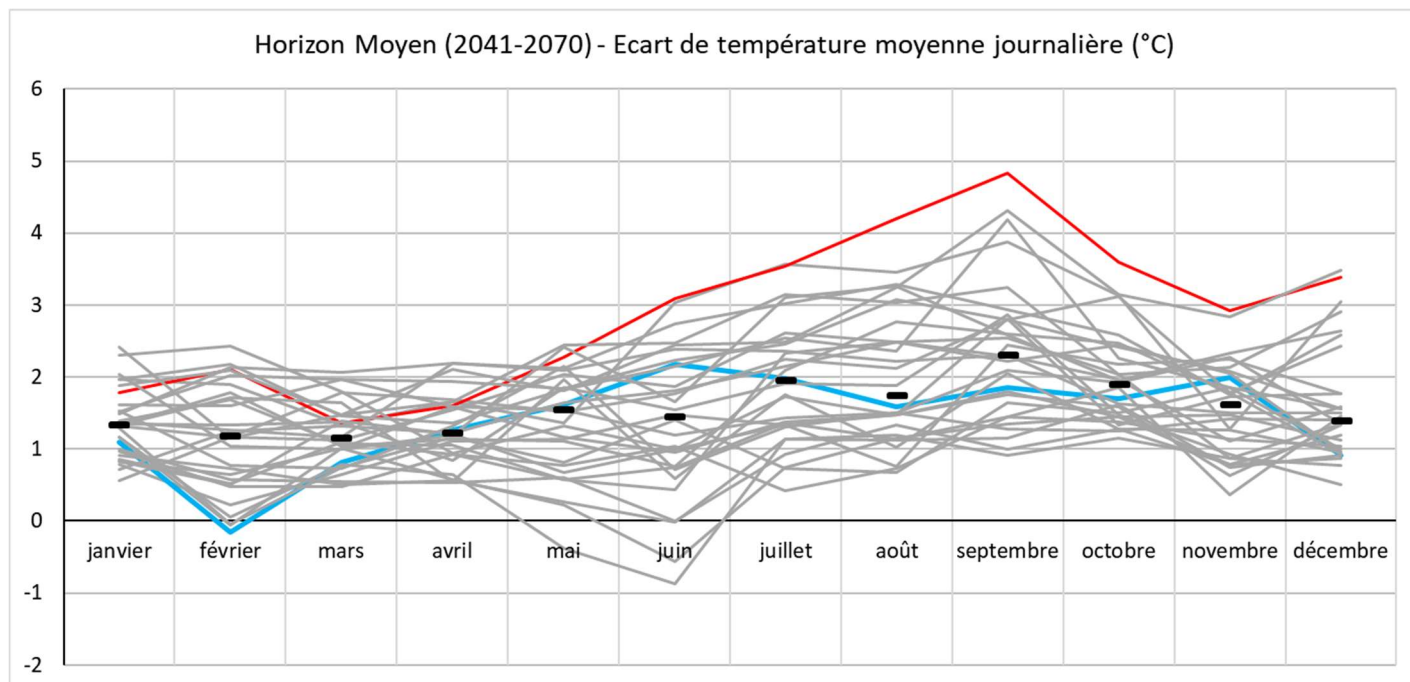
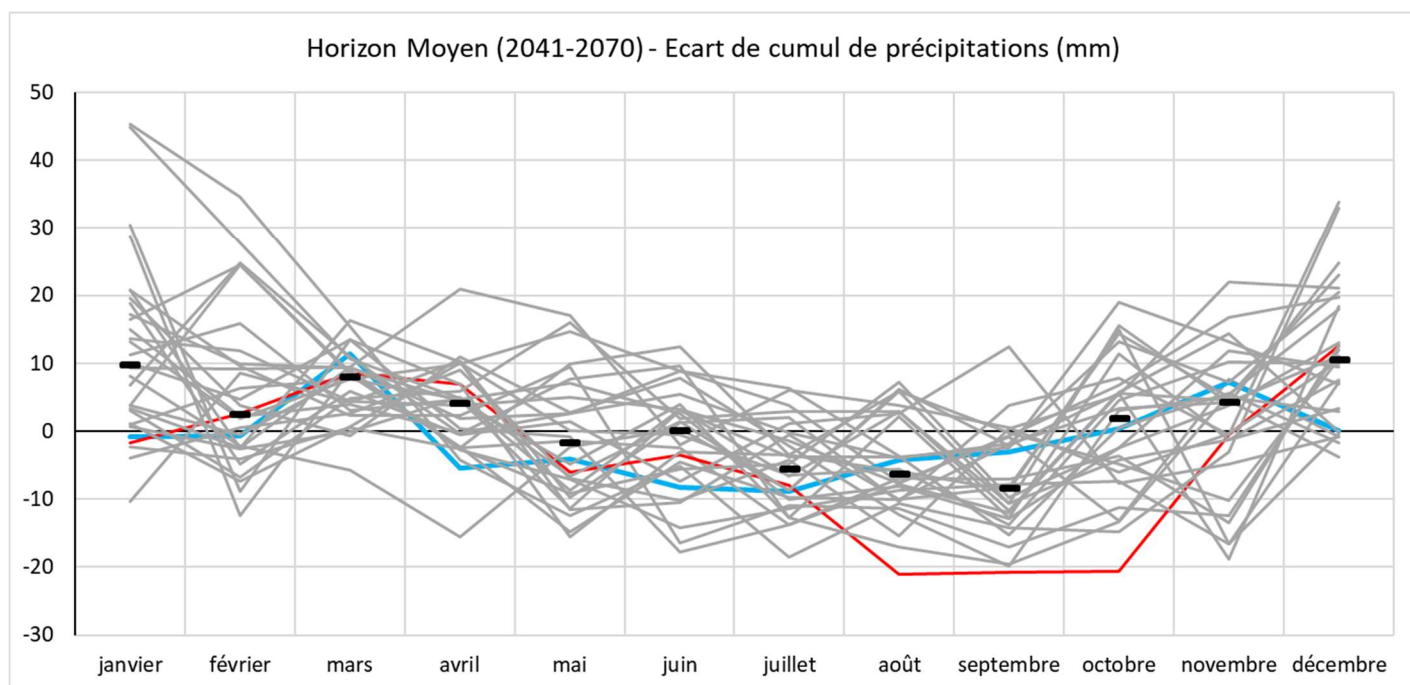


Figure 10 : Ecart du cumul pluviométrique mensuel (mm) entre la période historique (1976-2005) et la période future (2041-2070)



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

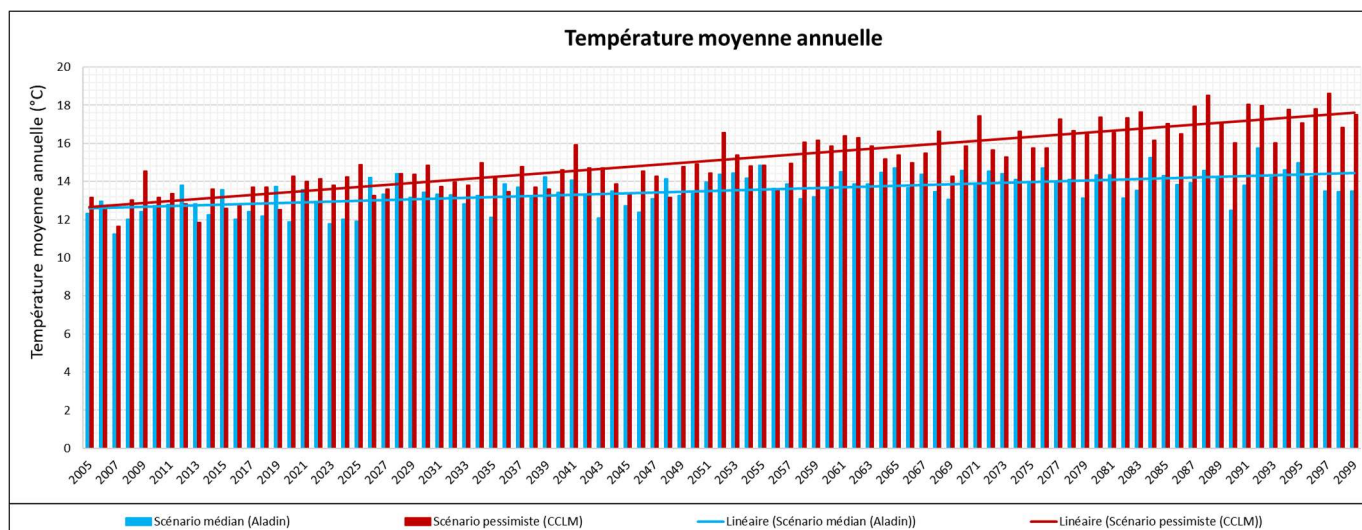
Pour rappel, dans l'étude, les périodes retenues sont 1993-2022 pour la période historique et 2036-2065 pour la période future.

3.3.1 Température

3.3.1.1 Variabilité annuelle

La température moyenne annuelle sur la période 2005-2100 a été représentée dans la figure ci-dessous. La température est à la hausse pour les deux projections étudiées, avec une pente plus marquée pour la projection pessimiste : CCLM4.

Figure 11 : Chroniques de température de 1951 à 2099 (tuile centrale du bassin versant)



On s'aperçoit, notamment pour la projection CCLM4, que l'évolution des températures est marquée ponctuellement par des années avec des fortes températures moyennes annuelles qui deviennent de plus en plus fréquentes.

Pour une période de 95 ans (2005-2100), les projections Aladin et CCLM4 prévoient respectivement une augmentation de +1,6 et +4,8°C entre 2005 et 2100 (utilisation de la courbe de tendance).

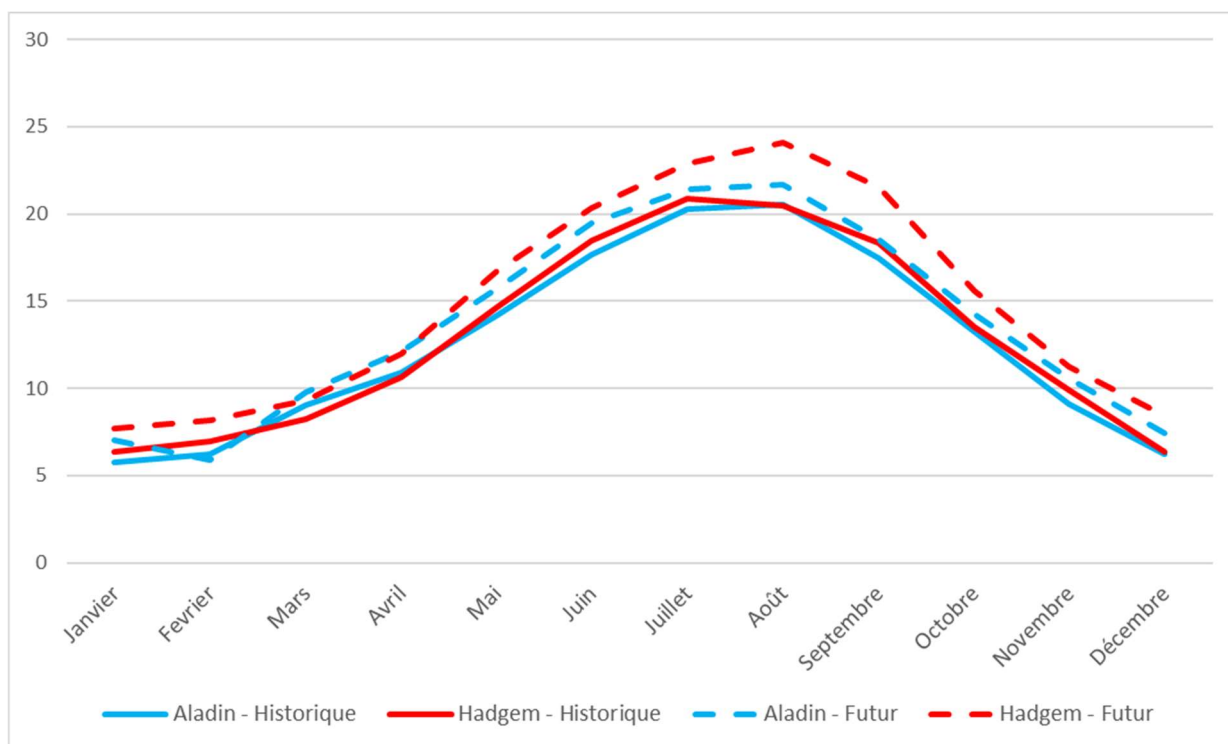
En comparaison entre la période historique (1993-2022) et future (2036-2065), centrée sur 2050, on obtient un écart de l'ordre de **+0,8°C (projection Aladin) et +2,2°C (projection CCLM4)**.

3.3.1.2 Variabilité mensuelle

Les températures moyennes mensuelles pour l'historique et le futur sont présentées pour les deux projections sur la figure ci-dessous :

- Les écarts de températures entre les périodes historiques et futures, sont plus marqués pendant la période estivale et début automnale que sur le reste de l'année.
- La projection Aladin présente un réchauffement moins important entre sa période historique et future que la projection CCLM4.

Figure 12 : Température moyenne mensuelle (°C) pour les périodes historique et future

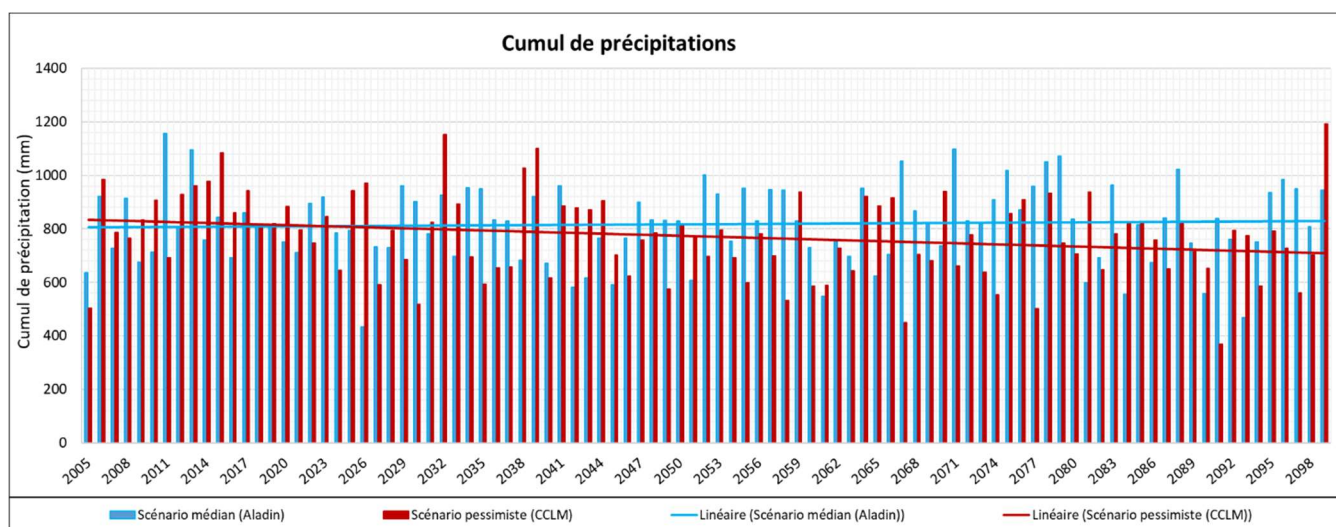


3.3.2 Pluie

3.3.2.1 Cumul pluviométrique annuel

Sur la chronique de pluviométrie cumulée annuelle 2005-2100 (Figure 13), on observe qu'il est parfois difficile d'identifier une tendance claire à la hausse ou à la baisse pour Aladin (projection médiane), la variabilité interannuelle étant très forte.

Figure 13 : Chroniques de pluviométrie cumulée annuelle de 2005 à 2100 (tuile centrale du bassin versant)



Cette baisse n'est toutefois pas homogène sur toutes les périodes de l'année (variabilité interannuelle) et n'exclut pas l'occurrence de phénomènes extrêmes dans les 2 sens (pluies intenses et/ou longues périodes sans pluie).

Pour une période de 95 ans (2005-2100), les scénarios Aladin et CCLM4 prévoient respectivement une augmentation et une diminution de l'ordre de +40 et -120 mm (utilisation de la courbe de tendance) Soit respectivement une hausse inférieure à 0,5 mm/an et une baisse supérieure à 1 mm/an et pour le scénario pessimiste.

En comparaison entre la période historique (1993-2022) et future (2036-2065), centrée sur 2050 on obtient un écart de l'ordre de **-5% et -7% (scénario CCLM4)**.

3.3.2.2 Variabilité saisonnière

De manière générale, on observe des contrastes saisonniers importants avec une baisse notable de la pluviométrie en période d'été pour les deux projections. On peut observer plus précisément que :

- Pour la projection pessimiste, une diminution du cumul pluviométrique apparaît nettement aux mois d'août et septembre,
- la projection médiane, prévoit une hausse des pluies sur la période novembre-janvier et une baisse sur le reste de l'année.

Figure 14. Comparaison des évolutions des cumuls mensuels de pluies entre la période historique (1993-2022) et la période future (2036-2065) pour les scénarios médian et pessimiste

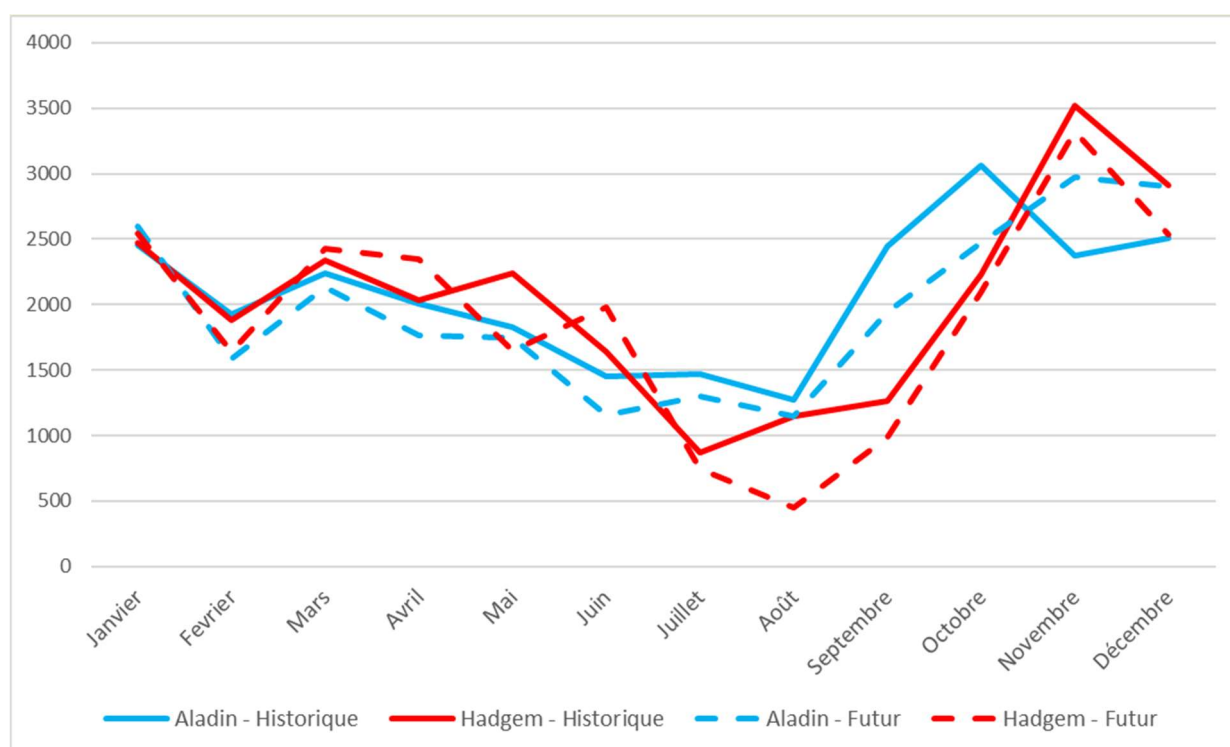


Tableau 3. Récapitulatif des valeurs (en mm) et des écarts (en %) relatifs à la pluie pour les deux projections médiane (Aladin) et pessimiste (CCLM4)

ALADIN							CCLM4						
1993-2022							1993-2022						
	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum		moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	834.58	132.10	635.9 7	1156.65	723.40	945.76	année	818.08	142.63	423.22	1084.92	698.04	938.12
nov-mars	384.2	117.4	170.4	686.8	285.4	483.1	nov-mars	439.1	126.6	262.7	712.1	332.6	545.6
avr-mai	128.0	39.6	57.5	239.9	94.7	161.4	avr-mai	142.6	53.7	45.5	301.7	97.4	187.8
juin-oct	323.2	71.1	202.6	437.9	263.3	383.1	juin-oct	238.6	71.8	126.2	392.9	178.1	299.1
2036-2065							2036-2065						
	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum		moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	790.60	132.19	549.0 8	1001.39	679.35	901.85	année	757.45	142.71	533.11	1100.19	637.34	877.56
nov-mars	406.3	96.2	235.8	572.4	325.4	487.2	nov-mars	411.3	122.8	232.8	720.2	308.0	514.7
avr-mai	117.1	49.5	35.3	249.9	75.5	158.8	avr-mai	133.3	50.6	40.4	272.3	90.8	175.9
juin-oct	267.2	91.4	126.7	500.4	190.3	344.1	juin-oct	208.5	67.9	77.1	346.8	151.3	265.7
Ecart sur valeurs stats issues de DRIAS													
	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum		moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	-5.3%	0.1%	- 13.7%	-13.4%	-6.1%	-4.6%	année	-7.4%	0.1%	26.0%	1.4%	-8.7%	-6.5%
nov-mars	5.7%	-18.1%	38.4%	-16.7%	14.0%	0.9%	nov-mars	-6.3%	-3.0%	-11.4%	1.1%	-7.4%	-5.7%
avr-mai	-8.5%	24.8%	- 38.6%	4.2%	-20.3%	-1.6%	avr-mai	-6.5%	-5.9%	-11.1%	-9.8%	-6.8%	-6.3%
juin-oct	-17.3%	28.5%	- 37.5%	14.3%	-27.8%	-10.2%	juin-oct	-12.6%	-5.5%	-38.9%	-11.7%	-15.0%	-11.2%

3.3.3 Évapotranspiration

3.3.3.1 Cumul annuel

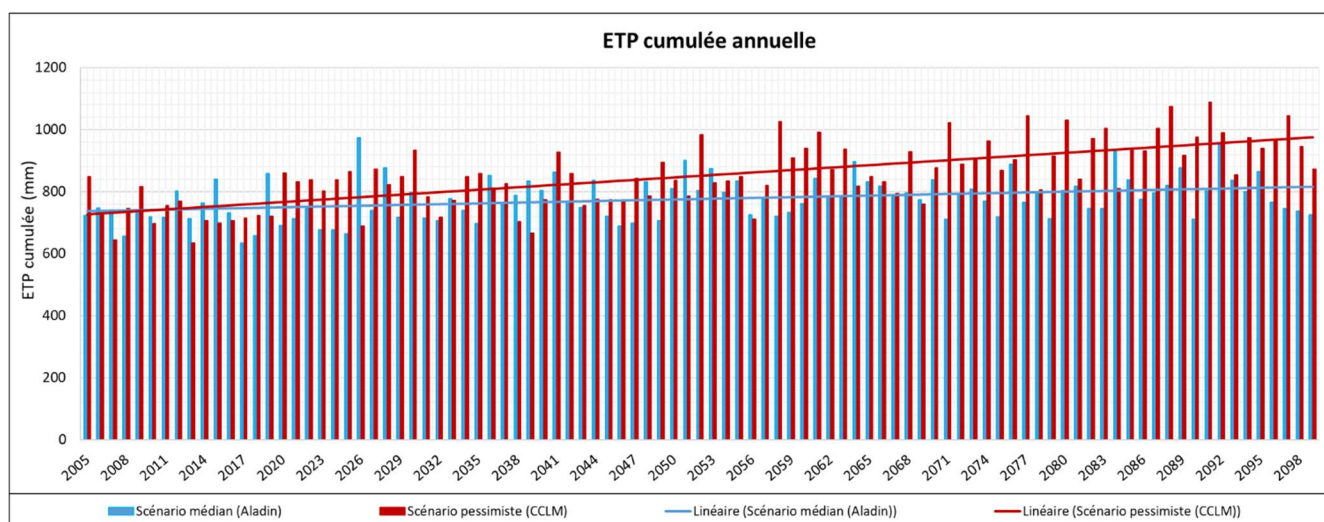
L'évapotranspiration cumulée annuelle sur la période 2005-2100 est représentée sur la Figure 15. A l'instar de la température, les deux projections prévoient une hausse avec une pente plus forte pour la projection pessimiste : CCLM4.

L'évapotranspiration cumulée annuelle, pour une période de 95 ans (2005-2099), augmente de +50 mm et de +200 mm pour les scénarios médian et pessimiste respectivement.

Les amplitudes entre les périodes de forte évapotranspiration, souvent suivies de périodes à phénomène inverse (faible évapotranspiration) sont plus marquées pour la projection CCLM4.

En comparaison entre la période historique (1993-2022) et future (2036-2065), centrée sur 2050, on obtient un écart de l'ordre de **+10% (scénario Aladin)** et **+14% (scénario CCLM4)**.

Figure 15 : Chroniques de l'ETP annuelle de 2005 à 2100 (tuile centrale du bassin versant)



3.3.3.2 Variabilité saisonnière

Les deux projections présentent une **augmentation de l'évapotranspiration potentielle marquée d'avril à novembre.**

Figure 16 : Comparaison des évolutions de l'ETP entre la période historique (1993-2022) et la période future (2036-2065) pour les projections médiane et pessimiste

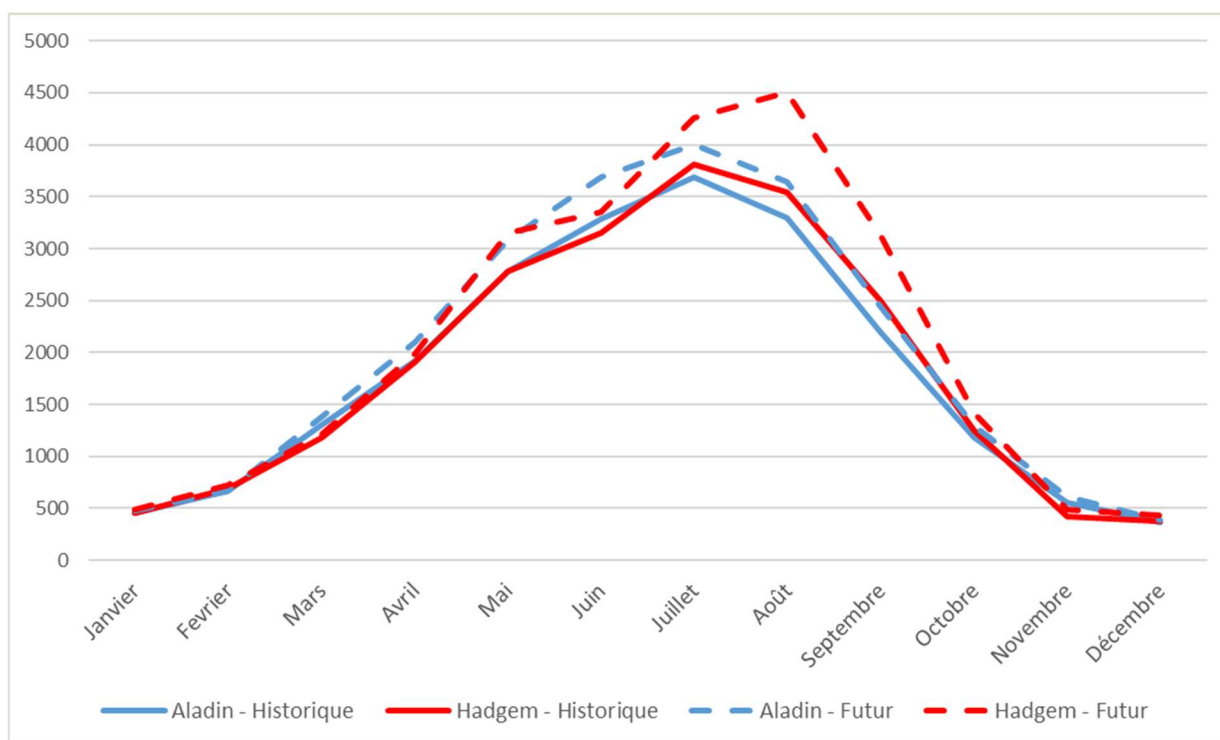


Tableau 4. Récapitulatif des valeurs (en mm) et des écarts (en %) relatifs à l'ETP pour les deux projections médian (Aladin) et pessimiste (CCLM4)

ALADIN							CCLM4						
1993-2022							1993-2022						
	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum		moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	722.97	54.83	635.0 6	859.48	676.83	769.12	année	734.88	63.37	635.10	859.83	681.55	788.22
nov-mars	110.5	9.2	90.6	129.7	102.7	118.3	nov-mars	104.4	9.9	89.0	123.3	96.0	112.7
avr-mai	156.8	16.6	124.2	186.5	142.8	170.8	avr-mai	156.3	13.7	123.2	194.3	144.8	167.8
juin-oct	455.0	51.1	369.4	598.2	412.0	498.0	juin-oct	474.5	54.5	377.0	592.0	428.6	520.4
2036-2065							2036-2065						
	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum		moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	792.41	58.77	688.0 8	900.15	742.95	841.88	année	838.38	85.58	665.85	1026.09	766.35	910.40
nov-mars	117.7	7.7	102.2	138.4	111.2	124.1	nov-mars	111.8	10.8	80.4	130.2	102.7	120.8
avr-mai	172.6	24.2	125.8	255.1	152.2	193.0	avr-mai	171.4	26.6	124.0	230.2	149.0	193.8
juin-oct	502.1	49.5	414.4	586.6	460.5	543.8	juin-oct	555.2	61.2	429.1	688.2	503.7	606.8
Ecart sur valeurs stats issues de DRIAS													
	moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum		moyenne	écart-type	MIN	MAX	f1/5 sec	f1/5 hum
année	9.6%	7.2%	8.3%	4.7%	9.8%	9.5%	année	14.1%	35.0%	4.8%	19.3%	12.4%	15.5%
nov-mars	6.5%	-16.6%	12.8%	6.7%	8.2%	5.0%	nov-mars	7.1%	8.2%	-9.7%	5.6%	7.0%	7.2%
avr-mai	10.1%	45.6%	1.2%	36.8%	6.6%	13.0%	avr-mai	9.6%	94.7%	0.6%	18.5%	2.9%	15.5%
juin-oct	10.4%	-3.2%	12.2%	-1.9%	11.8%	9.2%	juin-oct	17.0%	12.3%	13.8%	16.2%	17.5%	16.6%

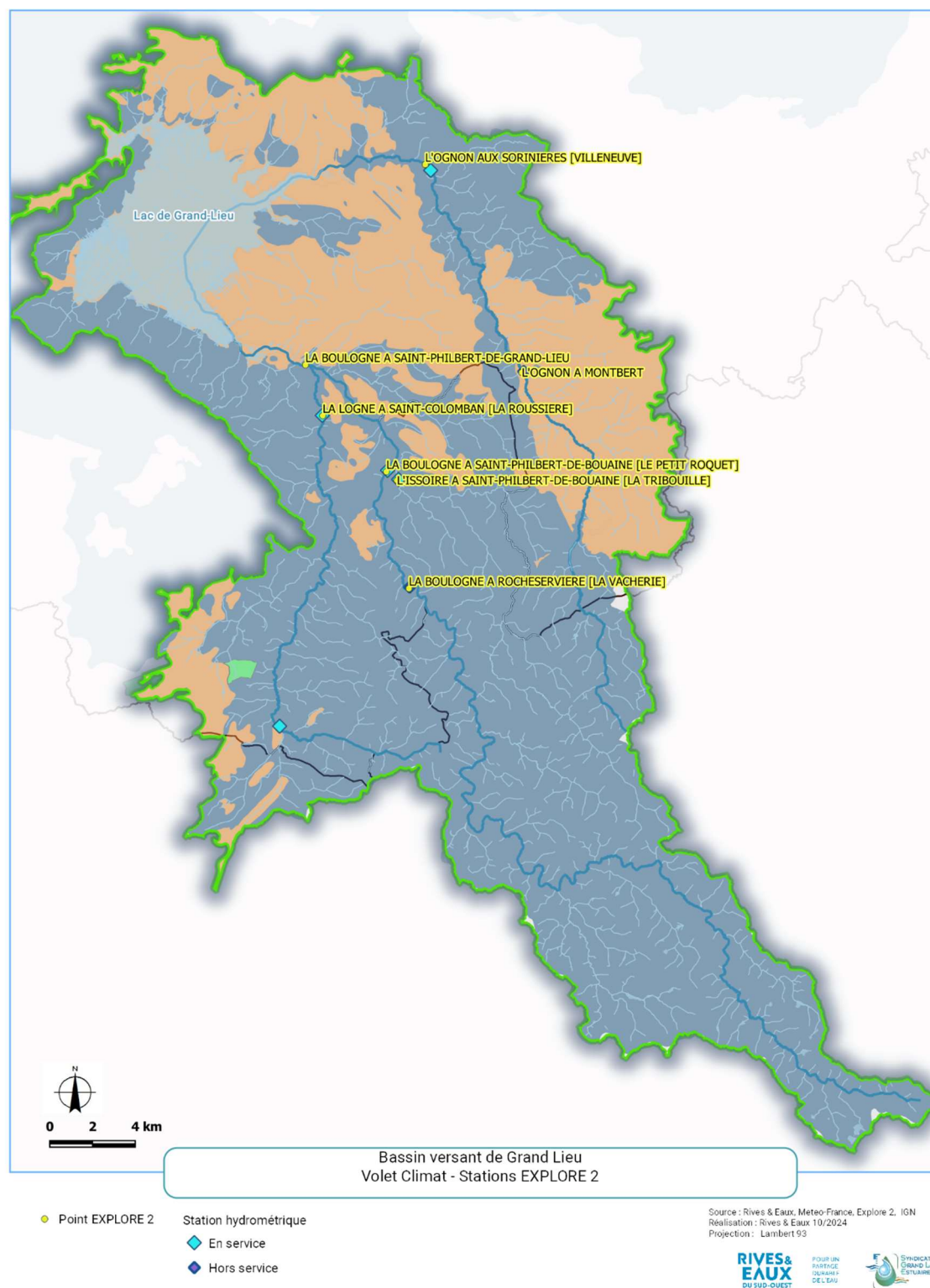
3.4 Evolution de la ressource en eau sous les effets du changement climatique

3.4.1 Choix du modèle hydrologique d'Explore 2

5 modèles hydrologiques fournissent des résultats en termes de débits projetés dans le futur sur le bassin versant de Grand Lieu. Les fiches disponibles sur le portail EXPLORE 2 permettent de se rendre compte de la représentativité de chacun d'entre eux. Nous retenons le modèle pluie-débit GRSD, qui paraît adapté pour décrire le fonctionnement hydrologique du bassin versant de Grand Lieu.

Sur le bassin versant, il existe 7 stations Explore2 avec des données de modélisations hydrologiques futures disponibles (Figure 17).

Figure 17 : Localisation des stations Explore2 sur le bassin versant de Grand Lieu



3.4.2 Impact du changement climatique sur les débits

Les simulations hydrologiques d'EXPLORE 2 aux stations hydrométriques sont utilisées avec les forçages climatiques des projections médiane et pessimiste. On compare ensuite les débits caractéristiques sur deux périodes : historique (2005-2022) et future (2036-2065). Ces écarts de débits (%) sont ensuite appliqués 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 que dans le volet H pour la représentativité des stations de mesures par UH.

3.4.2.1 Débits caractéristiques futurs aux stations hydrométriques

Pour chaque station, les débits futurs du modèle hydrologique GRSD sont extraits pour les 2 scénarios retenus. Les figures suivantes mettent en évidence l'évolution de différentes valeurs caractéristiques de 1993 à 2065 selon chaque scénario :

- Module annuel,
- Débit moyen de la période hivernale, novembre à mars,
- Débit moyen de la période printanière, avril-mai,
- Débit moyen de la période estivale, juin à octobre,
- Débit mensuel minimum de chaque année.

Les tableaux synthétisent les écarts des valeurs caractéristiques obtenues pour chaque scénario entre période historique et période future.

La Boulogne à Saint-Philbert-de-Bouaine

➔ Evolutions chronologiques des débits moyens par périodes

Figure 18 : La Boulogne à Saint-Philbert-de-Bouaine – Scénario médian

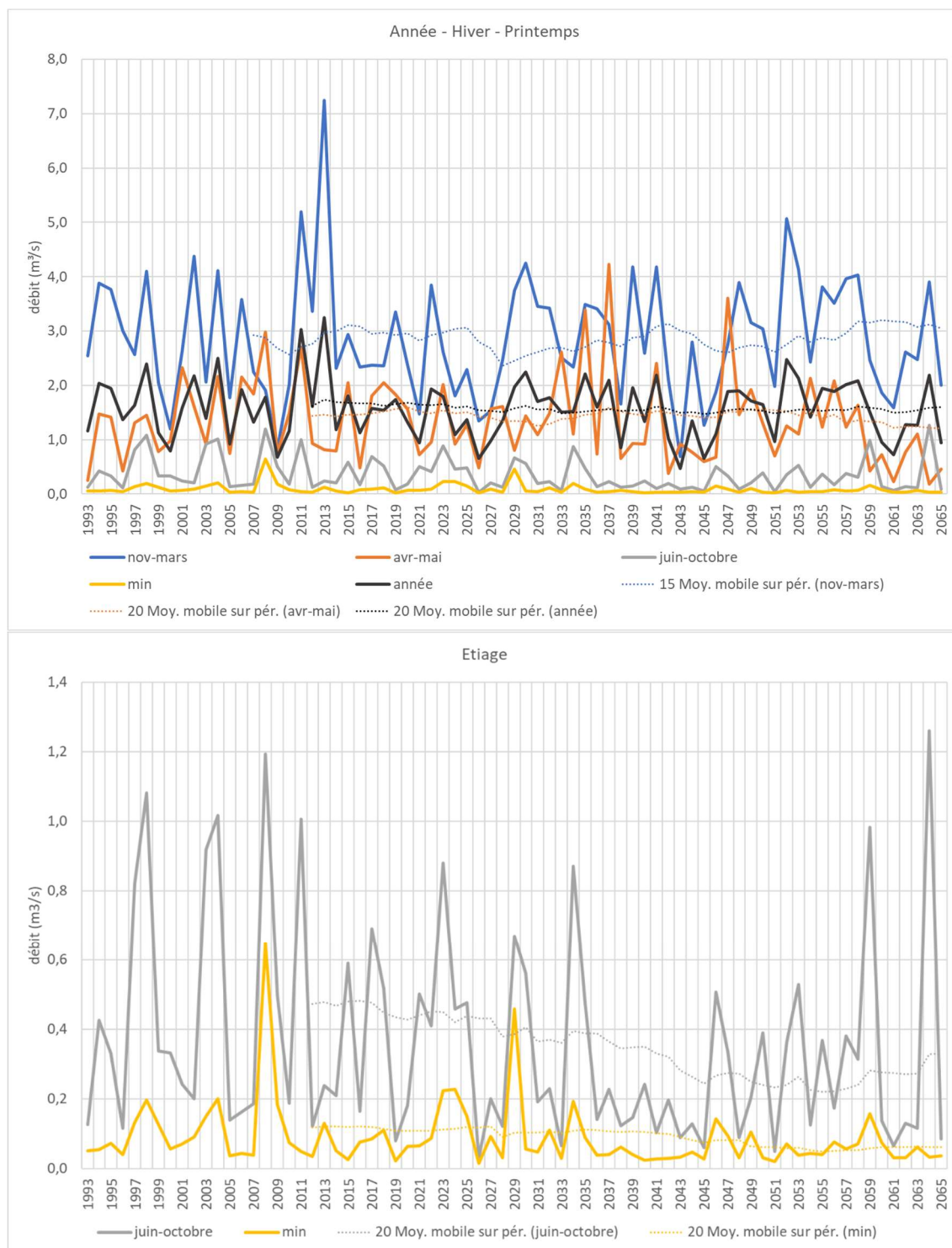
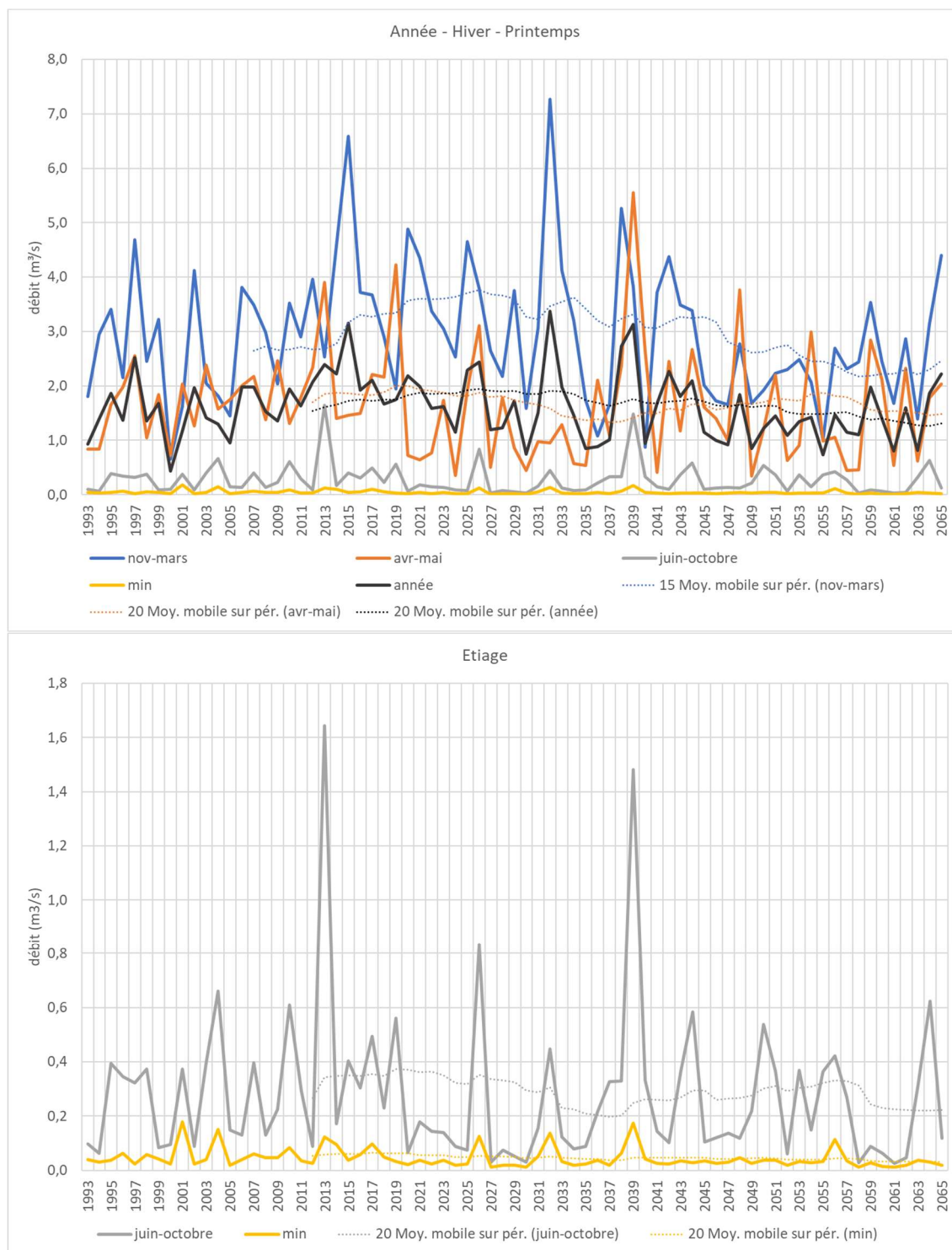


Figure 19 : La Boulogne à Saint-Philbert-de-Bouaine – Scénario pessimiste



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

écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-6%	-11%	-30%	-24%	-3%	-7%
nov-mars	-1%	-20%	-17%	-30%	10%	-6%
avr-mai	-7%	42%	-29%	42%	-58%	10%
juin-octobre	-37%	-19%	-39%	6%	0%	-28%
min	-46%	-70%	0%	-76%	64%	-57%
jan	4%	-19%	-25%	-37%	28%	-3%
fev	-10%	-41%	-18%	-40%	55%	-23%
mar	-15%	-29%	0%	-22%	6%	-20%
avr	-13%	35%	-24%	45%	-100%	7%
mai	4%	31%	-36%	35%	-71%	15%
juin	-41%	-47%	-52%	-31%	-35%	-43%
juil	-47%	-67%	-35%	-66%	-35%	-53%
août	-29%	-34%	-11%	-42%	-24%	-30%
sep	-60%	-49%	-2%	-27%	0%	-56%
oct	-26%	11%	0%	34%	0%	-1%
nov	20%	105%	-88%	116%	-100%	60%
dec	3%	35%	-82%	14%	-56%	16%

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

écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-16%	12%	71%	-1%	-30%	-9%
nov-mars	-19%	-14%	34%	-20%	-22%	-18%
avr-mai	-4%	38%	-46%	32%	-48%	10%
juin-octobre	-13%	-8%	-60%	-10%	0%	-11%
min	-33%	-19%	0%	-3%	-96%	-27%
jan	-13%	-17%	117%	-26%	-9%	-14%
fev	-17%	-22%	-5%	-23%	-7%	-19%
mar	4%	36%	-48%	35%	-44%	16%
avr	21%	99%	-37%	68%	-100%	53%
mai	-36%	-45%	-30%	-53%	-12%	-40%
juin	1%	-2%	-43%	-9%	4%	0%
juil	-6%	13%	-22%	55%	-18%	-1%
août	-35%	-58%	-18%	-65%	-16%	-42%
sep	-54%	-70%	-35%	-65%	0%	-60%
oct	-45%	-13%	0%	-3%	0%	-24%
nov	-28%	-24%	-75%	-33%	-48%	-26%
dec	-39%	-24%	67%	-1%	-65%	-33%

Ces valeurs sur la Boulogne à Saint-Philbert-de-Bouaine permettent d'observer que **pour le scénario pessimiste** toutes les valeurs quinquennales sèches diminuent fortement en novembre-décembre (respectivement -48% et -65%), mars-avril (respectivement -44% et -100%). En valeurs moyennes mensuelles, seul le mois d'avril bénéficierait d'une hausse notable (+21%) alors que **pour le scénario médian**, les moyennes mensuelles de novembre, décembre, janvier, et mai sont à la hausse (respectivement +20%, +3%, +4% et +4%).

Il est également intéressant d'observer que les valeurs MAX augmentent pour :

- les mois d'avril-mai (respectivement +45% et +35%) et octobre-décembre (respectivement +34%, +116% et +14%) pour le scénario médian ;
- les mois de mars-avril (respectivement +35% et +68%) et juillet (+55%) pour le scénario pessimiste

ce qui traduit la présence de phénomènes extrêmes, de plus grandes ampleurs.

De même, l'augmentation de l'écart-type pour :

- les mois d'avril-mai (respectivement +35% et +31%) et octobre-décembre (respectivement +11%, +105% et +35%) pour le scénario médian ;
- les mois mars-avril (respectivement +36% et +99%) et juillet (+13%) pour le scénario pessimiste

correspond à une plus grande variabilité des épisodes de hauts et bas débits.

L'Issoire à Saint Philbert de Bouaine

- ➔ Evolutions chronologiques des débits moyens par périodes

Figure 20 : L'Issoire à Saint-Philbert de Bouaine – Scénario médian

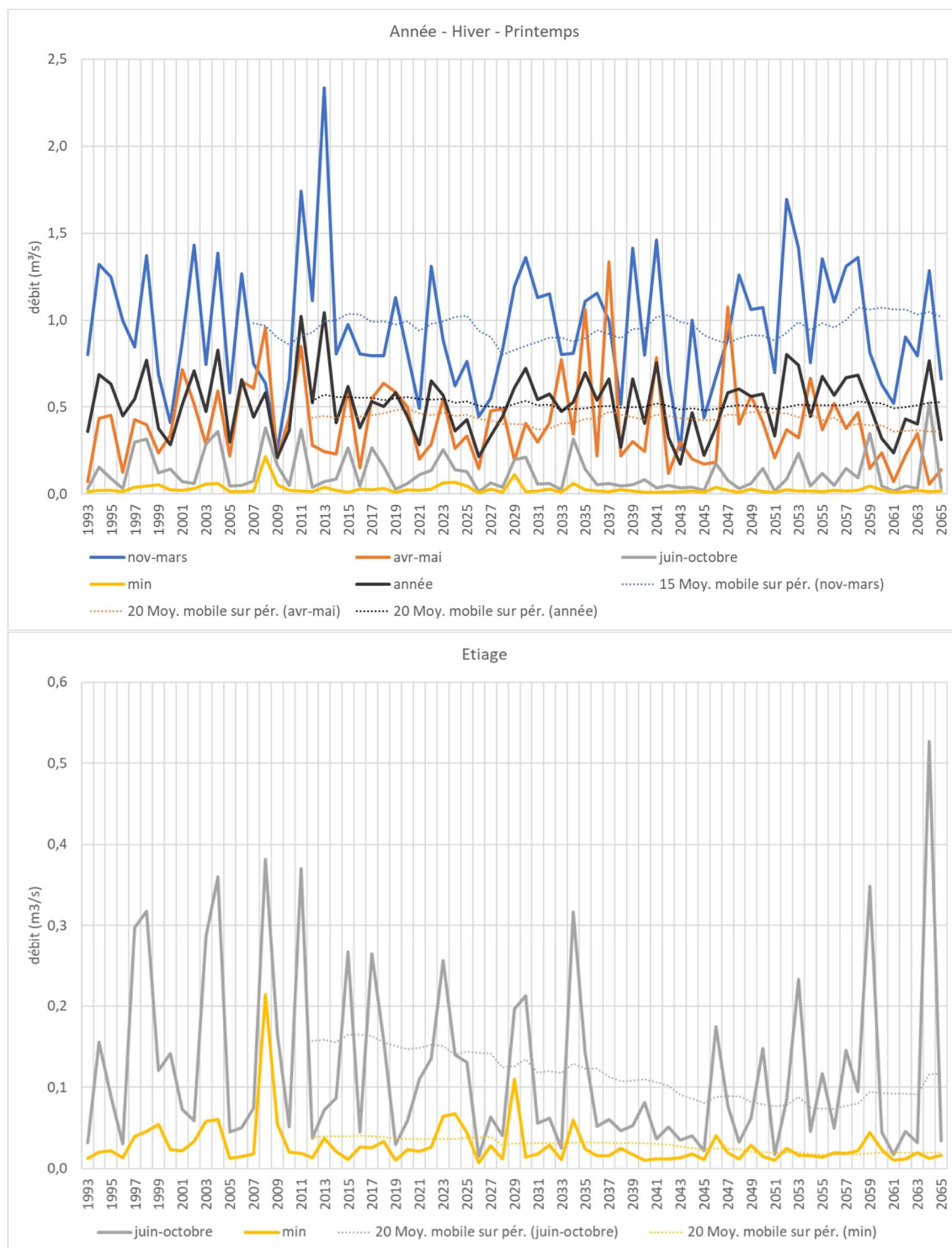
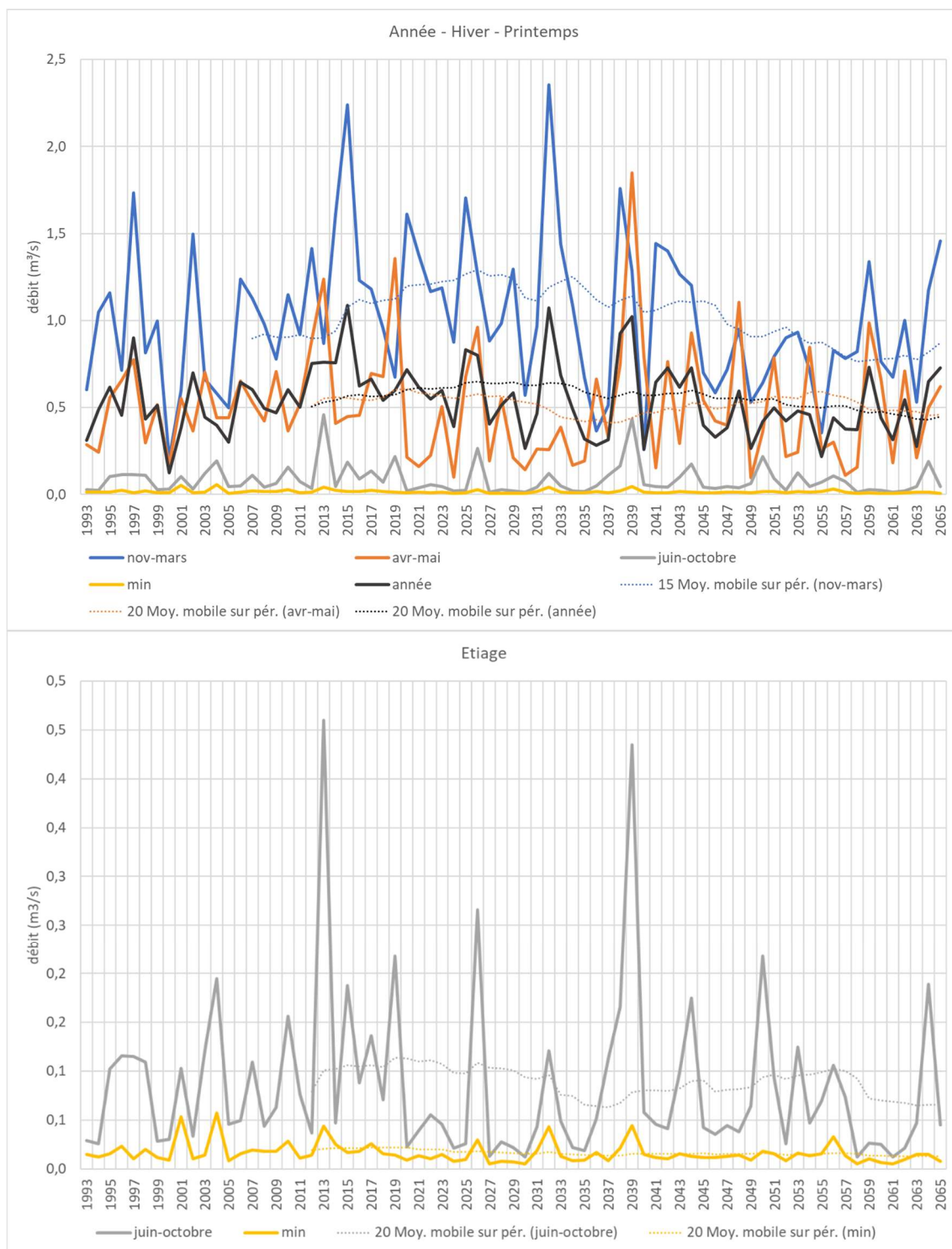


Figure 21 : L'Issoire à Saint-Philbert de Bouaine – Scénario pessimiste



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

écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-6%	-11%	-19%	-23%	-3%	-7%
nov-mars	-1%	-18%	-1%	-27%	7%	-5%
avr-mai	-8%	40%	-22%	40%	-66%	9%
juin-octobre	-35%	-7%	-42%	38%	0%	-19%
min	-46%	-78%	0%	-79%	22%	-59%
jan	5%	-19%	-26%	-38%	29%	-3%
fev	-10%	-42%	12%	-43%	45%	-23%
mar	-15%	-27%	-5%	-19%	4%	-20%
avr	-14%	32%	-18%	44%	-100%	6%
mai	3%	34%	-30%	50%	-100%	17%
juin	-33%	-35%	-51%	-17%	-29%	-34%
juil	-45%	-71%	-44%	-69%	-23%	-53%
août	-36%	-55%	-21%	-56%	-29%	-39%
sep	-59%	-38%	59%	-3%	0%	-51%
oct	-26%	14%	0%	47%	0%	2%
nov	17%	99%	-84%	119%	-100%	56%
dec	2%	28%	-82%	6%	-47%	12%

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

écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-14%	8%	76%	-6%	-23%	-9%
nov-mars	-16%	-14%	26%	-21%	-18%	-16%
avr-mai	0%	35%	-41%	36%	-43%	12%
juin-octobre	-15%	-3%	-47%	-5%	0%	-8%
min	-27%	-36%	0%	-22%	-8%	-31%
jan	-9%	-16%	262%	-19%	-2%	-11%
fev	-14%	-19%	33%	-18%	-4%	-16%
mar	6%	35%	-54%	50%	-43%	17%
avr	25%	100%	-38%	79%	-100%	58%
mai	-33%	-48%	-8%	-51%	55%	-40%
juin	-3%	11%	-28%	8%	-31%	2%
juil	-2%	51%	-13%	102%	-48%	15%
août	-24%	-40%	-11%	-27%	-18%	-27%
sep	-44%	-66%	4%	-59%	0%	-52%
oct	-43%	-10%	0%	10%	0%	-20%
nov	-27%	-28%	-63%	-33%	-22%	-27%
dec	-32%	-16%	194%	16%	-63%	-26%

Ces valeurs sur L'Issoire à Saint-Philbert de Bouaine permettent d'observer que pour le scénario pessimiste toutes les valeurs quinquennales sèches diminuent fortement en novembre-décembre (respectivement -22% et -63%), mars-avril (respectivement -43% et -100%), et juin-juillet (respectivement -31% et -48%).

En valeurs moyennes mensuelles, seul les mois de mars-avril bénéficieraient d'une hausse (respectivement +6% et 25%) alors que pour le scénario médian, les moyennes mensuelles de janvier, mai, novembre-décembre sont à la hausse (respectivement +5%, +3%, +17% et +2%).

Il est également intéressant d'observer que les valeurs MAX augmentent pour :

- les mois d'avril-mai (respectivement +44% et +50%) et octobre-décembre (respectivement +47%, +119% et +6%) pour le scénario médian ;
- les mois de mars-avril (respectivement +50% et +79%) et juin-juillet (respectivement +8% et +102%), octobre (+10%) et décembre (+16%) pour le scénario pessimiste

ce qui traduit la présence de phénomènes extrêmes, de plus grandes ampleurs.

De même, l'augmentation de l'écart-type pour :

- les mois d'avril-mai (respectivement +32% et +34%) et octobre-décembre (respectivement +14%, +99% et +28%) pour le scénario médian ;
- les mois mars-avril (respectivement +35% et +100%) et juin-juillet (respectivement +11% et +51%) pour le scénario pessimiste

correspond à une plus grande variabilité des épisodes de hauts et bas débits.

La Logne à Saint Colomban

➔ Evolutions chronologiques des débits moyens par périodes

Figure 22 : La Logne à Saint Colomban – Scénario médian

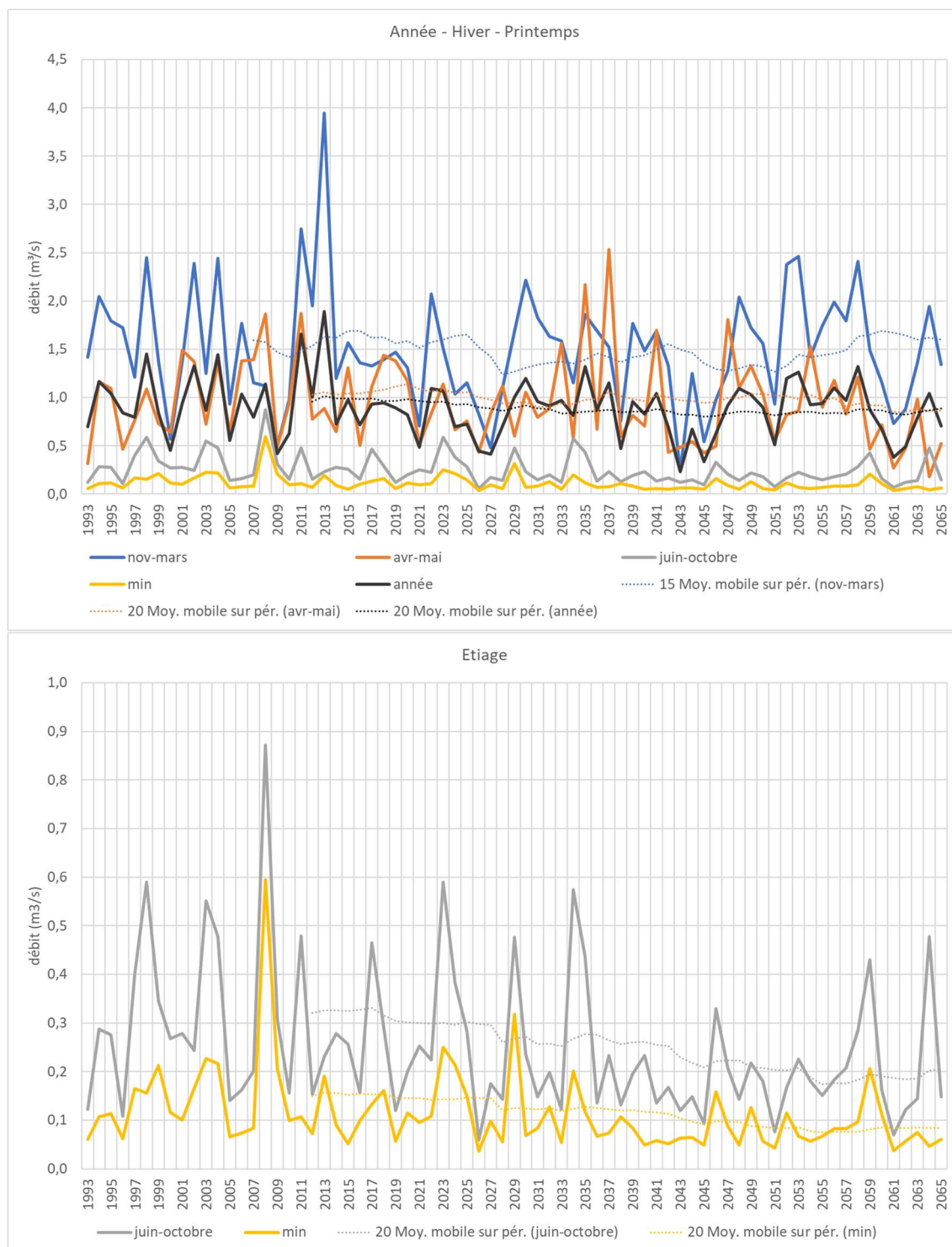
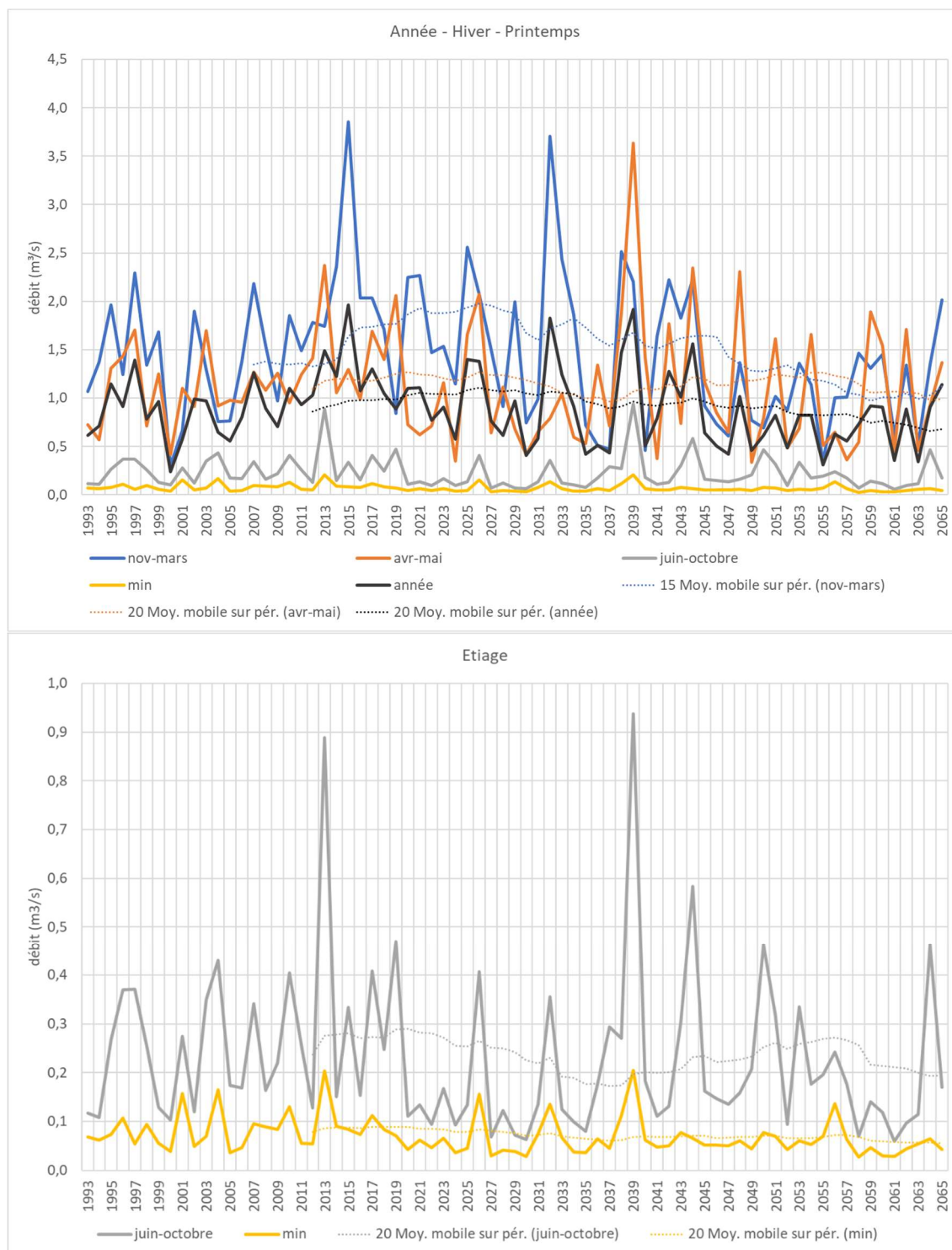


Figure 23 : La Logne à Saint Colomban – Scénario pessimiste



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

écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-11%	-15%	-46%	-30%	-9%	-12%
nov-mars	-7%	-25%	-53%	-38%	1%	-11%
avr-mai	-10%	34%	-43%	35%	-58%	5%
juin-octobre	-33%	-41%	-35%	-45%	0%	-37%
min	-42%	-64%	0%	-65%	121%	-52%
jan	-3%	-19%	-52%	-35%	12%	-8%
fev	-12%	-37%	-52%	-46%	31%	-21%
mar	-15%	-23%	12%	-13%	-4%	-18%
avr	-15%	18%	-42%	22%	-96%	-1%
mai	-1%	40%	-43%	43%	-100%	18%
juin	-21%	-5%	-59%	6%	-39%	-15%
juil	-33%	-52%	-50%	-42%	-18%	-38%
août	-32%	-62%	-34%	-69%	-15%	-40%
sep	-53%	-78%	1511%	-79%	0%	-63%
oct	-37%	7%	0%	40%	0%	-9%
nov	5%	89%	-70%	94%	-100%	44%
dec	-3%	25%	-73%	-4%	-50%	8%

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

écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-20%	17%	30%	-2%	-35%	-12%
nov-mars	-27%	-12%	13%	-35%	-33%	-23%
avr-mai	-1%	72%	-19%	53%	-82%	24%
juin-octobre	-11%	9%	-36%	6%	0%	-1%
min	-24%	-12%	0%	0%	-100%	-18%
jan	-28%	-17%	195%	-22%	-37%	-24%
fev	-21%	-10%	55%	-4%	-39%	-17%
mar	-7%	19%	4%	26%	-42%	2%
avr	15%	115%	-17%	78%	-100%	57%
mai	-22%	-20%	-33%	-20%	-32%	-21%
juin	-3%	29%	-32%	29%	-40%	8%
juil	-7%	17%	-13%	66%	-25%	0%
août	-18%	-21%	-11%	-18%	-17%	-19%
sep	-31%	-53%	1229%	-40%	0%	-39%
oct	-35%	-7%	0%	-14%	0%	-16%
nov	-44%	-47%	-39%	-57%	-29%	-46%
dec	-43%	-26%	22%	-2%	-70%	-36%

Ces valeurs sur La Logne à Saint Colombran permettent d'observer que pour le scénario pessimiste toutes les valeurs quinquennales sèches diminuent fortement de novembre à août (entre -17% et -100%).

En valeurs moyennes mensuelles, seul le mois d'avril bénéficierait d'une hausse (+15%) alors que pour le scénario médian, les moyennes mensuelles de novembre sont à la hausse (+5%).

Il est également intéressant d'observer que les valeurs MAX augmentent pour :

- les mois d'avril-juin (respectivement +22%, +43% et +6%) et octobre-novembre (respectivement +40%, et +94%) pour le scénario médian ;
- les mois de mars-avril (respectivement +26% et +78%) et juin-juillet (respectivement +29% et +66%) pour le scénario pessimiste

ce qui traduit la présence de phénomènes extrêmes, de plus grandes ampleurs.

De même, l'augmentation de l'écart-type pour :

- les mois d'avril-mai (respectivement +18% et +40%) et octobre-décembre (respectivement +7%, +89% et +25%) pour le scénario médian ;
- les mois mars-avril (respectivement +19% et +115%) et juin-juillet (respectivement +29% et +17%) pour le scénario pessimiste

correspond à une plus grande variabilité des épisodes de hauts et bas débits.

L'Ognon aux Sorinières

➔ Evolutions chronologiques des débits moyens par périodes

Figure 24 : L'Ognon aux Sorinières – Scénario médian

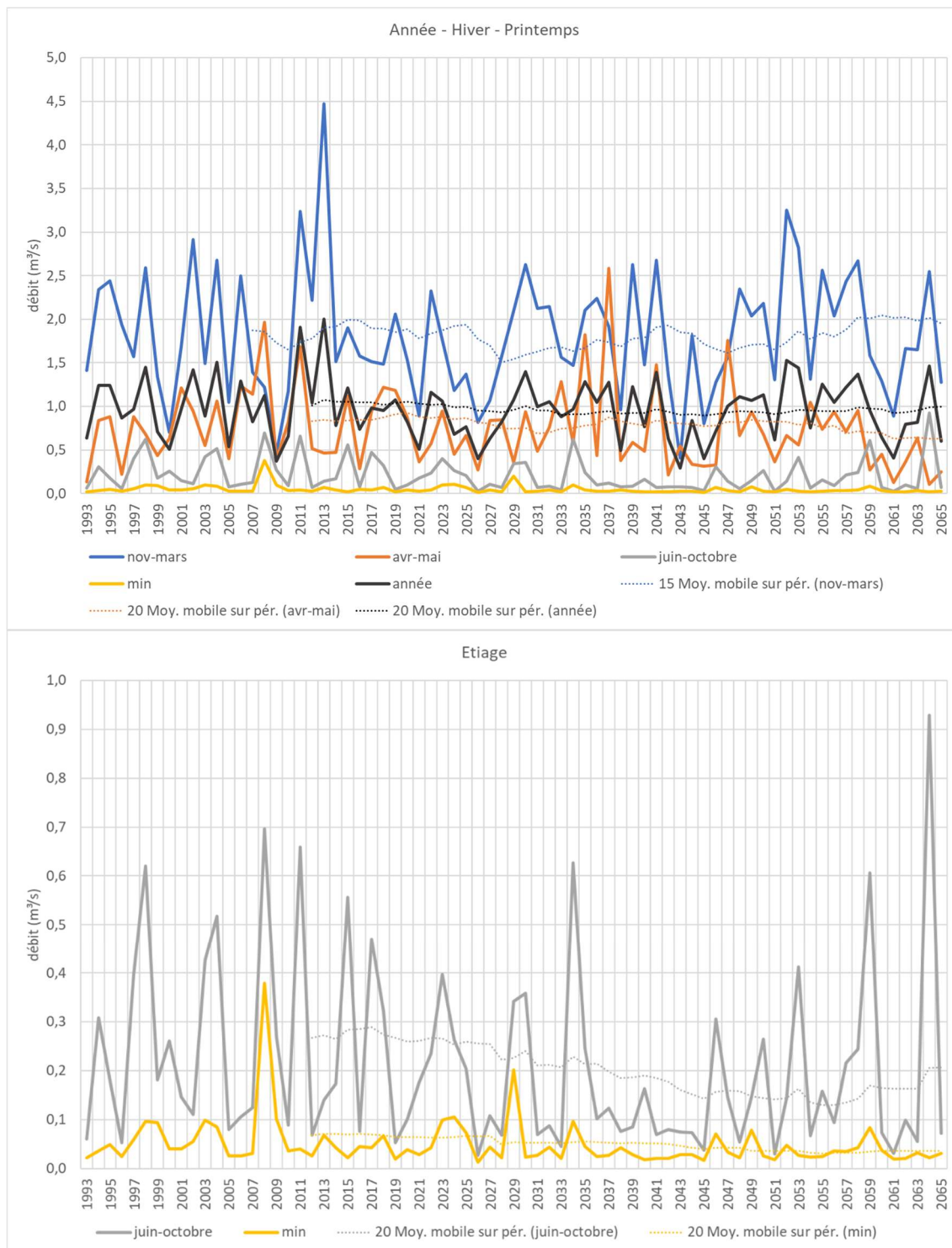
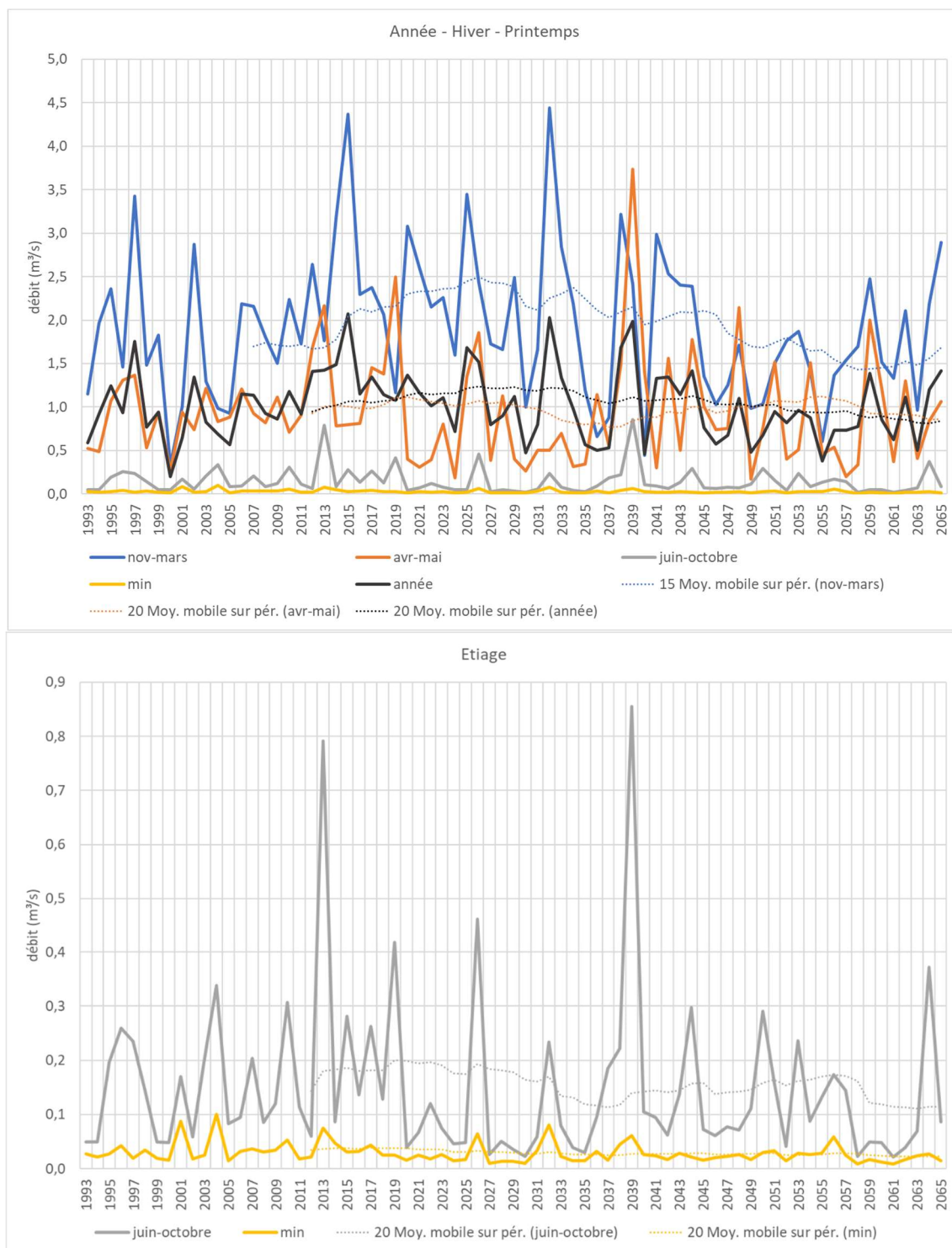


Figure 25 : L'Ognon aux Sorinières – Scénario pessimiste



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

écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-6%	-11%	-21%	-24%	-4%	-7%
nov-mars	-1%	-17%	-12%	-27%	7%	-5%
avr-mai	-13%	29%	-23%	31%	-53%	1%
juin-octobre	-33%	-5%	-43%	33%	0%	-22%
min	-44%	-74%	0%	-78%	-12%	-54%
jan	6%	-22%	-43%	-44%	31%	-4%
fev	-10%	-41%	-7%	-44%	30%	-21%
mar	-16%	-23%	19%	-17%	-3%	-19%
avr	-19%	22%	-18%	35%	-100%	-2%
mai	-1%	21%	-33%	18%	-40%	7%
juin	-28%	-31%	-54%	-34%	-23%	-29%
juil	-44%	-65%	-42%	-56%	-28%	-50%
août	-37%	-60%	-24%	-69%	-20%	-44%
sep	-59%	-37%	-26%	-11%	0%	-51%
oct	-25%	14%	0%	43%	0%	-2%
nov	20%	102%	-72%	133%	-100%	57%
dec	2%	21%	-80%	1%	-33%	9%

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

écart = (hist – futur) / hist	moyenne	écart-type	MIN	MAX	val. quinq. sec	val quinq hum
année	-14%	6%	89%	-4%	-23%	-9%
nov-mars	-17%	-14%	34%	-26%	-19%	-16%
avr-mai	2%	47%	-36%	50%	-42%	17%
juin-octobre	-17%	3%	-42%	8%	0%	-9%
min	-27%	-41%	0%	-39%	-12%	-32%
jan	-12%	-20%	269%	-17%	-4%	-15%
fev	-15%	-18%	33%	-19%	-10%	-16%
mar	5%	29%	-51%	53%	-37%	15%
avr	26%	120%	-30%	107%	-100%	64%
mai	-31%	-42%	-4%	-43%	-12%	-35%
juin	-5%	22%	-23%	28%	-60%	6%
juil	-9%	4%	-7%	46%	-19%	-5%
août	-22%	-40%	-7%	-42%	-8%	-27%
sep	-47%	-74%	-50%	-68%	0%	-56%
oct	-52%	-28%	0%	-8%	0%	-38%
nov	-31%	-30%	-63%	-29%	-36%	-31%
dec	-30%	-11%	252%	32%	-65%	-23%

Ces valeurs sur L'Ognon aux Sorinières permettent d'observer que pour le scénario pessimiste toutes les valeurs quinquennales sèches diminuent fortement en novembre-décembre (respectivement -36% et -65%), mars-avril (respectivement -37% et -100%), et juin (-60%).

En valeurs moyennes mensuelles, seuls les mois de mars-avril bénéficieraient d'une hausse (respectivement +5% et 26%) alors que pour le scénario médian, les moyennes mensuelles de janvier, novembre et décembre sont à la hausse (respectivement +6%, +20% et +2%).

Il est également intéressant d'observer que les valeurs MAX augmentent pour :

- les mois d'avril-mai (respectivement +35% et +18%) et octobre-décembre (respectivement +43%, +133% et +1%) pour le scénario médian ;
- les mois de mars-avril (respectivement +53% et +107%) et juin-juillet (respectivement +28%, et +46%) et décembre (+32%) pour le scénario pessimiste

ce qui traduit la présence de phénomènes extrêmes, de plus grandes ampleurs.

De même, l'augmentation de l'écart-type pour :

- les mois d'avril-mai (respectivement +22% et +21%) et octobre-décembre (respectivement +14%, +102% et +21%) pour le scénario médian ;
- les mois mars-avril (respectivement +29% et +120%) et juin-juillet (respectivement +22% et +4%) pour le scénario pessimiste

correspond à une plus grande variabilité des épisodes de hauts et bas débits.

3.4.2.2 Débits futurs (horizon 2050) par UH

Pour évaluer l'impact du changement climatique sur la ressource par Unités Hydrographiques (UH), il est fait l'hypothèse que l'impact du changement climatique sur une station de référence de l'UH est homogène pour celui-ci, et ses alentours. Les différents écarts entre débits historique et futur sur les indicateurs hydrologiques de la station de référence sont donc appliqués aux valeurs caractéristiques hydrologiques de l'UH (issues du volet H).

Pour chaque UH, une station Explore2 a donc été sélectionnée comme station de référence, sur la base :

- De la présence d'une station Explore 2 analysée précédemment sur l'UH considérée,
- De La position géographique de la station EXPLORE 2 par rapport aux UH non dotées.

Tableau 5 : Choix des stations de référence pour évaluer les débits futurs aux UH

Nom	ID	Surface BV à l'exutoire de l'UH (km ²)	Station EXPLORE 2 de référence
L'Issoire en amont de sa confluence à la Boulogne	UH01	73.93	Issoire St Philbert de Bouaine
La Boulogne en amont de la confluence de l'Issoire	UH02	207.71	Boulogne St Philbert de Bouaine
La Boulogne de l'aval de la confluence de l'Issoire au lac de Grand-Lieu	UH03	324.66	Boulogne St Philbert de Grand Lieu
L'Ognon en amont de Vieilleville (amont de la confluence du ruisseau de Marceau)	UH04	27.55	Ognon Monbert
L'Ognon de Vieilleville aux Sorinières	UH05	160.63	Ognon Sorinières
La Logne jusqu'au lac de Grand-Lieu	UH06	144.43	Logne St Colomban
Cours d'eau sur socle affluents du lac de Grand-Lieu au sud et à l'ouest	UH07	48.94	Logne St Colomban
Partie aval du bassin de l'Ognon et cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu au nord	UH08	69.98	Ognon Sorinières
Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu à l'est	UH09	69.50	Ognon Sorinières
Lac de Grand-Lieu	UH10	879.83	Ognon Sorinières

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

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

Tableau 6 : débits caractéristiques 2050 par UH – Scénario médian

MODELE MEDIAN - ALADIN63: ECARTS ENTRE DEBITS HISTORIQUES ET FUTURS PAR UH																								
Nom	ID2	Surface UH (km²)	Surface BV à l'exutoire de l'UH (km²)	Station EXPLORE 2 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								
L'Issoire en amont de sa confluence à la Boulogne	UH1	73.93	73.93	Issoire StPhilbert	1.809	1.207	0.755	0.324	0.223	0.053	0.026	0.021	0.008	0.098	0.699	1.504	0.545	0.375	0.711	1.177	0.798	1.557	0.008	0.004
La Boulogne en amont de la confluence de l'Issoire	UH2	207.71	207.71	Boulogne st philbert Bouaine	5.110	3.646	2.383	1.085	0.711	0.190	0.115	0.113	0.042	0.329	2.212	4.261	1.643	1.109	2.162	3.466	2.273	4.659	0.034	0.017
La Boulogne de l'aval de la confluence de l'Issoire au lac de Grand-Lieu	UH3	43.01	324.66	Boulogne st Philbert gd Lieu	7.760	5.549	3.607	1.607	1.071	0.332	0.192	0.152	0.063	0.471	3.211	6.510	2.457	1.668	3.225	5.219	3.451	6.986	0.048	0.024
L'Ognon en amont de Vieillevigne (amont de la confluence du ruisseau de Marceau)	UH4	27.55	27.55	Ognon Monbert	0.637	0.440	0.267	0.117	0.087	0.034	0.019	0.017	0.008	0.061	0.290	0.524	0.205	0.143	0.266	0.422	0.287	0.557	0.009	0.006
L'Ognon de Vieillevigne aux Sorinières	UH5	133.08	160.63	Ognon Soriniere	3.402	2.360	1.423	0.612	0.456	0.190	0.104	0.090	0.042	0.319	1.532	2.776	1.092	0.759	1.415	2.243	1.524	2.963	0.046	0.034
La Logne juqu'au lac de Grand-Lieu	UH6	144.43	144.43	Logne St colomban	3.108	2.251	1.433	0.626	0.478	0.132	0.069	0.047	0.016	0.142	1.210	2.623	0.969	0.684	1.245	2.076	1.438	2.713	0.010	0.004
Cours d'eau sur socle affluents du lac de Grand-Lieu au sud et à l'ouest	UH7	48.94	48.94	Logne St colomban	1.170	0.847	0.540	0.236	0.180	0.050	0.026	0.018	0.006	0.054	0.456	0.987	0.365	0.258	0.469	0.781	0.541	1.021	0.004	0.001
Partie aval du bassin de l'Ognon et cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu au nord	UH8	69.98	69.98	Ognon Soriniere	1.620	1.123	0.678	0.291	0.217	0.090	0.050	0.043	0.020	0.152	0.729	1.322	0.520	0.361	0.674	1.068	0.725	1.410	0.022	0.016
Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu à l'est	UH9	69.50	69.50	Ognon Soriniere	1.609	1.116	0.673	0.289	0.216	0.090	0.049	0.043	0.020	0.151	0.724	1.313	0.516	0.359	0.669	1.061	0.721	1.401	0.022	0.016
Lac de Grand-Lieu	UH10	61.69	879.83	Ognon Soriniere	17.437	12.025	7.479	3.181	2.303	0.760	0.400	0.325	0.139	1.174	7.434	14.117	5.449	3.771	7.081	11.440	7.736	15.144	0.152	0.103

Tableau 7 : débits caractéristiques 2050 par UH – Scénario pessimiste

MODELE PESSIMISTE - CCLM4-8-17: ECARTS ENTRE DEBITS HISTORIQUES ET FUTURS PAR UH																								
Nom	ID2	Surface UH (km²)	Surface BV à l'exutoire de l'UH (km²)	Station EXPLORE 2 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								
L'Issoire en amont de sa confluence à la Boulogne	UH1	73.93	73.93	Issoire StPhilbert	1.737	1.324	1.004	0.429	0.153	0.070	0.038	0.022	0.009	0.049	0.339	1.135	0.510	0.351	0.665	1.079	0.731	1.428	0.007	0.004
La Boulogne en amont de la confluence de l'Issoire	UH2	207.71	207.71	Boulogne st philbert Bouaine	4.730	3.837	3.046	1.354	0.468	0.275	0.166	0.089	0.038	0.152	1.007	2.941	1.484	1.002	1.953	3.061	2.007	4.114	0.030	0.013
La Boulogne de l'aval de la confluence de l'Issoire au lac de Grand-Lieu	UH3	43.01	324.66	Boulogne st Philbert gd Lieu	6.968	5.716	4.425	2.006	0.771	0.406	0.243	0.144	0.070	0.260	1.449	4.407	2.223	1.509	2.918	4.606	3.046	6.166	0.044	0.020
L'Ognon en amont de Vieillevigne (amont de la confluence du ruisseau de Marceau)	UH4	27.55	27.55	Ognon Monbert	0.602	0.490	0.365	0.160	0.060	0.040	0.028	0.019	0.008	0.026	0.127	0.394	0.192	0.133	0.248	0.388	0.263	0.512	0.008	0.005
L'Ognon de Vieillevigne aux Sorinières	UH5	133.08	160.63	Ognon Soriniere	3.223	2.615	1.928	0.872	0.332	0.225	0.146	0.100	0.046	0.141	0.681	2.149	1.033	0.719	1.339	2.088	1.418	2.758	0.044	0.028
La Logne juqu'au lac de Grand-Lieu	UH6	144.43	144.43	Logne St colomban	2.630	2.254	1.674	0.795	0.387	0.148	0.086	0.053	0.021	0.112	0.464	1.583	0.883	0.624	1.135	1.832	1.269	2.395	0.010	0.004
Cours d'eau sur socle affluents du lac de Grand-Lieu au sud et à l'ouest	UH7	48.94	48.94	Logne St colomban	0.990	0.848	0.630	0.299	0.146	0.056	0.032	0.020	0.008	0.042	0.175	0.596	0.332	0.235	0.427	0.690	0.478	0.902	0.004	0.001
Partie aval du bassin de l'Ognon et cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu au nord	UH8	69.98	69.98	Ognon Soriniere	1.534	1.245	0.918	0.415	0.158	0.107	0.070	0.048	0.022	0.067	0.324	1.023	0.492	0.342	0.638	0.994	0.675	1.313	0.021	0.013
Cours d'eau en zone sédimentaire affluents du lac de Grand-Lieu à l'est	UH9	69.50	69.50	Ognon Soriniere	1.524	1.237	0.912	0.413	0.157	0.106	0.069	0.047	0.022	0.067	0.322	1.016	0.489	0.340	0.633	0.987	0.671	1.304	0.021	0.013
Lac de Grand-Lieu	UH10	61.69	879.83	Ognon Soriniere	16.516	13.328	10.131	4.537	1.678	0.901	0.560	0.361	0.151	0.518	3.306	10.930	5.157	3.569	6.702	10.648	7.201	14.096	0.144	0.086

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

Figure 26 : Variations possibles du débit minimum moyen par UH

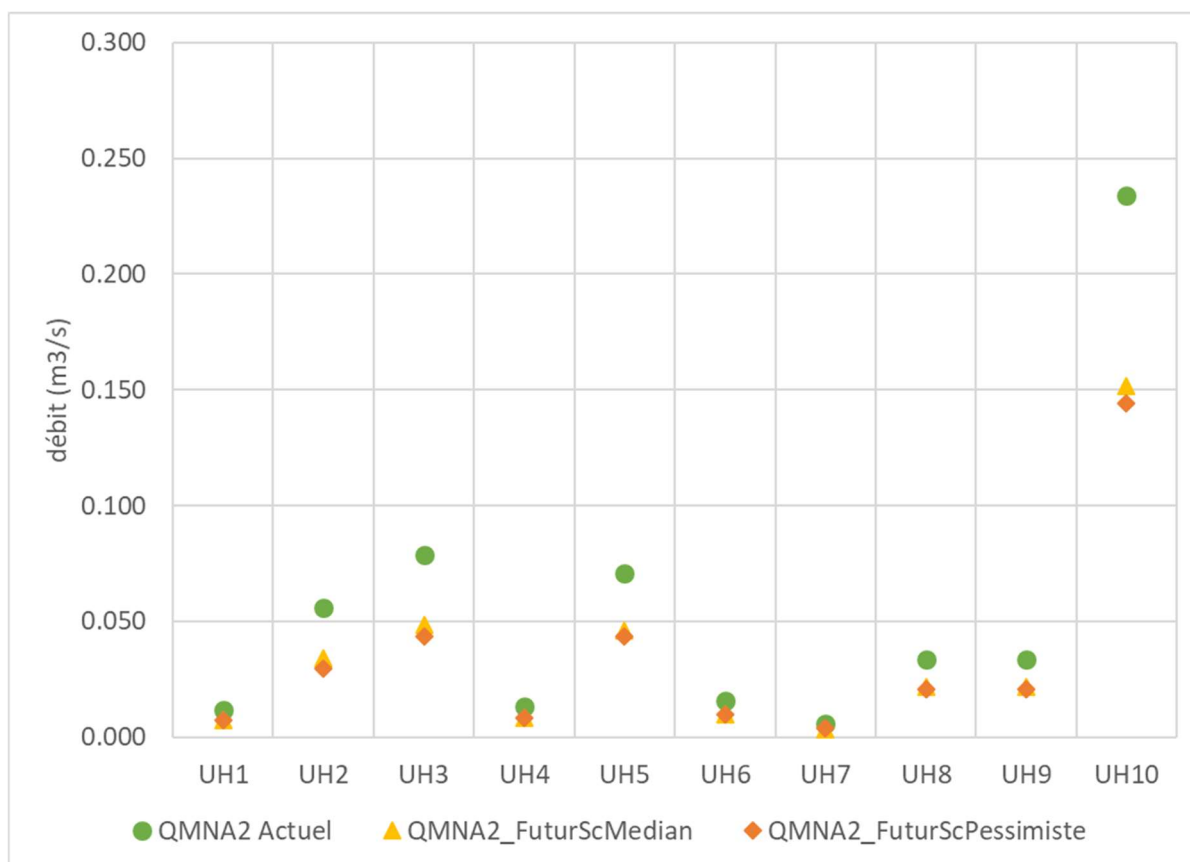
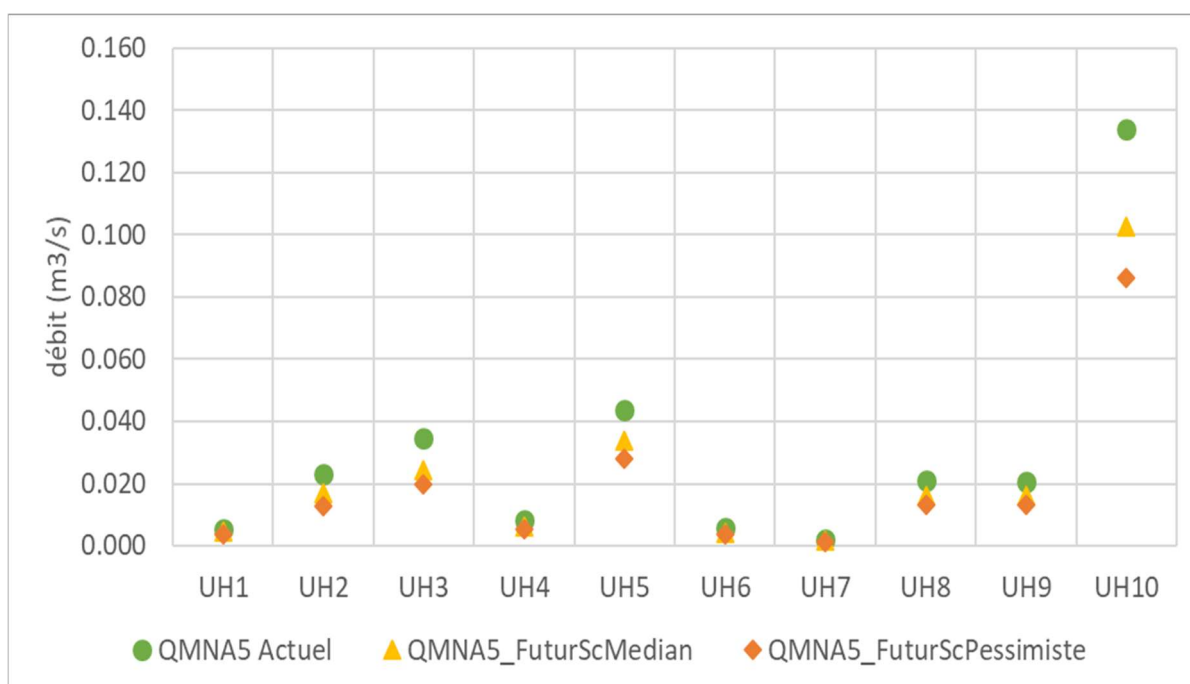
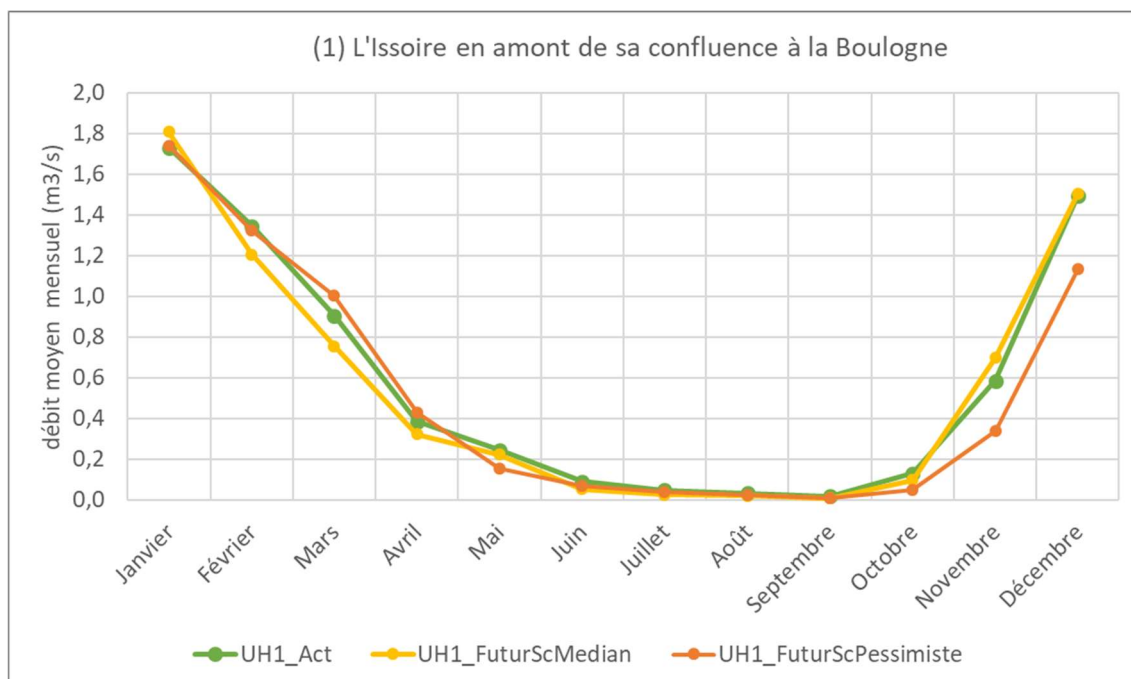


Figure 27 : Variations possibles du débit minimum quinquennal par UH



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 28 : Variation des débits moyens mensuels de l'UH01 sous les effets du changement climatique – scénarios médian et pessimiste



Ce graphique met bien en évidence la baisse importante des débits en novembre et décembre 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 d'octobre à février.

En résumé, les points suivants peuvent être retenus :

	Année / Hiver / Printemps	Eté / Automne / Minimum
Scénario médian	- Baisse des débits d'environ 7% sur l'année, - Baisse des débits modérée au printemps et faible en hiver	- Forte baisse en été et à l'automne - Baisse marquée des débits minima
Scénario pessimiste	- Baisse des débits d'environ 15% sur l'année, - Baisse des débits variable mais globalement faible au printemps et assez forte en hiver	- Faible baisse des débits d'été - Forte baisse des débits d'automne - Baisse marquée des débits minima

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'été 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 de la projection climatique retenue.**

3.4.3 Evolution de la ressource en eaux souterraines

A propos des eaux souterraines, le projet EXPLORE 2 apporte deux types d'informations :

- Des projections de piézométrie à partir de modèles hydrogéologiques régionaux ;
- Des données de recharge de nappe par masses d'eau.

Dans le premier cas, il s'agit d'utiliser un modèle hydrogéologique régional fiabilisé auquel sont appliquées de nouvelles conditions climatiques. Ainsi, il est produit des chroniques piézométriques prédictives. Cependant, le territoire du bassin de Grand Lieu n'est pas couvert par un modèle hydrogéologique de ce type.

En conséquence, et par défaut, les données de recharge par masse d'eau peuvent être considérées.

L'analyse qui suit porte sur les deux principales masses d'eau :

- FRGG030 : Bassin versant de Logne - Boulogne - Ognon - Grand Lieu (nappe du socle) - UH01, UH02, UH04, UH06, UH07
- FRGG037 : Sables du bassin tertiaire du lac de Grand Lieu (nappe des sables du Pliocène) – UH03, UH05, UH08, UH09

3.4.3.1 Modèle de RECHARGE

Le projet EXPLORE 2 a étudié la recharge potentielle des aquifères par infiltration des précipitations efficaces obtenues en mettant en œuvre le modèle RECHARGE sur l'ensemble du territoire hexagonal avec, pour données d'entrée, les évolutions climatiques projetées par l'ensemble élaboré et corrigé avec la méthode ADAMONT dans le cadre du projet EXPLORE 2.

Le modèle « RECHARGE », développée et mis en œuvre par le BRGM, permet de calculer la part de la pluie efficace qui s'infiltre dans le sous-sol, en prenant en compte l'occupation du sol. Le flux d'infiltration simulé est appelé « Recharge potentielle apportée par les précipitations », pour faire référence au fait que la méthode de calcul ne permet pas de vérifier si cette infiltration simulée constitue une recharge réelle pour les aquifères (une partie du flux simulé pouvant revenir vers les cours d'eau en aval de sa zone d'infiltration).

La recharge potentielle des aquifères correspond à la part de la pluie efficace qui s'infiltre, l'autre partie alimentant le réseau hydrographique de surface, par ruissellement ou écoulements de sub-surface.

Pour chaque scénario d'émission (RCP2.6, RCP4.5 ou RCP8.5) et chaque horizon temporel (H1 : 2021-2050, H2 : 2041-2070, H3 : 2071-2100), les résultats des calculs sont présentés sous la forme d'indicateurs :

- cumuls annuels de recharge potentielle sur chaque masse d'eau souterraine (MESO), en moyenne inter-annuelle sur une période de 30 ans ;
- écarts relatifs par rapport à la simulation de référence (sur la période historique 1976-2005, H0) du cumul annuel de recharge potentielle sur chaque MESO ;
- cumuls de recharge inter-annuels par trimestre.

3.4.3.2 Résultats locaux

3.4.3.2.1 Modèle RECHARGE

Les résultats des recharges annuelles des différents modèles et simulations sont tout d'abord présentés pour chaque scénario d'émission de gaz à effets de serre (RCP), puis en comparant les projections climatiques pour un même horizon temporel.

Les représentations statistiques qui suivent dites de « boîte à moustache » ou de « boxplot » se lisent ainsi :

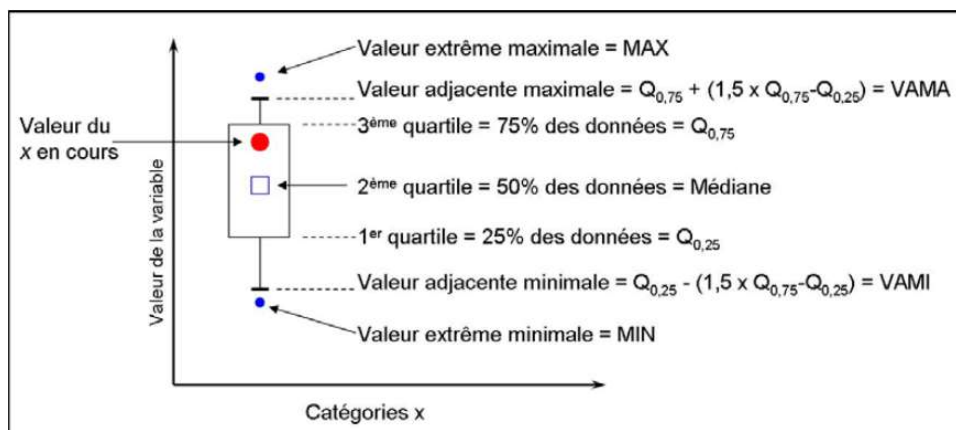


Figure 29 : Principe de « boîte à moustaches » (source : Luis Lampert)

3.4.3.2.2 Nappe du socle

Modèle RCP 4.5

Selon le scénario RCP4.5, les 9 modèles utilisés montrent (Figure 30 et Figure 31) :

- Des recharges historiques simulées peu contrastées variant de 180 à plus de 202 mm ;
- Pour la période 2021-2050, les résultats des simulations divergent (175 à 218 mm), avec une médiane à 203 mm, soit 7% au-dessus de la situation de référence ;
- Pour la période 2041-2070, les modèles présentent des résultats extrêmes très écartés, mais avec 50% des modèles à écart plus restreint. La médiane des résultats revient comparable à la situation de référence ;
- A échéance 2071-2100, les écarts sont très importants selon les modèles (174 à 237 mm), avec une tendance à la hausse d'où une médiane à 214 mm.

Ainsi, selon le scénario RCP4.5, les modèles montrent des écarts assez marqués, surtout à échéance 2071-2100. Sur la base des médianes, la recharge des aquifères vis-à-vis de la situation historique simulée devrait augmenter de 11% à échéance 2071-2100.

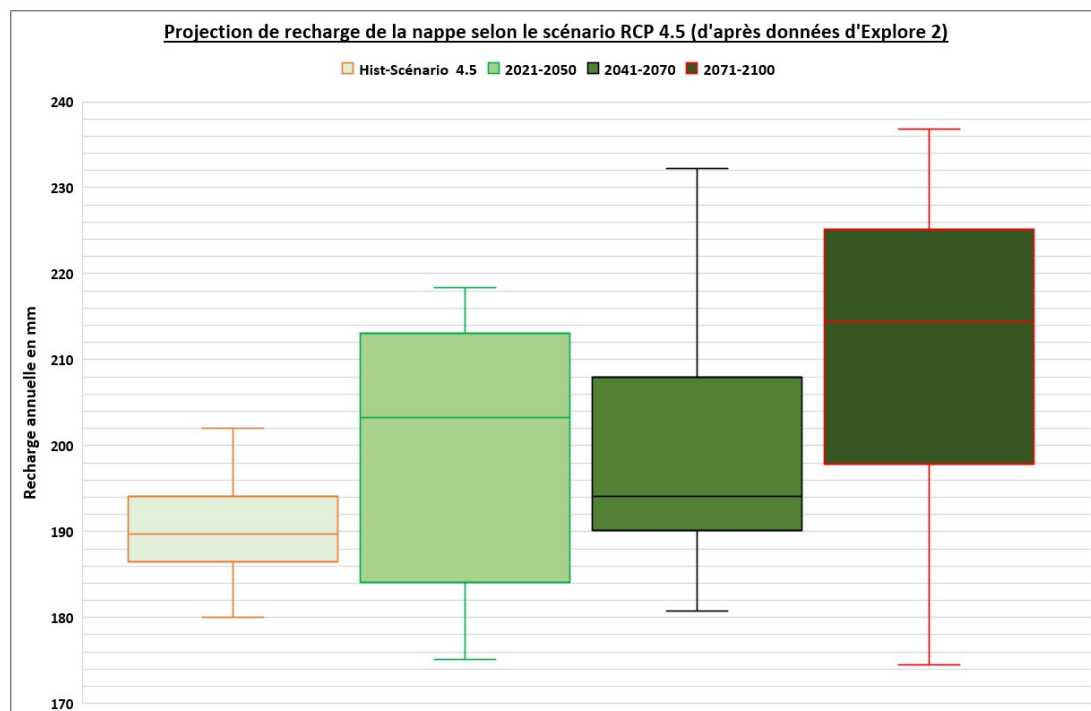


Figure 30 : Projection des recharges simulées selon le scénario RCP 4.5

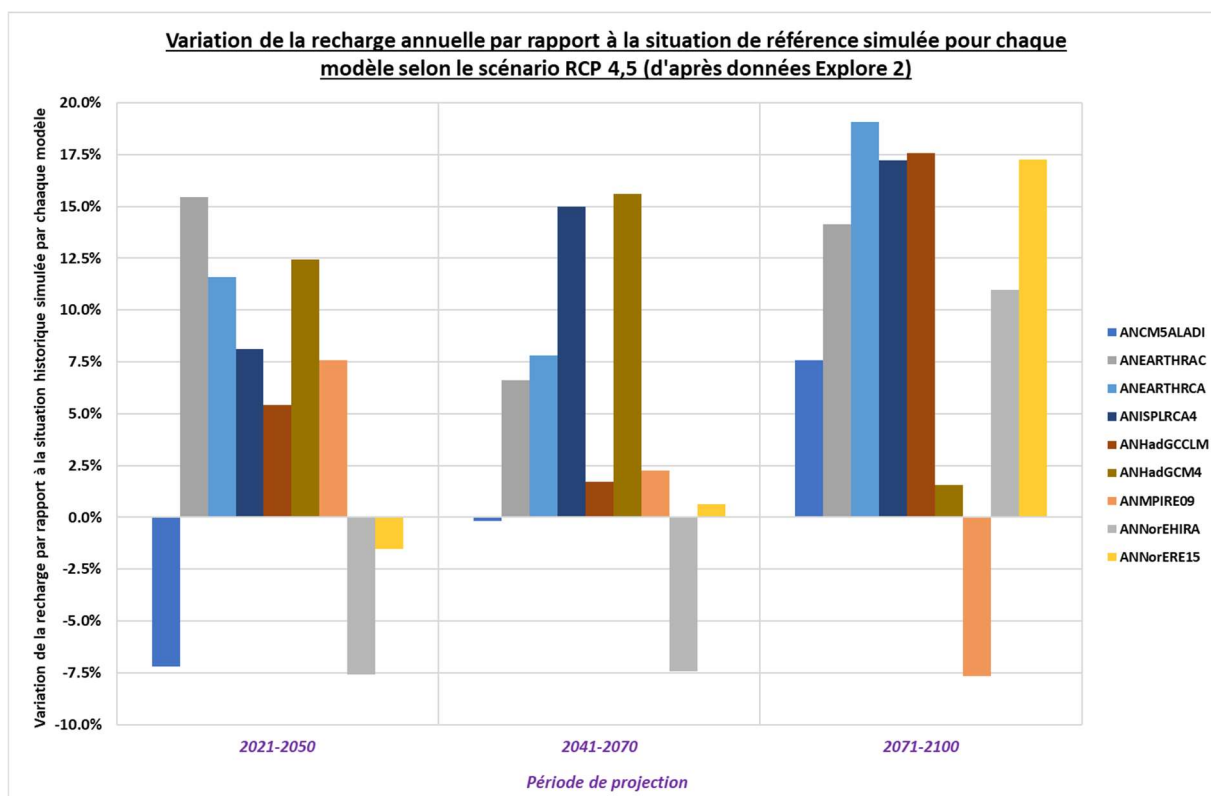


Figure 31 : Variation de la recharge annuelle par rapport à la situation de référence simulée pour chaque modèle selon le scénario RCP 4.5

Modèle RCP 8.5

Selon le scénario 8.5, les 17 modèles utilisés montrent (Figure 32 et Figure 33) :

- Des recharges historiques simulées cohérentes selon les modèles, variant de 179 à 206 mm, en dehors du modèle PIRE09 qui simule une valeur anormale à 218 mm ;
- Pour la période 2021-2050, on observe un assez grand écart type des résultats entre 160 et 232 mm. La médiane des résultats est à 198 mm, soit 5% au-dessus des situations de référence ;
- Pour la période 2041-2070, les modèles présentent moins d'écarts entre eux avec globalement des résultats supérieurs à la période 2021-2050. Le modèle ISPLRCA4 donne une valeur également anormale. La médiane atteint 204 mm, 8% supérieur à la situation historique simulée ;
- A échéance 2071-2100, les modèles simulent des recharges assez variables de 157 mm (-22% par rapport à la situation historique simulée) à 286 m (+51% par rapport à la situation historique simulée). La médiane des résultats des modélisations atteint 198 mm.

Selon le scénario RCP 8.5, et selon les médianes des résultats, la recharge des aquifères vis-à-vis de la situation historique simulée devrait augmenter de 7 à 9% selon les échéances. Cependant, les simulations selon les modèles montrent des écarts marqués, surtout à échéance 2071-2100. Les variations de recharge par rapport aux situations de référence pourraient être de -22% à +51%.

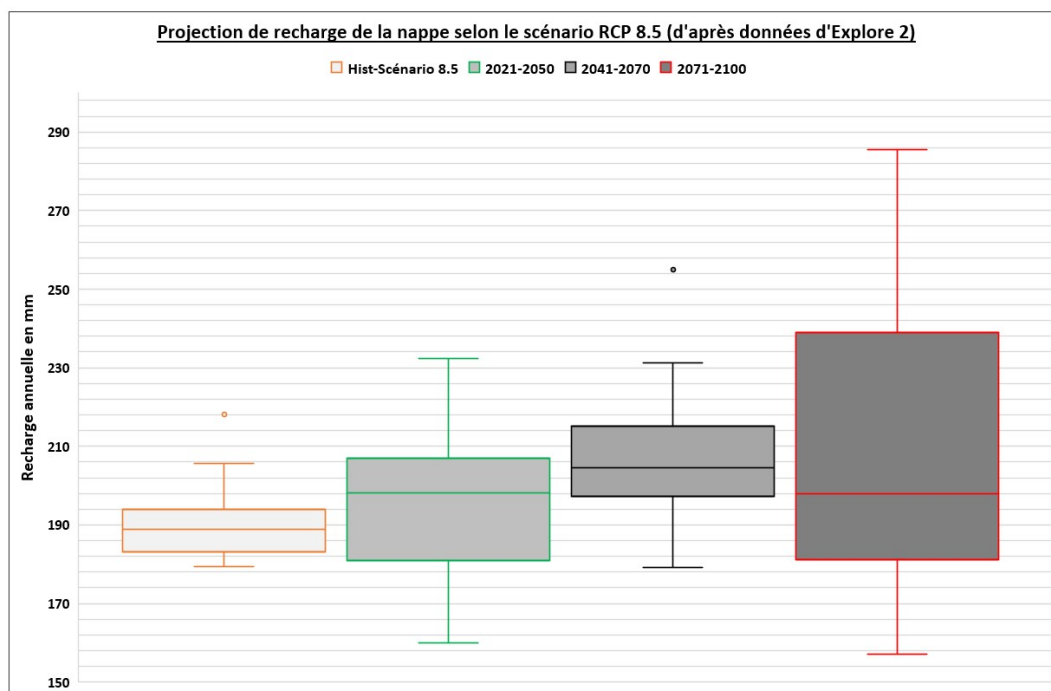


Figure 32 : Projection des recharges simulées selon le scénario RCP 8.5

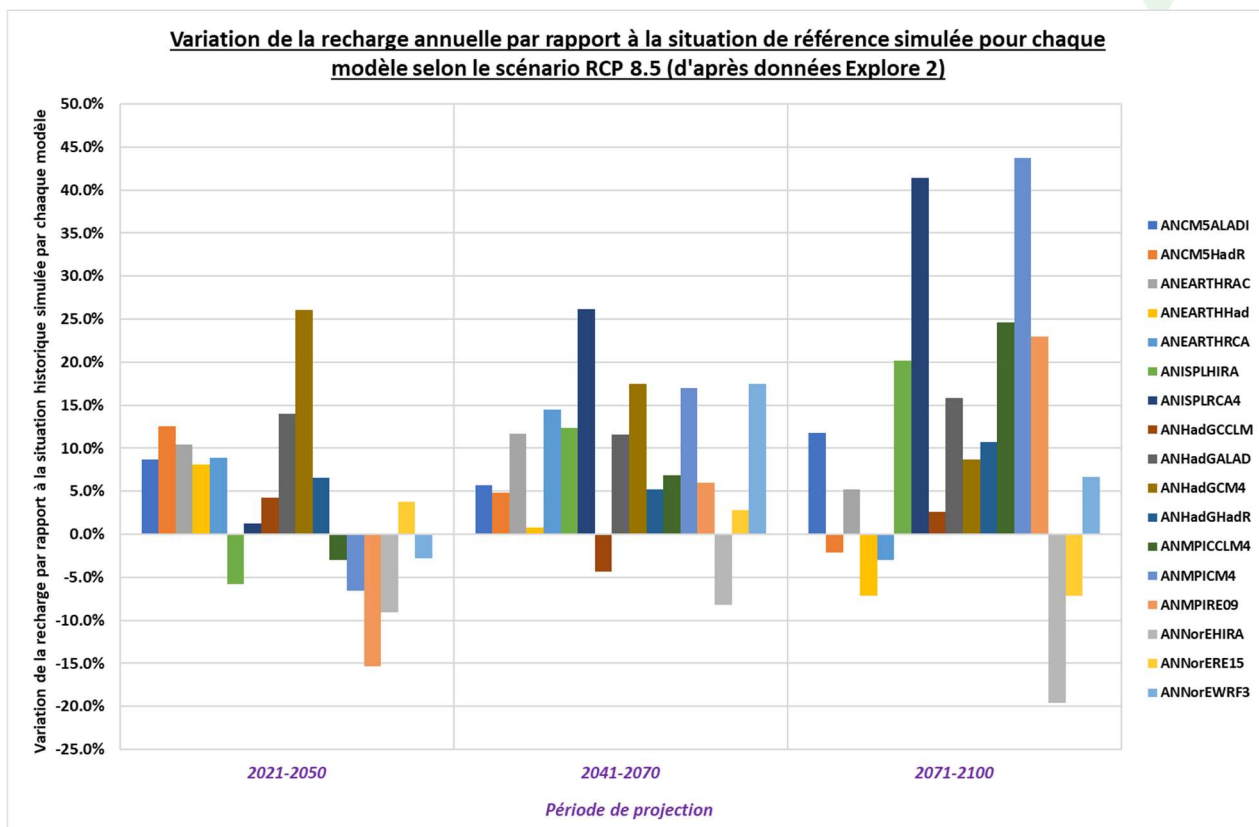


Figure 33 : Variation de la recharge annuelle par rapport à la situation de référence simulée pour chaque modèle selon le scénario RCP 8.5

Recharge à échéance 2021-2050

A échéance 2021-2050, les simulations issues des 3 scénarios climatiques montrent une certaine disparité notamment pour le scénario RCP 2.6, réputé déjà dépassé.

Les 3 scénarios montrent une élévation de la médiane des recharges annuelles simulées par rapport aux situations de référence, de 5 à 12%.

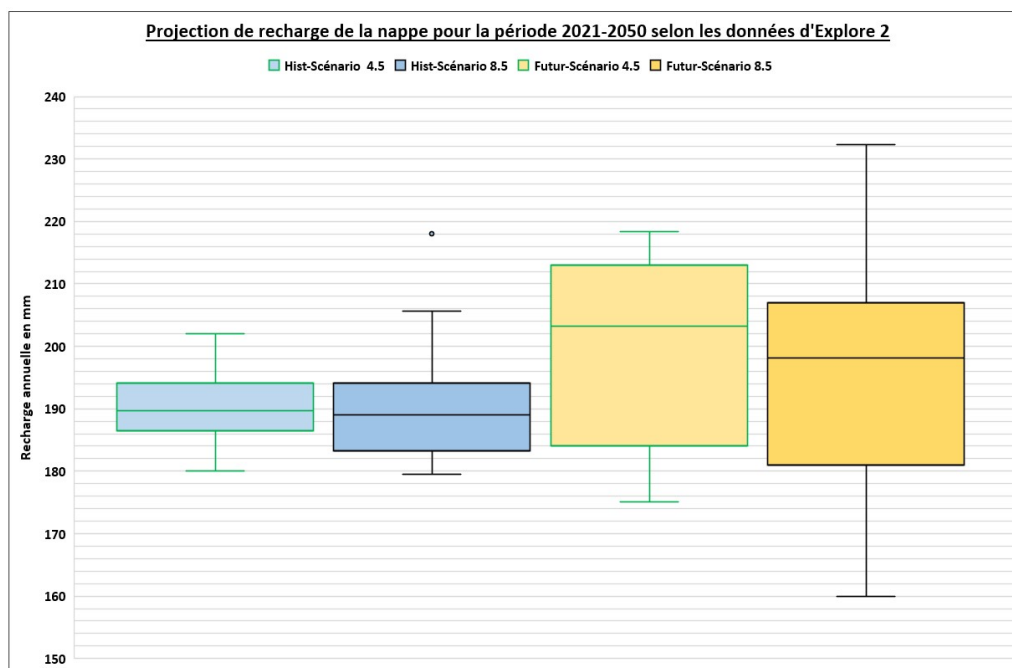


Figure 34 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2021-2050 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)

Recharge à échéance 2041-2070

A échéance 2041-2070, les variabilités de résultats entre modèles sont comparables avec des valeurs minimale et maximales écartées.

La médiane des simulations n'est pas croissante en fonction du RCP (197 mm pour RCP 2.6, 194 mm pour RCP 4.5, 204 mm pour RCP 8.5), mais toujours en augmentation vis-à-vis de la simulation de référence de 2 à 8%.

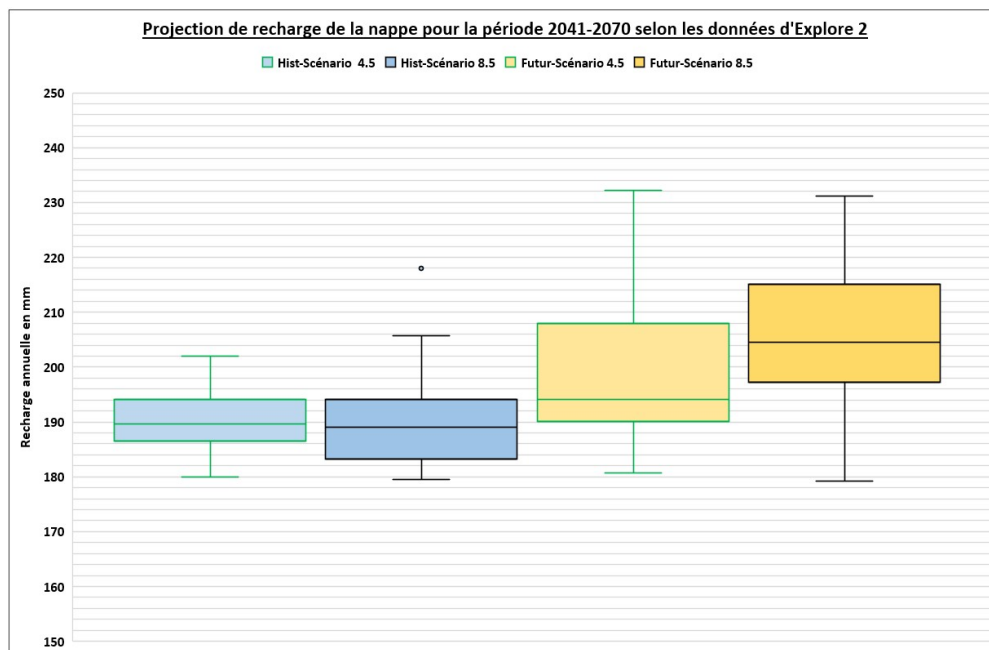


Figure 35 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2041-2070 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)

Recharge à échéance 2071-2100

A échéance 2071-2100, les écarts des résultats des simulations sont croissants avec les RCP. Ainsi, bien que les médianes montrent une augmentation de la recharge, les incertitudes ne permettent pas de l'affirmer.

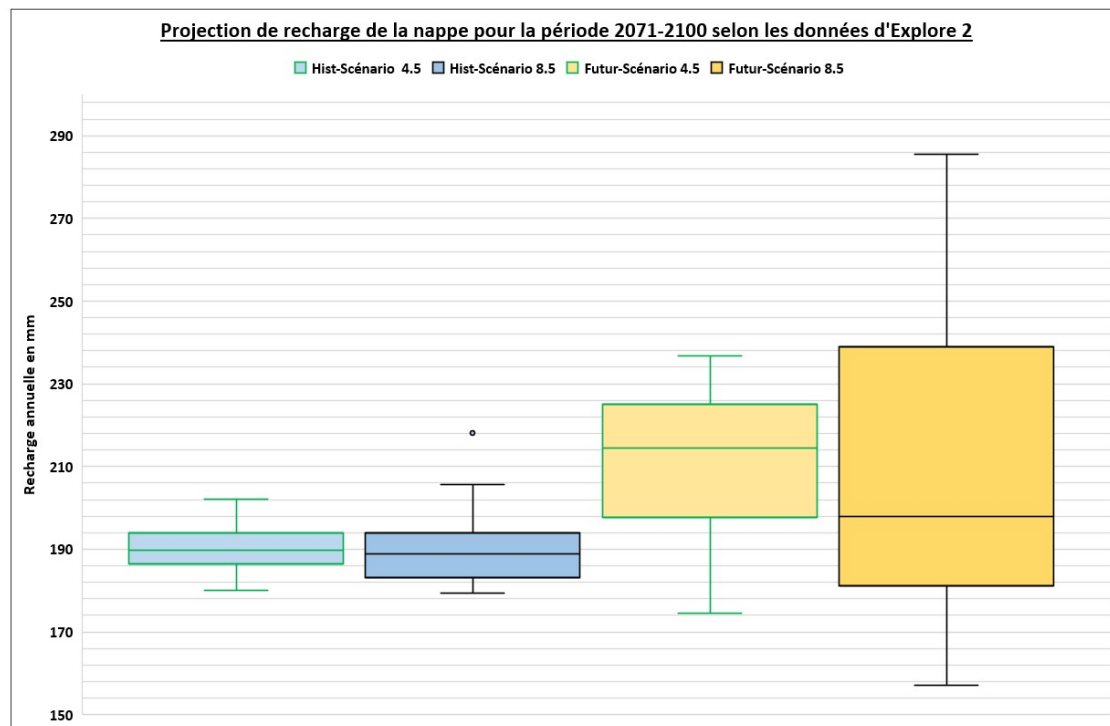


Figure 36 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2071-2100 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)

3.4.3.2.3 Nappe des sables

Modèle RCP 4.5

Selon le scénario 4.5, les 9 modèles utilisés montrent (Figure 30 et Figure 31) :

- Des recharges historiques simulées peu contrastées variant de 229 à plus de 255 mm ;
- Pour la période 2021-2050, les résultats des simulations divergent avec une médiane élevée à 259 mm, soit 8% au-dessus de la situation de référence ;
- Pour la période 2041-2070, les modèles présentent notamment un résultat maximal, 50% des modèles fournissent des données plus resserrées. La médiane des résultats est légèrement supérieure à la situation de référence ;
- A échéance 2071-2100, les écarts entre les modèles sont très importants, avec une tendance à la hausse d'où une médiane à 270 mm.

Ainsi, selon le scénario RCP 4.5, les modèles montrent des écarts assez marqués, notamment à échéance 2071-2100. Sur la base des médianes, la recharge des aquifères vis-à-vis de la situation historique simulée devrait augmenter de +3 à +10% en moyenne.

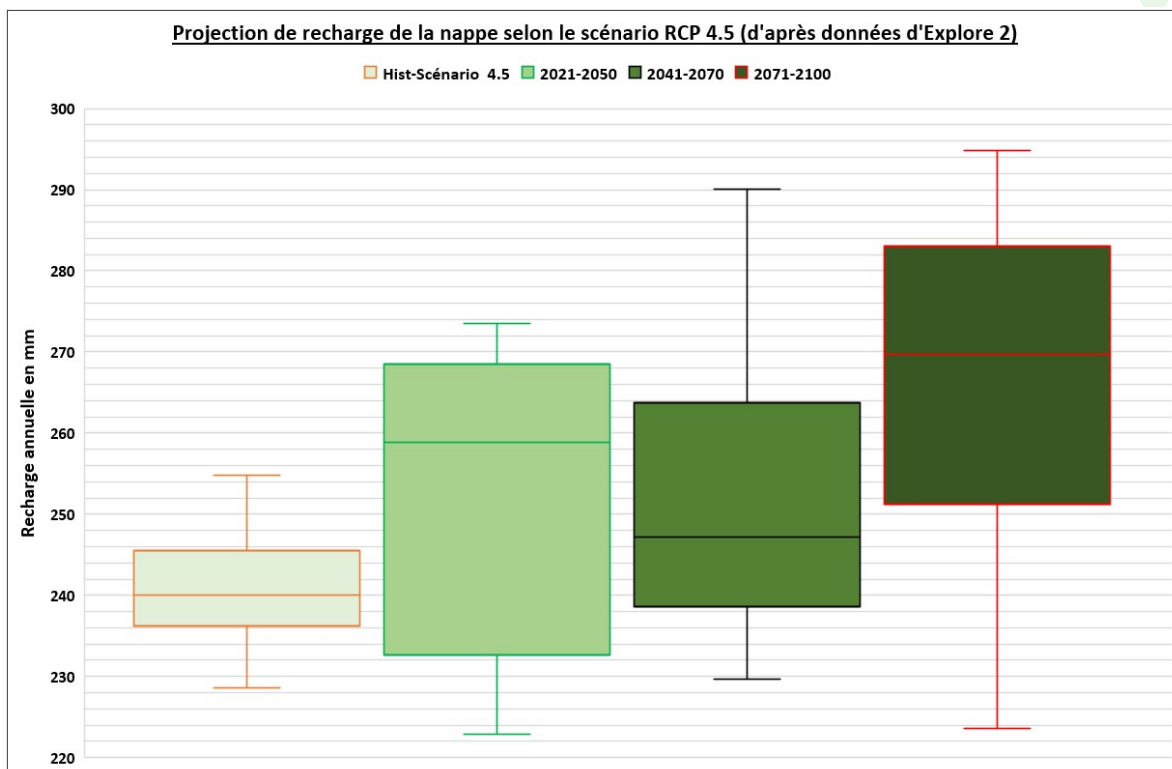


Figure 37 : Projection des recharges simulées selon le scénario RCP 4.5

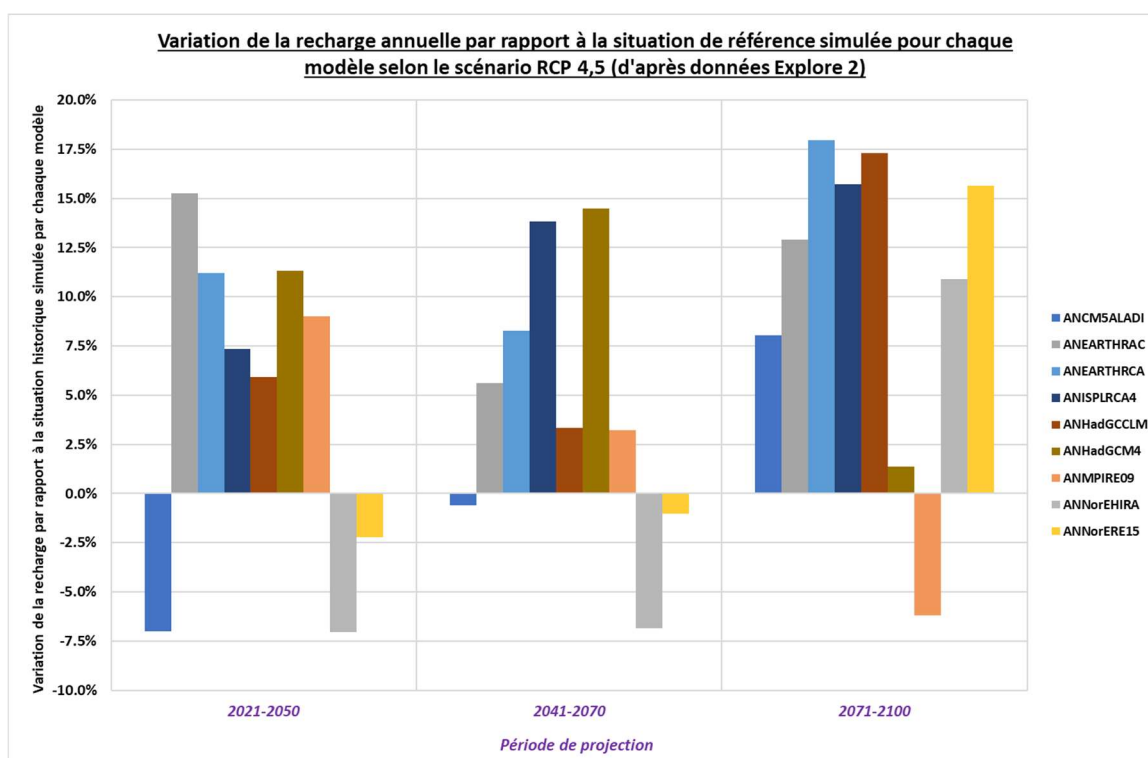


Figure 38 : Variation de la recharge annuelle par rapport à la situation de référence simulée pour chaque modèle selon le scénario RCP 4.5

Modèle RCP 8.5

Selon le scénario 8.5, les 17 modèles utilisés montrent (Figure 32 et Figure 33) :

- Des recharges historiques simulées cohérentes selon les modèles, variant de 179 à 206 mm, en dehors du modèle PIRE09 qui simule une valeur anormale à 269 mm ;
- Pour la période 2021-2050, on observe un grand écart-type des résultats entre 208 et 290 mm. La médiane des résultats est à 251 mm, soit 5% au-dessus des situations de référence ;
- Pour la période 2041-2070, les modèles présentent moins d'écarts entre eux avec globalement des résultats supérieurs à la période 2021-2050. Le modèle ISPLRCA4 donne une valeur également anormale. La médiane atteint 259 mm, 8% supérieur à la situation historique simulée ;
- A échéance 2071-2100, les modèles simulent des recharges très variables de 205 mm (-17% par rapport à la situation historique simulée) à 359 mm (+41% par rapport à la situation historique simulée). La médiane des résultats des modélisations atteint 254 mm.

Selon le scénario RCP 8.5, les résultats des modèles sont divergents, avec une tendance à la baisse mais aussi et pour la plupart à la hausse. Les variations de recharge par rapport aux situations de référence pourraient être de -17% à +41%. Selon la médiane, cette recharge pourrait augmenter de 4 à 9% selon les échéances.

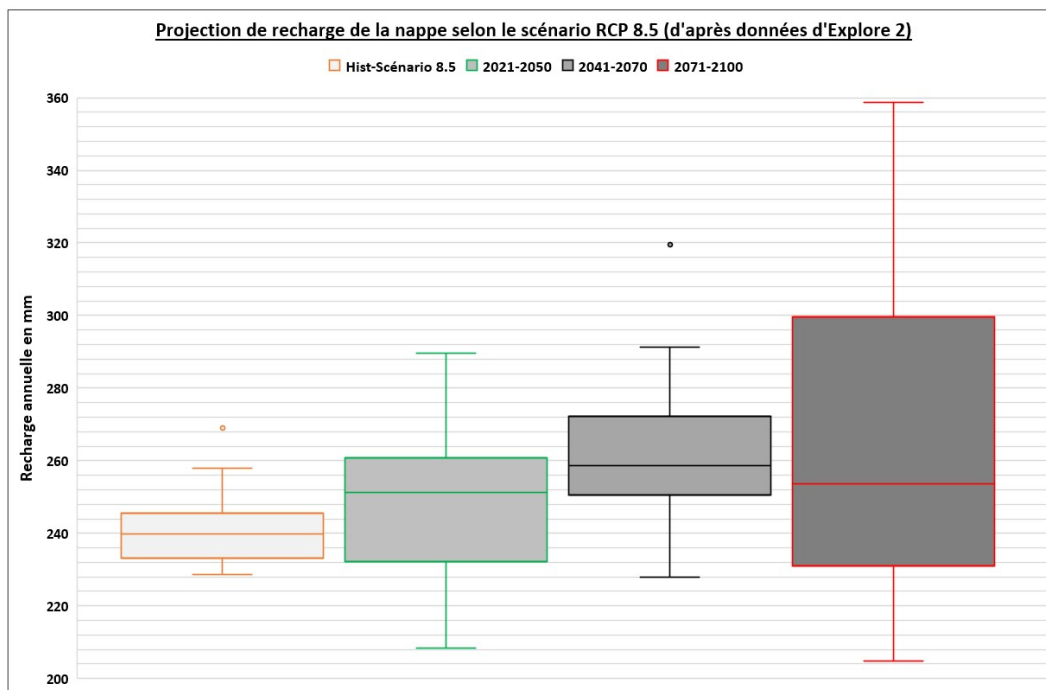


Figure 39 : Projection des recharges simulées selon le scénario RCP 8.5

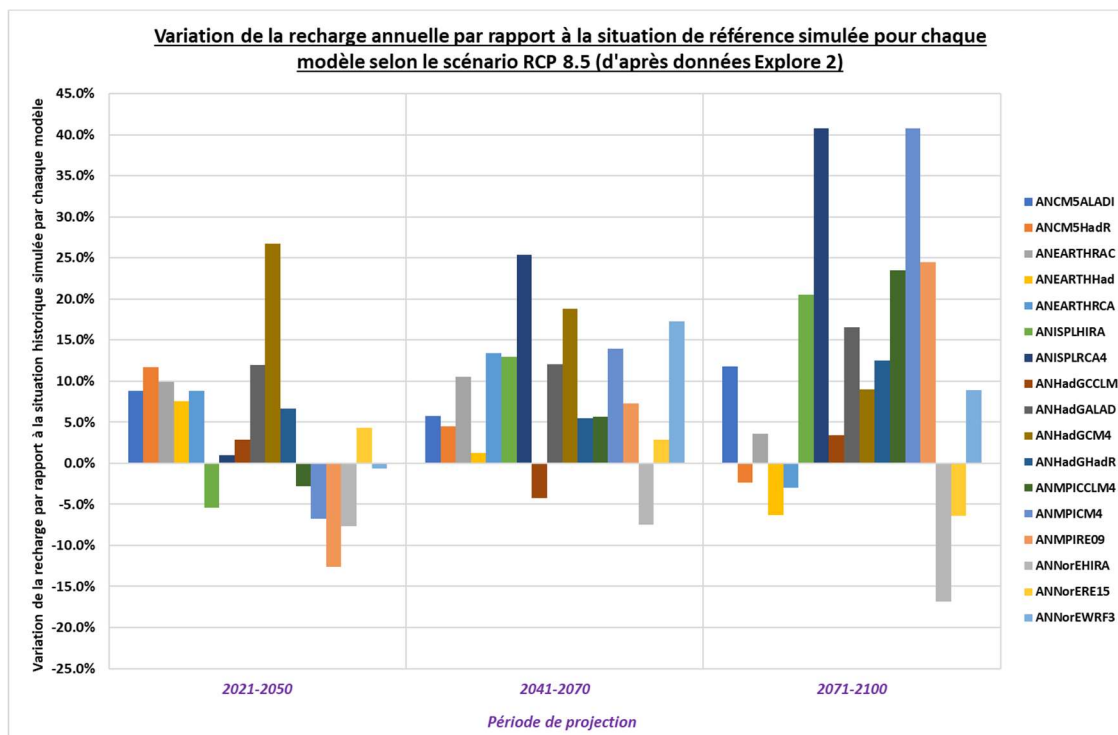


Figure 40 : Variation de la recharge annuelle par rapport à la situation de référence simulée pour chaque modèle selon le scénario RCP 8.5

Recharge à échéance 2021-2050

A échéance 2021-2050, les simulations issues des 3 scénarios climatiques montrent de fortes disparités des résultats des modèles notamment pour le scénario RCP 2.6, réputé déjà dépassé en termes d'émissions de gaz à effet de serre.

Les 3 scénarios montrent une élévation de la médiane des recharges annuelles simulées par rapport aux situations de référence, de 4 à 7%.

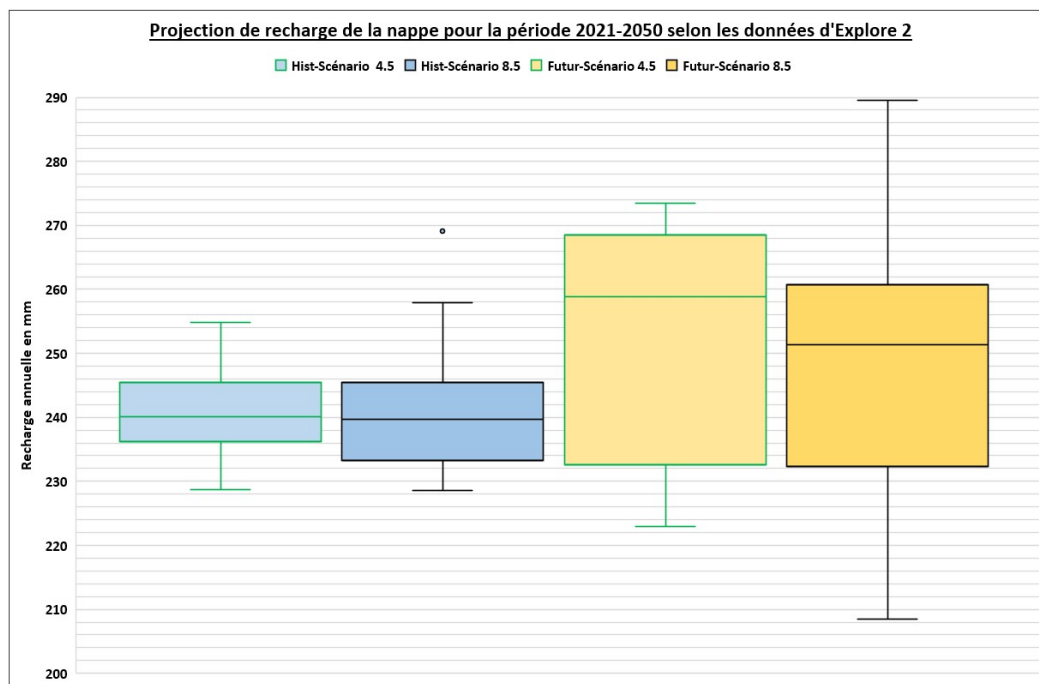


Figure 41 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2021-2050 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)

Recharge à échéance 2041-2070

A échéance 2041-2070, les variabilités de résultats entre modèle sont comparables avec des valeurs minimale et maximales écartées.

La médiane des simulations est toujours supérieure à la médiane de référence démontrant une augmentation de la recharge qui serait en moyenne de 4 à 5%.

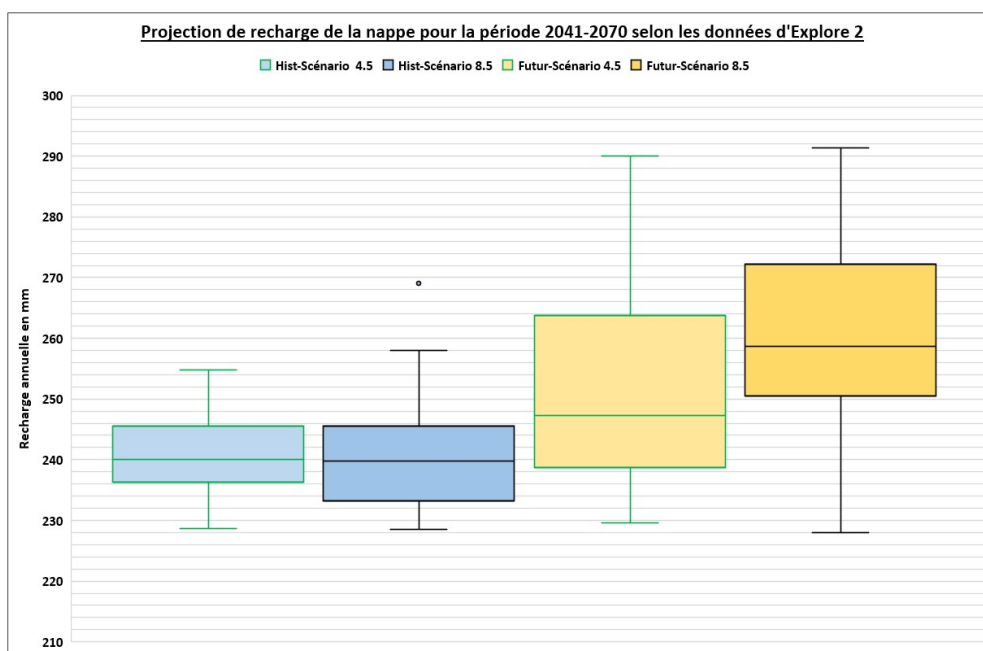


Figure 42 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2041-2070 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)

Recharge à échéance 2071-2100

A échéance 2071-2100, les écarts des résultats entre simulations sont croissants avec les RCP. Aussi, on note pour le RCP8.5 une très forte incertitude des modèles même si la tendance moyenne serait à l'augmentation de la recharge.

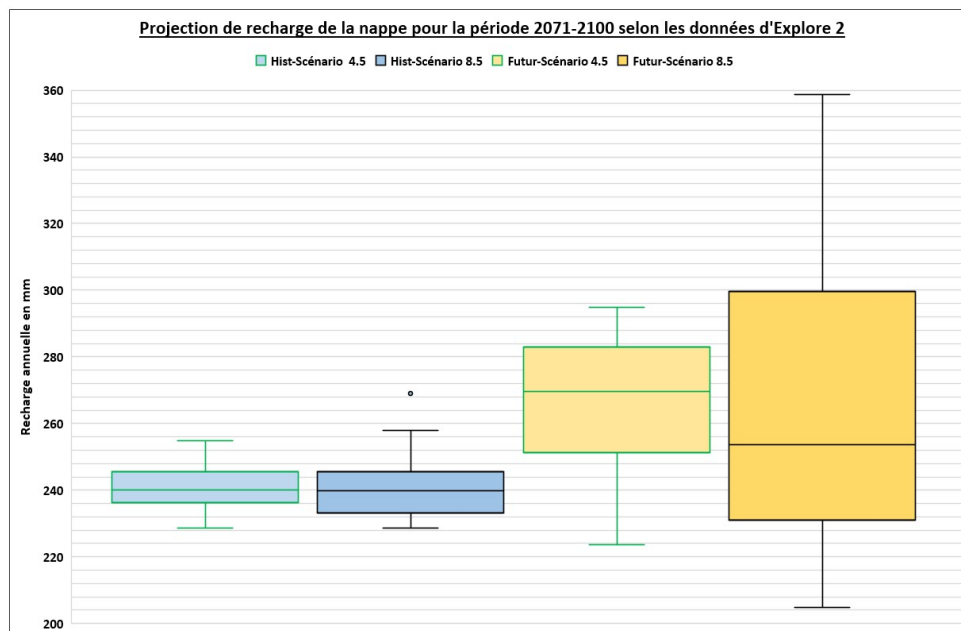


Figure 43 : Projection de la recharge annuelle à échéance 2071-2100 selon les différents scénarios climatiques (d'après données Explore 2)

3.4.3.3 Conclusion sur l'évaluation de la recharge des aquifères

Sur la base des données de la recharge des aquifères extraites du projet EXPLORE 2, il apparaît pour les masses d'eau FRGG030 « Bassin versant de Logne - Boulogne - Ognon - Grand Lieu » (associée à la nappe de du socle pour les UH01, UH02, UH04, UH06, UH07) et FRGG037 « Sables du bassin tertiaire du lac de Grand Lieu » (associée à nappe des sables du Pliocène pour les UH03, UH05, UH08, UH09) :

- Des modèles aux résultats parfois très divergents pour un même scénario climatique. Cette divergence est maximale pour le scénario climatique RCP 8.5 à échéance 2071-2100 ;
- La nécessité de s'attarder non pas sur les valeurs absolues de recharge (car simulées) mais sur les variations par rapport à la situation de référence historique simulée. La recharge serait, comme dans la situation historique et conformément à la lithologie du sous-sol, plus importante au droit des formations de sables que du socle (+25% environ),
- Une tendance globale à l'augmentation de la recharge annuelle. Cela se traduit en variation par rapport aux situations de référence simulées :
 - o +4 à +6% à échéance 2021-2050 ;
 - o +4 à +9% à échéance 2041-2070 ;
 - o +8 à +11% à échéance 2071-2100.
- Ces tendances à l'augmentation de la recharge des aquifères sont cohérentes avec les projections de pluviométrie à la hausse en période hivernale, dite de recharge. Cependant, se pose la question de l'effet réel de recharge des pluviométries lorsque les intensités sont fortes (comme ce qui est prédit pour l'avenir) ;
- Notons aussi que certains modèles simulent des recharges moindres qui pourraient conduire à des baisses de recharge pouvant dépasser les 20%.

Ces résultats permettent de considérer pour l'avenir une disponibilité en eau souterraine similaire à l'actuelle.

4 EVOLUTION DES USAGES HUMAINS DE L'EAU

4.1 Méthode

A partir d'éléments de contexte et d'informations techniques obtenues auprès des acteurs professionnels du territoire, les usages futurs (tendances, volumes) ont été discutés en groupe d'acteurs élargi (GAE)⁷ lors d'un atelier de concertation le 17 octobre 2023. 39 personnes ont participé à l'atelier et représentaient 30 organisations.

Le principe de l'atelier de concertation sur le futur du territoire avec les effets du changement climatique était le suivant

- Les usages eau potable, industrie, irrigation et abreuvement ont été couverts, mais les usages agricoles (représentant 70% pour l'irrigation et 13% pour l'abreuvement du volume annuel prélevé) ont été plus approfondis. L'évaporation des plans d'eau n'a pas été traitée en atelier car il s'agit d'une influence subie ; l'estimation des pertes par évaporation futures a été réalisée en considérant le parc de plans d'eau inchangé afin de rendre compte des effets probables liés à l'augmentation de l'évaporation. Des éléments de contexte, tendance, ont été présentés / rappelés pour les usages couverts par l'exercice.
- Pour l'atelier, le choix a été fait de travailler sur **deux scénarios d'évolution des usages**, un **tendanciel** et un **adaptatif**. Le **scénario** définit donc dans quel cas de figure on se place, il donne des éléments de cadrage mais ne définit pas de volumes. Au sein d'un scénario pourront être définies des **trajectoires** chiffrées, la notion de trajectoire implique une quantification des volumes. Dans cet exercice, chaque groupe de travail a défini une trajectoire par scénario, puis une seule trajectoire par scénario a été conservée à l'issue d'un vote. Une trajectoire « exemple » était fournie en début d'exercice pour chaque scénario afin d'amorcer les discussions et d'éviter le syndrome de la page blanche.
- Les tendances pour les principaux indicateurs des projections climatiques retenues (température, précipitation, évaporation), et leur impact sur les débits (modules, QMNA5) ont été présentés en début de séance.
- Deux horizons temporels ont été utilisés pour définir les trajectoires d'évolution des usages : 2035 et 2050, ce qui correspond à deux sous-périodes d'environ 15 ans par rapport à la situation actuelle.

Les participants à l'atelier du 17/10/2023, répartis en quatre groupes, se sont saisis des éléments fournis pour proposer leurs propres trajectoires chiffrées pour chacun des deux scénarios. A l'issue du travail en groupes, chaque groupe a présenté et argumenté ses trajectoires.

⁷ Rôle du GAE : Participer à chaque étape du processus d'élaboration du PTGE du bassin versant de Grand Lieu, il apporte des informations et émet des propositions

Afin de rendre concrètes les trajectoires proposées par chaque groupe, un calculateur de volumes d'eau pour les usages agricoles a été utilisé. Les calculs visant à produire des trajectoires sont forcément simplificateurs. La production de calculs plus complexes et plus détaillés se heurterait à de nombreuses incertitudes et n'aboutirait probablement pas à un résultat plus solide. Ainsi, le but de la démarche est de produire des trajectoires qui fixent des ordres de grandeur qui paraissent plausibles aux participants à l'exercice, et qui pourront être confrontés ultérieurement à des volumes potentiellement disponibles.

Ce travail de concertation fait l'objet d'un rapport à part, « Synthèse de l'atelier du volet Climat du 17 octobre 2023 », qui explique la démarche participative et retranscrit de manière détaillée le déroulement de l'atelier. Le présent rapport volet C a, quant à lui, vocation à présenter les résultats retenus à la fin du processus de concertation et de co-construction ainsi que les éléments techniques traités préalablement à l'atelier.

4.2 Etat des lieux et tendances

4.2.1 Eau potable

4.2.1.1 Prélèvements

Pour rappel, à ce jour, aucun captage/ pompage public pour la production d'eau potable ne se situe sur le bassin versant de Grand-Lieu.

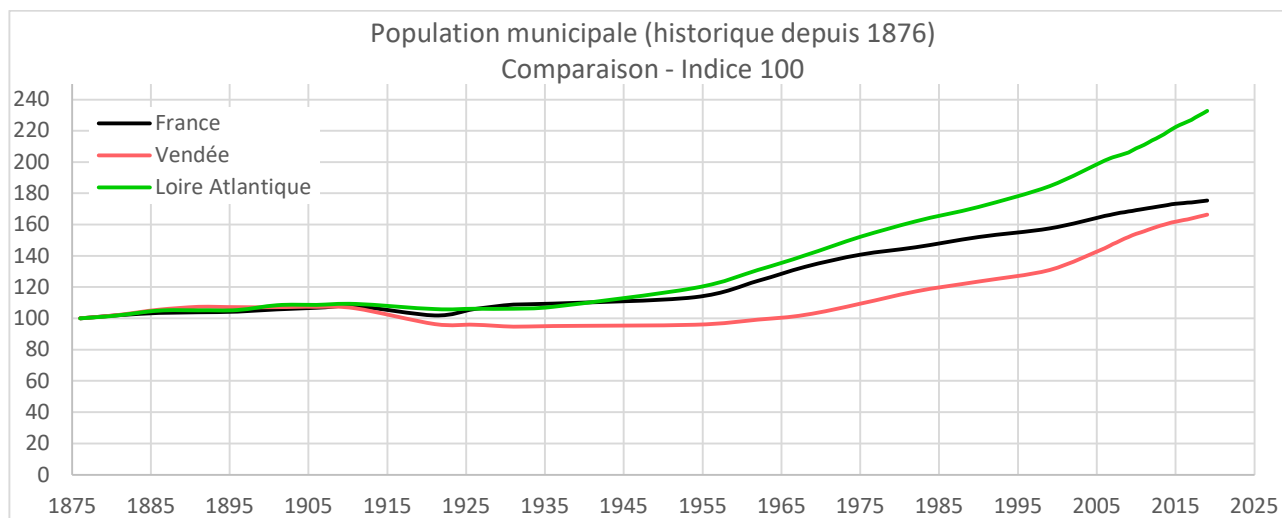
Les syndicats d'eau potable contactés dans le cadre de cette étude n'ont mentionné aucun projet de prélèvement susceptible de mobiliser les ressources naturelles du bassin versant de Grand Lieu.

4.2.1.2 Evolution démographique

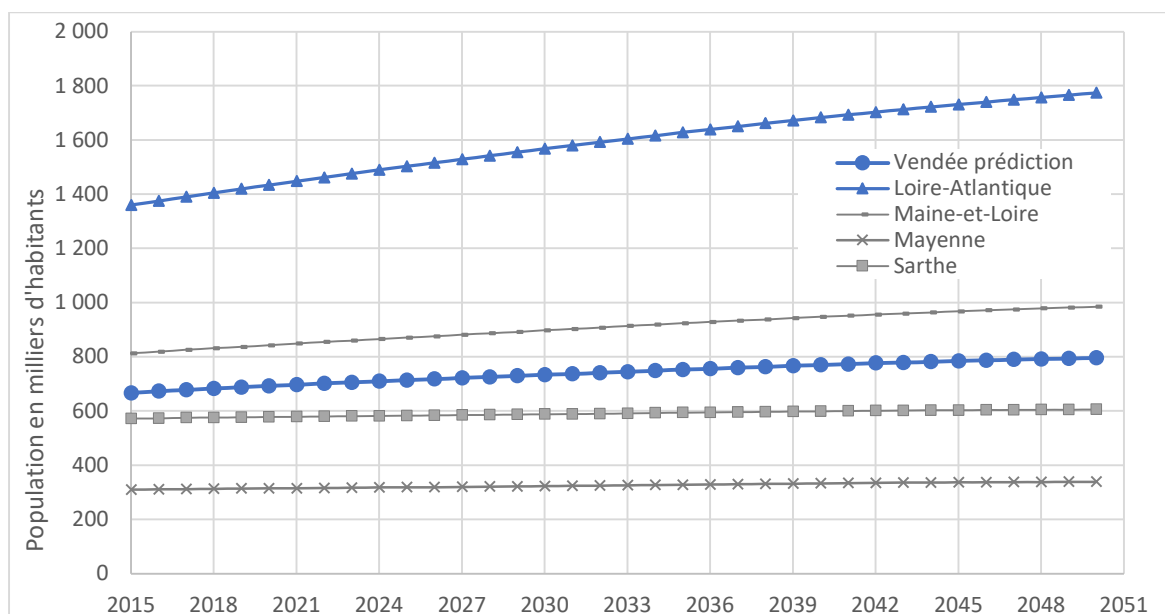
Nous avons vu dans le chapitre 2.5 que les **SCoT** proposent des projections de croissance démographique à **moyen terme** (2030).

En complément, afin d'estimer la population du territoire à horizon 2050, nous utilisons des projections démographiques de l'**INSEE**, à l'échelle de la Vendée et de la Loire Atlantique. 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, la population augmente sur les deux départements, mais de façon plus importante en Loire-Atlantique.

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.

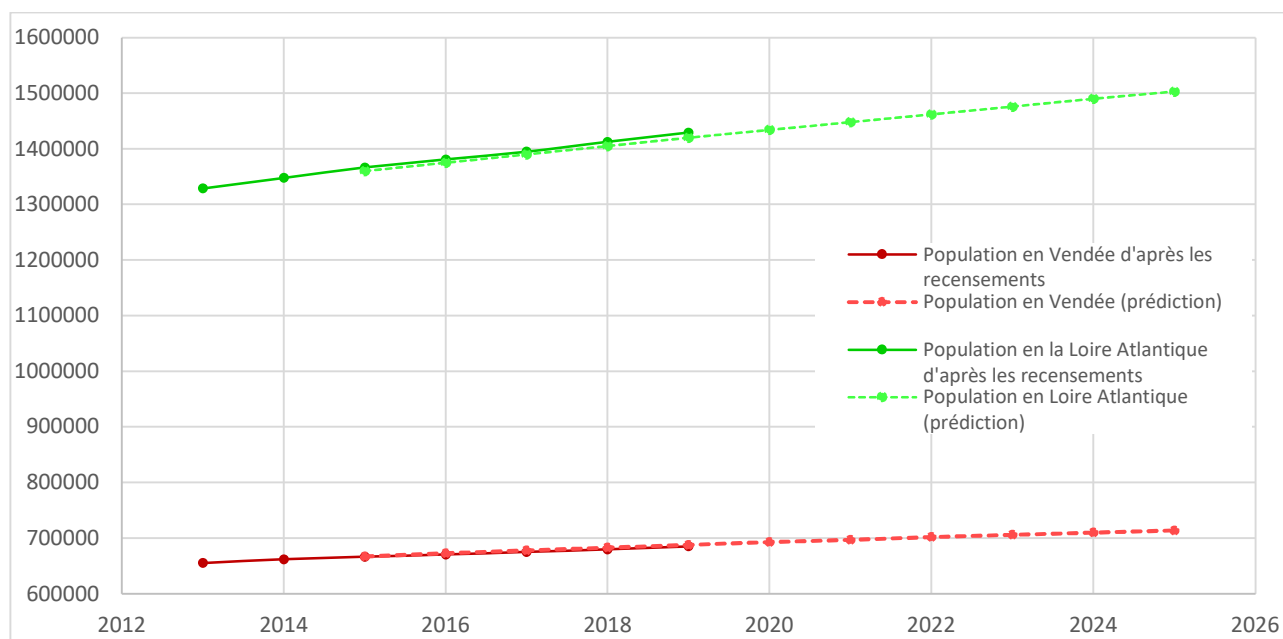
Figure 44 : Evolution de la population en France et en Vendée entre 1876 et 2019 (source : INSEE)

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.

Figure 45: Evolution de la population dans les 5 départements des Pays de la Loire

Selon ce graphique, entre 2015 et 2050 la population de la Loire-Atlantique augmente de 24%, et de 19% pour la Vendée. En moyenne, la population augmente de 9 700 habitants par an pour la Loire Atlantique et de 3 700 habitants par ans pour la Vendée.

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.

Figure 46: Comparaison des prédictions de l'INSEE et du recensement de la population

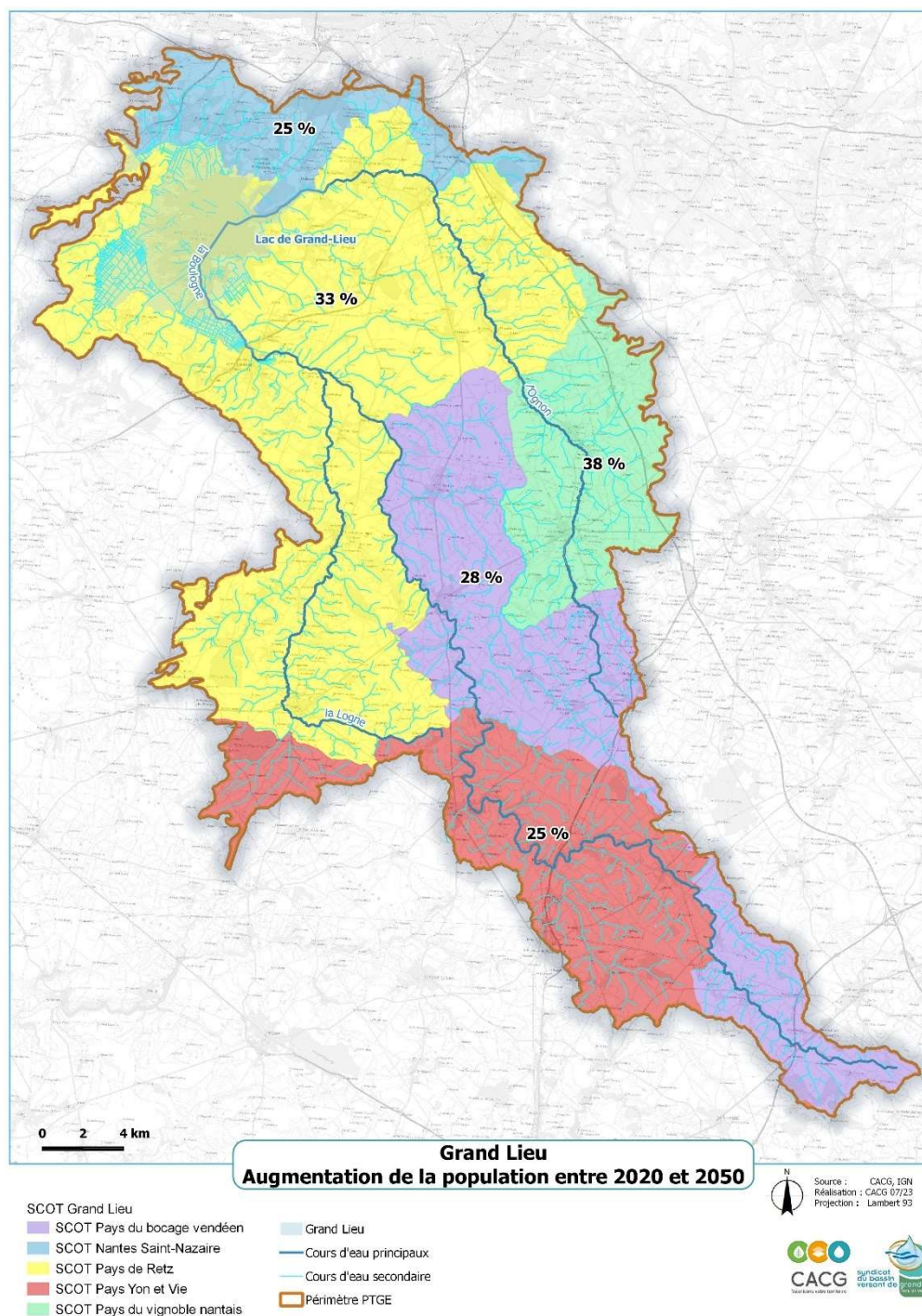
Le graphique montre que les valeurs sont très proches. Les écarts entre les prédictions et le recensement de la population sont inférieurs à 1%.

Le tableau ci-après récapitule l'évolution prévue de la population à l'échelle du bassin versant et la carte suivante illustre l'évolution reconstituée de la population pour chaque SCoT entre 2020 et 2050.

Tableau 8 : projections de population à horizons 2030 et 2050

		SCoT Pays de Retz	SCoT Pays du Bocage Vendéen	SCoT Pays Yon et Vie	SCOT Vignoble Nantais	SCOT Nantes Saint-Nazaire	TOTAL
Surface occupée par le SCoT dans le BV de Grand Lieu (%)		47	20	16	10	7	100
Population dans le BV de Grand Lieu en 2020		32 461	26 464	9 471	10 149	14 337	92 882
Taux de croissance démographique retenu en %/an entre 2020 et 2030		1.3%	1.4%	1.2%	1.7%	0.7%	
Population estimée dans le BV de Grand Lieu en 2030		37 057	30 411	10 671	12 013	15 372	105 524
Augmentation en % de la population entre 2020 et 2030		14%	15%	13%	18%	7%	14%
Population dans le BV de Grand Lieu en 2050 calculée grâce aux prédictions de l'INSEE à l'échelle de la Vendée (+0,53 %) et Loire-Atlantique (+0,78 %)	Population estimée en 2050	43 287	33 802	11 861	14 032	17 957	120 939
	Augmentation en % par rapport à 2020	33%	28%	25%	38%	25%	30%

Figure 47 : Taux d'évolution de la population de 2020 à 2050 reconstitué à l'échelle des SCOTs d'après les données SCOT et INSEE



4.2.2 Industrie

Sur le bassin, les prélèvements nets destinés à l'industrie représentent 45 000 m³ dont 25 000 m³ pour les carriers. Les données de la BNPE montrent que les volumes concernés par cet usage de l'eau sont faibles en regard des autres usages.

A ce jour, aucun nouveau projet industriel d'envergure n'a été identifié sur le territoire. Des projets d'extension de carrières, prolongeant le prélèvement par évaporation au niveau des plans d'eau, sont toutefois à l'étude.

4.2.3 Irrigation

4.2.3.1 Rappel sur les prélèvements actuels et tendances

4.2.3.1.1 Volumes irrigation prélevés

Le volume prélevé dans le milieu pour l'irrigation est en moyenne de 6,9 Mm³, en 2019 de 7,28 Mm³ (cf. rapport U).

Cet usage représente entre 60 et 65% des prélèvements totaux sur le BV.

Ce volume auquel s'ajoutent les pertes par évaporation à la surface des plans d'eau se décompose selon les périodes de l'année et selon la ressource sollicitée de la manière suivante en distinguant les 2 hypothèses de calculs d'évaporation :

Mm ³	PE connectés f haute	PE connectés f basse	PE deconnectés	Milieu	TOTAL f haute	TOTAL f basse
Novembre-Mars	3 180 624	2 994 014	1 510 509	58 803	4 749 937	4 563 327
Avril Juin	879 279	841 805	0	96 391	975 671	938 197
Juillet Octobre	2 930 762	2 810 592	0	398 674	3 329 436	3 209 265
Année	6 990 666	6 646 412	1 510 509	553 868	9 055 043	8 710 789

	PE connectés f haute	PE connectés f basse	PE deconnectés	Milieu	TOTAL f haute	TOTAL f basse
Novembre-Mars	35%	34%	17%	1%	52%	52%
Avril Juin	10%	10%	0%	1%	11%	11%
Juillet Octobre	32%	32%	0%	4%	37%	37%
Année	77%	76%	17%	6%	100%	100%

Tableau 9 : volumes irrigation actuels (cf. volet U)

Concernant l'usage irrigation, une première projection de tendance pourrait être réalisée à partir des données de la BNPE (cf. graphique suivant).

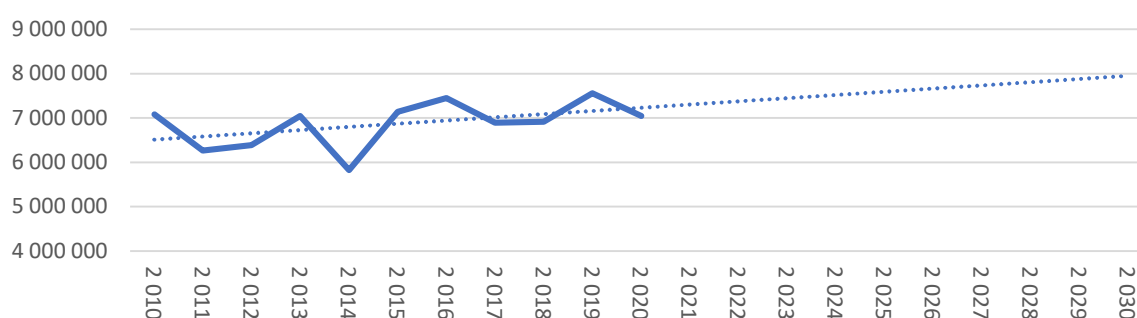


Figure 48 : prélèvements irrigation BNPE 2010 2020 et tendance projetée en 2030 sur le BV de Grand Lieu

La prolongation simple de la tendance observée entre 2010 et 2020 sur la période 2020-2030 amènerait en 2030 à un volume prélevé pour l'irrigation de 8 Mm³. Toutefois, cette simple prolongation de tendance n'est pas représentative pour un usage soumis à des variations interannuelles importantes et soumis aux restrictions dont fait couramment l'objet le bassin. **L'évolution de l'usage irrigation doit se baser sur une approche faisant intervenir les acteurs professionnels locaux, mettant en jeu les surfaces irriguées et les assolements.**

4.2.3.1.2 Volumes abreuvement

Les prélèvements actuels dédiés à l'abreuvement depuis le milieu (hors eau potable) représentent à l'échelle du BV 1 679 560 m³ par an, soit 13% des prélèvements totaux du bassin. L'abreuvement des bovins représente à lui seul 80% de ce volume.

4.2.3.1.3 Tendances sur les superficies irriguées et assolement

D'après les données du RGA 2020, sur le territoire du bassin versant de Grand Lieu, le maïs représente plus de 70% de la surface irriguée ; le maraichage près de 20%, les autres cultures (tout confondu) moins de 10%. Les autres cultures incluent des céréales à paille, des légumes industrie, du tournesol, de l'arboriculture...

	2010	2020	évolution 2010-2020
Céréales	19 101	16 692	-13%
Céréales irriguées (dont 92% maïs en 2020)	1 858	2 230	+20%
Fourrages	11 104	11 399	+3%
Fourrages irrigués (dont 94% maïs en 2020)	2 886	3 378	+17%
Céréales & Fourrages irrigués (dont 93% maïs en 2020)	4 744	5 609	+18%
Légumes	850	1 302	+53%
Légumes irrigués	756	1 255	+66%
Autres cultures irriguées	643	574	-11%

Tableau 10 : évolution des superficies cultivées sur le BV de Grand Lieu entre 2010 et 2020 (source RGA)

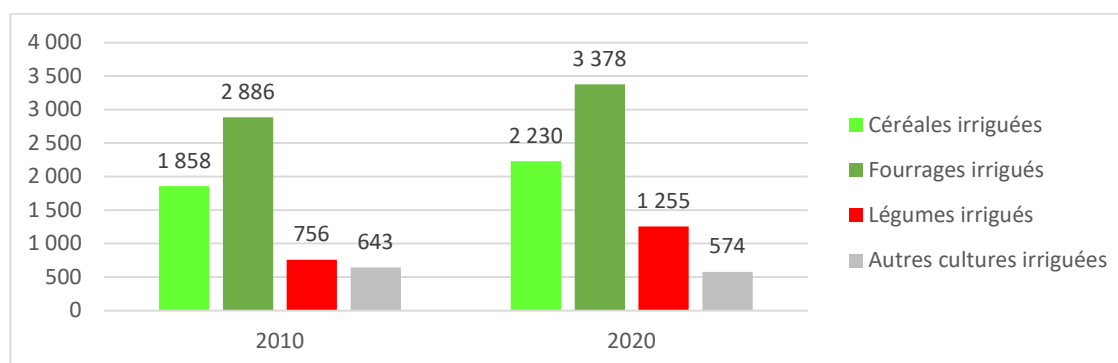


Figure 49 : évolution des superficies irriguées sur le BV de Grand Lieu entre 2010 et 2020 (source RGA)

A l'échelle du BV de Grand Lieu, les superficies irriguées de céréales et fourrages sont en hausse de 18% entre 2010 et 2020. Ces surfaces sont composées à 93% de maïs (grain et fourrage).

Les superficies irriguées de légumes sont en hausse de 66%. Les autres cultures irriguées sont en recul (-11% entre 2010 et 2020).

Le taux d'irrigation des céréales est en 2020 de 13% (10% en 2010) pour les céréales, 30% (26% en 2010) pour les fourrages et 96% (89% en 2010) pour les légumes.

A noter que les surfaces données pour le maraichage peuvent diverger de celles utilisées dans le rapport sur les usages. Cela s'explique car différentes sources sont utilisées ; les chiffres du CDDM (pour une approche précise des surfaces en 2020) ou les chiffres du recensement agricole (pour une évolution).

	Loire Atlantique			Vendée		
	2010	2020	%	2010	2020	%
Céréales	88 773	83 357	-6%	161 269	152 224	-6%
Céréales irrigués	3 222	3 293	2%	32 901	33 591	2%
Fourrages	53 627	58 314	9%	61 624	58 968	-4%
Fourrages irrigués	4 418	5 007	13%	17 379	18 499	6%
Céréales & Fourrages irrigués	7 640	8 300	9%	50 280	52 090	4%
Légumes	5 103	5 617	10%	1 588	2 812	77%
Légumes irrigués	4 839	5 146	6%	1 295	2 157	67%
Autres cultures irriguées	2 063	2 312	12%	5 056	8 562	69%

Tableau 11 : évolution des superficies cultivées dans les départements 44 et 85 entre 2010 et 2020 (source RGA)

Les surfaces irriguées de céréales et fourrages sont en hausse de 9% dans le 44 et 4% dans le 85.

Les surfaces de légumes irrigués sont en hausse de 6% en Loire Atlantique et 67% en Vendée. Il est à noter que la hausse des surfaces de légumes irrigués sur les deux départements est portée à plus de 40% par le BV de Grand Lieu.

Les autres surfaces irriguées sont en hausse modérée dans le 44 (+12%) avec une part importante de prairies et d'arboriculture ; et forte dans le 85 (+69%) avec une part prédominante d'oléagineux, protéagineux et prairies.

4.2.3.1.4 Projets connus pour l'usage irrigation

Il n'y a pas en 2024 de nouveaux projets agricoles concernant la ressource en eau en cours d'instruction à la DDTM 44.

Du côté de la Vendée, plusieurs projets sont en cours (ou récemment accordés) sur les communes à l'intérieur ou intersectant le bassin versant. Ces projets des plans d'eau totalisent environ 140 000 m³ ; mais on peut considérer raisonnablement que la moitié seulement de ce volume correspond à de la création de réserve (l'autre moitié correspond à des projets de déconnexion de plans d'eau déjà utilisés pour l'irrigation).

Cela représente environ 7% des volumes prélevés sur plans d'eau déconnectés et 1% des volumes prélevés totaux sur le bassin versant.

Il existe donc une dynamique de développement de l'irrigation et des réserves d'eau associées sur le bassin versant.

4.2.3.1.5 Enquête irrigants

La base de données sur les plans d'eau constituée par le SBVGL en 2022-2023, ainsi que les entretiens avec les irrigants propriétaires de plans d'eau, ont, entre autres, pour but de s'intéresser aux besoins actuels et futurs des irrigants.

Ainsi, pour chaque plan d'eau agricole enquêté, est posée la question des volumes prélevés sur une chronique de 10 ans (2010-2020), et si ce volume est jugé suffisant pour satisfaire les besoins actuels et futurs.

568 plans d'eau agricoles sont identifiés dont 448 à usage exclusif d'irrigation. Le volume prélevé total depuis les plans d'eau pour l'irrigation représente 6 992 000 m³ soit 93% du volume total prélevé pour l'irrigation sur le bassin versant de Grand Lieu.

Parmi ces 448 plans d'eau il y en a 38% pour lesquels les propriétaires estiment que le volume dont ils disposent est insuffisant par rapport à leur besoin actuel et 46% qui estiment que le volume sera insuffisant pour leurs besoins futurs. Si l'on s'intéresse aux volumes des plans d'eau jugés insuffisants, cela représente respectivement 2 400 000 m³ et 2 700 000 m³.

Le volume supplémentaire jugé utile par les propriétaires de plans d'eau d'irrigation est de 2 327 450 m³, soit + 35% par rapport aux capacités actuelles.

Le tableau suivant a été produit à partir des plans d'eau dont les propriétaires ont exprimé un besoin en volume supplémentaire :

Production irriguée	Nombre de cas	% age cas	Besoin supplémentaire total estimé par les irrigants (m ³)	% age volume
Fourrage	35	37%	467 400	20%
Grandes cultures	16	17%	542 000	23%
Grandes cultures + fourrage	13	14%	241 000	10%
Grandes cultures + légume industrie	13	14%	514 000	22%
Maraîchage	7	7%	284 050	12%
Fourrage + légume industrie	5	5%	149 000	6%
Arboriculture	3	3%	40 000	2%
Fourrage + maraîchage	1	1%	30 000	1%
Grandes cultures + maraîchage	1	1%	30 000	1%
Légumes industrie	1	1%	30 000	1%
TOTAL	95	100%	2 327 450	100%

Tableau 12 : besoins en volumes supplémentaires d'irrigation et productions associées (source base de données plans d'eau – SBVGL)

Finalement, les tendances observées tant sur les surfaces (source RGA) que sur les projets connus des DDT et via l'enquête auprès des irrigants témoignent d'une tendance à la hausse de l'irrigation.

4.2.3.2 Effets attendus du changement climatique et adaptations

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.

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.

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.

L'étude Climator pose le constat suivant : les prévisions de précipitations 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 exprimée 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 ETM⁸ (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.

⁸ ETM =ET0 (demande climatique), et

Il est attendu que les besoins d'irrigation évoluent à la hausse pour le maïs (+ 40 mm ou 400 m³/ha en 2050). Des besoins en irrigation dans un futur moyen à lointain pourraient apparaître pour la vigne et les prairies, pour l'instant non irriguées sur la zone d'étude.

Les cultures de printemps devraient pouvoir éviter les stress hydriques importants par anticipation. Des irrigations starters pourraient être nécessaires pour assurer une bonne levée des plantes avec une date de semis en période sèche (colza, tournesol, sorgho).

Il est attendu que **les calendriers d'irrigation se décalent plus tôt en saison** ; décalage de l'ordre de 15 à 20 jours à horizon 2050.

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 ET0 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.

Le **Varenne pays de la Loire** apporte des éclairages sur l'évolution des surfaces de production régionales et leurs besoins en eau, résumées 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 13 : dynamique des filières végétales en région pays de la Loire (source Varenne de l'eau)

Le **Varenne** propose par ailleurs une **analyse croisée filière et territoire**, dont l'un des cas d'étude porte sur le maraichage et la polyculture en pays de Retz (analyse coproduite par les maraichers nantais).

L'analyse AFOM⁹ relève que :

- la **force** du territoire (en ce qui concerne les productions maraichères) est une ambiance légumière (forte concentration d'acteurs et de services), des systèmes hydrauliques et d'irrigation efficaces, et des températures dont la hausse sera limitée par la proximité de l'océan.
- Les **faiblesses** sont la vulnérabilité du territoire face à la sensibilité du réseau hydrographique ; un stress hydrique et une pression parasitaire plus importantes.
- Les **opportunités** sont une hausse de la production et de la demande notamment via les contrats territoriaux (PAT, métropole de Nantes), la montée en gamme et l'adaptation variétale.
- Les **menaces** portent principalement sur la dégradation de la ressource en eau en quantité et qualité et les conflits sociétaux quant au modèle agricole et son impact sur les ressources.

Finalement, la question qui se pose est celle du partage de la ressource en eau. Les leviers identifiés sont la recherche d'efficacité et la création de réserves.

⁹ AFOM : Atouts, Faiblesses, Opportunités, Menaces

Il est également utile de relever quelques éléments du **plan d'adaptation au changement climatique pour le bassin AELB** ayant trait à l'agriculture irriguée. Les leviers identifiés sont les suivants :

- Adapter ou modifier les techniques culturales (conservation des sols) et les systèmes de culture (agroforesterie) ;
- utiliser des outils d'aide à la décision et de pilotage ;
- promouvoir la gestion collective de la ressource en eau ;
- stocker de l'eau en hiver en tenant compte des cadrages du SDAGE et des SAGE, en s'inscrivant dans des projets de territoire, en menant des études socio-économiques ;
- développer les projets de REUT.

Le GIEC Pays de la Loire (rapports 1 et 2) qui analyse les activités économiques du territoire par le prisme de leurs émissions de GES et qui propose des leviers pour les réduire, apporte également des éléments à prendre en compte.

Sur le changement climatique et ses effets sur la ressource en eau : hausse des températures et perturbation de la répartition annuelle des précipitations. La disponibilité des eaux de surface et des eaux souterraines sera largement diminuée.

Sur les systèmes agricoles, quelques éléments saillants pour cette étude :

- L'usage d'engrais de synthèse (azote en particulier) doit être réduit
- La filière légumineuse devrait être développée, les cultures devront être adaptées au changement climatique (sorgho par exemple)
- La part de l'élevage doit diminuer, a minima en allant vers des systèmes extensifs
- L'agroforesterie devrait être fortement développée
- De nouvelles pratiques culturales devraient être mises en place, avec des techniques d'irrigation économiques
- La production de fruits et légumes devrait augmenter de 40% pour assurer une autosuffisance régionale
- La pression des ravageurs sera plus forte.
- Il faudra mettre en place des stratégies d'évitement des pics de chaleur et de stress hydrique en interrompant la production en été (productions de légumes citées en exemple)
- Le département du Maine et Loire, dans le cadre du schéma départemental pour la gestion de la ressource en eau, estime une évolution des besoins en eau d'irrigation de +28% à horizon 2050
- Le GIEC régional recommande d'interdire la construction d'ouvrage de stockage d'eau de grande dimension, du fait des problèmes d'évaporation, de pollution et d'épuisement des nappes qu'ils pourraient entraîner.

Le projet **Climatveg** est un projet de recherche, impulsé et financé principalement par les Régions Pays de la Loire et Bretagne, et qui rassemble des acteurs économiques, des acteurs de la recherche et formation, des organisations professionnelles agricoles, des instituts techniques. Il vise à produire de la connaissance sur les climats de demain (2030-2050), à appréhender la résilience des exploitations via des stratégies d'adaptation, et à transférer les résultats aux acteurs du territoire. Climatveg est structuré en quatre sous projets :

- Analyse de l'adaptation des productions végétales au changement climatique
- Adaptation et atténuation des impacts du changement climatique via le matériel végétal et la conduite
- Amélioration de l'efficacité de l'irrigation
- Adaptation et atténuation des effets du changement climatique via les pratiques liées au sol.

Des travaux sur des réserves expérimentales d'eau d'irrigation sont conduits dans le cadre de Climatveg : récupération des eaux de toiture en productions sous serres, essais de couverture des réserves pour limiter l'évaporation avec effets sur la qualité de l'eau dans les réserves, etc.

Agriclim est un projet porté par les chambres d'agriculture Régions Bretagne, Pays de la Loire et Normandie (il a été poursuivi dans le cadre des projets Climatveg et Fermadapt, financés par les régions Bretagne et Pays de la Loire, l'ADEME et le CasDAR).

Agriclim est un outil qui modélise les impacts du changement climatique, depuis 1950 jusqu'à 2100, sur l'agriculture à l'échelle locale et produit de nombreux indicateurs agro-climatiques pour plusieurs productions agricoles telles que le blé, le maïs, les prairies, tournesol, colza, protéagineux, etc. Il utilise les données DRIAS pour les projections climatiques et AGRI4CAST pour la météo actuelle.

Les nombreux indicateurs sont disponibles via un catalogue, et consultables sous forme de graphiques de synthèse (catalogue ou interface web). Agriclim est donc une base de données importante mais qui demande d'utiliser des clés d'entrée très ciblées (choix d'une variété et d'une date de semis).

Sans rentrer dans le détail des données, les risques identifiés via l'outil pour les productions du territoire d'étude sont les suivants :

Culture	Risque
Maïs	Sécheresse estivale (dégradation du bilan hydrique, y compris à la formation des grains), augmentation de la pression des ravageurs (pyrale) liée à la hausse des températures
Blé	Risque de gelées Pluie importante au printemps et été → risque fusariose, septoriose, Risque d'échaudage l'été avec Températures élevées
Prairies	Risque lié à une sécheresse de fin d'été qui pénaliserait le semis et la levée

4.2.4 Abreuvement

Le volume prélevé dans le milieu pour les besoins d'abreuvement a été estimé dans le rapport U à 1,7 Mm³.

Le bassin versant de Grand Lieu est un territoire historique d'élevage, les zones de marais ayant favorisé l'élevage de bovins viande ou lait. Une part importante des exploitations agricoles sont à orientation élevage ou polyculture élevage.

Cependant, les systèmes d'exploitation bovins sont vulnérables du fait du manque de repreneurs, de revenus faibles, et de parcellaires de plus en plus éclatés à mesure que la production est en perte de vitesse.

Le RGA 2020 permet de constater les baisses d'effectifs suivantes : -12% sur les herbivores et -12% sur les granivores, sur le bassin versant de Grand Lieu, entre 2010 et 2020.

4.2.5 Effet des plans d'eau

(Pour rappel, le sujet de l'évaporation des plans d'eau n'a pas été traité lors de l'atelier d'octobre 2023)

Le parc de plans d'eau répertoriés dans cette étude est rappelé ci-dessous.

Tableau 14 : rappel des surfaces de PE par type et par UH

Surface (m²)	Plans d'eau d'irrigation			Carrières	Plans d'eau autres usages			Total
Pertes par évaporation	CO_ESOUT	CO_ESUP	D	CO_ESOUT	CO_ESOUT	CO_ESUP	D	
UH01	21 101	152 875	59 750	0	14 520	228 784	43 340	520 370
UH02	109 836	814 341	242 828	0	33 929	1 458 203	318 239	2 977 376
UH03	17 809	136 940	30 493	90 658	25 347	81 714	10 134	393 095
UH04	7 359	188 563	41 551	0	12 062	59 655	19 438	328 628
UH05	49 291	420 270	185 469	0	182 655	466 773	68 604	1 373 062
UH06	17 071	201 722	57 444	0	84 932	580 882	156 189	1 098 240
UH07	0	5 628	20 176	0	704	131 686	93 672	251 866
UH08	3 115	17 683	9 079	0	80 593	191 360	8 005	309 835
UH09	67 807	184 604	28 135	579 342	133 106	300 021	14 034	1 307 049
UH10	0	3 230	0	0	13 072	321 585	9	337 896
Total hors Lac de Grand Lieu	293 389	2 125 856	674 925	670 000	580 920	3 820 663	731 664	8 897 417
UH10 – Lac de Grand Lieu					54 259 000			

Les pertes par évaporation correspondantes ont été évaluées dans le volet U entre 3,34 et 4,09 Mm3 (hors lac de Grand Lieu)

Pour le futur, nous faisons l'hypothèse que le parc de plan d'eau n'est pas modifié (en surface et en typologie de plans d'eau). Cela permet d'estimer l'évolution du prélèvement évaporation dû au changement climatique « toutes choses égales par ailleurs » et d'orienter en conséquence le plan d'actions du PTGE.

Les lames d'eau évaporées dans la situation actuelle sont calculées à partir de la chronique météo mesurée actuelle (2002 – 2022) stations de Nantes Bouguenais et de la Roche-sur-Yon. Pour estimer le niveau d'évaporation futur, nous observons les évolutions de P, ETP et du bilan ETP-P entre les chroniques passées et futures pour chacune des projections climatiques retenues. Nous appliquons les évolutions observées entre les chroniques simulées historiques et futures aux valeurs mesurées actuelles¹⁰.

¹⁰ Les données issues de DRIAS 2020 ne permettent pas de comparer la mesure historique avec la simulation future. En revanche, nous pouvons comparer la simulation passée avec la simulation future, constater un écart et appliquer cet écart à la mesure historique.

Tableau 15 : lames d'eau évaporées futures

	Nantes Bouguenais (2002-2022)	future sur base évol Aladin		future sur base évol Hadgem	
		mm	évol (%)	mm	évol (%)
ETP-P	0.39	0.58	48%	0.56	44%
ETP	0.72	0.79	10%	0.83	15%

Les calculs réalisés dans le volet U sont reproduits avec les valeurs futures de lames d'eau évaporées. Nous obtenons les résultats présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 16 : pertes par évaporation future fourchette basse (m3)

		Plans d'eau d'irrigation			Carrières	Plans d'eau autres usages			Total
		CO_ESOUT	CO_ESUP	D	CO_ESOUT	CO_ESOUT	CO_ESUP	D	
Total hors lac	Actuel	114 422	827 824	263 221	261 300	221 461	1 364 640	285 345	3 338 213
	Scénario médian - ALADIN	170 166	1 231 123	391 457	388 600	329 352	2 029 465	424 360	4 964 522
	Scénario pessimiste - HADGEM	164 298	1 188 671	377 958	375 200	317 995	1 959 484	409 727	4 793 332
Lac de GrandLieu	Actuel					17 200 000			
	Scénario médian - ALADIN					25 436 026			
	Scénario pessimiste - HADGEM					24 795 317			

Selon la fourchette basse, le volume évaporé (hors lac de Grand Lieu) augmente de 49% dans le scénario médian pour atteindre 5 Mm3 et de 44% dans le scénario pessimiste pour atteindre 4,8 Mm3. Les estimations liées aux 2 projections climatiques sont finalement assez proches.

Tableau 17 : pertes par évaporation future fourchette haute (m3)

		Plans d'eau d'irrigation			Carrières	Plans d'eau autres usages			
		CO_ESOUT	CO_ESUP	D	CO_ESOUT	CO_ESOUT	CO_ESUP	D	TOTAL EVAP PAR UH
Total hors lac	Actuel	211 240	1 075 260	263 221	482 400	408 851	1 364 640	285 345	4 090 957
	Scénario médian	231 777	1 388 582	391 457	529 300	448 600	2 029 465	424 360	5 443 541
	Scénario pessimiste	243 513	1 391 118	377 958	556 100	471 314	1 959 484	409 727	5 409 213
Lac de GrandLieu	Actuel					17 200 000			
	Scénario médian					25 436 026			
	Scénario pessimiste					24 795 317			

Selon la fourchette haute, le volume évaporé (hors lac de Grand Lieu) augmente dans les mêmes proportions dans les deux scénarios (≈62%) pour atteindre 5,4 Mm3.

4.2.6 Synthèse des tendances

A partir des éléments exposés précédemment, une synthèse a été présentée au GAE lors de l'atelier de concertation du 17 octobre 2023.

Tableau 18 : synthèse des éléments de contexte et tendances

	2020	2030	2050
Population du bassin de Grand Lieu	94 424 hab Répartition ≠ population sur le territoire : densité + importante au Nord du bassin dans le pourtour du lac de Grand Lieu	107 643 hab Taux de croissance des SCOT de +0,6 à +1,7%/an	122 751 hab Taux de croissance INSEE à l'échelle de - la Vendée +0,53%/an - La Loire-Atlantique +0,78%/an
Consommation d'eau potable (influence les rejets de stations d'épuration)		Hypothèse de = de la consommation /habitant mais ↗ population Conséquence : ↗ consommation du bassin	
	4,3 millions de m ³	4,9 millions de m ³	5,6 millions de m ³
Surfaces naturelles, agricoles et forestières	Sur période passée, pertes de surfaces entre -160 ha/an et -63 ha/an selon les secteurs Objectifs de pertes de surfaces entre -28 et -80 ha/an soit environ 2 fois moins que sur la période passée pour chaque SCOT		Loi Zéro Artificialisation Nette du 21/07/2023: Cette loi fixe un objectif de réduction progressive de l'artificialisation, jusqu'à un zéro net en 2050
Développement économique	Développement du tourisme intérieur et du tourisme vert Conséquence : population saisonnière		Tendance qui se prolonge

4.3 Définition des scénarios prospectifs d'usages

Le choix est fait de travailler sur deux scénarios :

- Le scénario tendanciel cherche à prolonger les tendances observées sur les 10 dernières années, et part du principe qu'il n'y a pas de réel effort d'économie d'eau qui est réalisé,
- Le scénario adaptatif, quant à lui, cherche à représenter une rupture avec les tendances et une mobilisation forte des acteurs du territoire pour réaliser des économies.

Les postulats de chacun des scénarios sont décrits de manière plus précise dans les tableaux suivants.

4.3.1 Approche globale

Les tableaux ci-dessous présentent les scénarios et proposent des évolutions chiffrées qui ont été présentées aux participants à l'atelier, comme proposition initiale. Le point 4.4 présente le travail des acteurs participants, enrichissant la proposition initiale d'une vision terrain.

Tableau 19 : scénario tendanciel 2050

	Scénario tendanciel 2050	Commentaires
Population du bassin de Grand Lieu	Attractivité de la région nantaise confirmée par le réchauffement climatique → arrivée de nouveaux habitants issus de migrations intérieures principalement +30% de population => 122 751 hab	
Consommation d'eau potable	Hypothèse = consommation /habitant stable; ↗ consommation du territoire +30% 5,6 millions de m ³	
Prélèvement pour l'eau potable	0 prélèvement sur le territoire conformément à la situation actuelle	Pas de projet connu de la part des producteurs d'eau potable
Surfaces naturelles, agricoles et forestières	Tentatives d'infléchissement de la ↘ des surfaces agricoles, naturelles et forestières couronnées de succès en lien avec une agriculture dynamique	Hypothèse basse de l'objectif mis en avant par les SCOT: -28 ha/an soit - 560 ha de SAU sur 2030-2050
Développement économique	↗ activité industrielle dynamique sur le territoire + économie amont-aval liée à l'agriculture (maraîchage, industries agro-alimentaires,...) Parallèlement, ↗ tourisme intérieur + tourisme vert limité	Scénario cohérent avec ↗ carrières, exploitation jusqu'en 2040
Agriculture	Contextes national et international qui incitent à une certaine autonomie alimentaire des territoires Confortement d'une agriculture dynamique avec ↗ surfaces irriguées en grandes cultures (+20%) mais aussi et surtout en maraîchage (+40%); a contrario, tendance à la ↘ élevage (-24% de l'effectif / 2020) qui se confirme	

Tableau 20 : scénario adaptatif 2050

	Scénario adaptatif 2050	Commentaires
Population du bassin de Grand Lieu	Attractivité de la région nantaise confirmée par le réchauffement climatique → arrivée de nouveaux habitants issus de migrations intérieures principalement mais, politiques publiques œuvrant contre ↘ surfaces naturelles, agricoles et forestières, ↘ activité économique du territoire limitent ↗ population en zone rurale +16 % de population à l'échelle du territoire	
Consommation d'eau potable	Hypothèse de ↘ 10% consommation /habitant; +4,4% ↗ consommation du territoire = 4,5 millions de m³	
Prélèvement pour l'eau potable	0 prélèvement sur le territoire conformément à la situation actuelle	Pas de projet connu de la part des producteurs d'eau potable
Surfaces naturelles, agricoles et forestières	Tentatives d'infléchissement ↘ surfaces agricoles, naturelles et forestières qui parviennent à l'objectif réglementaire de 0 artificialisation nette en 2050	
Développement économique	↘ activité industrielle , ↗ activités tertiaires Parallèlement, dynamique de développement du tourisme intérieur et du tourisme vert avec pour conséquence un pic de fréquentation saisonnier et une ↗ consommation d'eau potable en juillet-août	Limitation de ↗ des carrières
Agriculture	La limitation de l'accès à l'eau en période de basses eaux sur tout le territoire entraîne ↘ agriculture irriguée + ↘ surfaces irriguées en grandes cultures (-20%) et en maraichage (-10%) ; tendance ↘ élevage (-24% de l'effectif / 2020) Parallèlement, développement de l'agro-écologie et ↗ agriculture biologique, nouvelles pratiques agricoles, élevages extensifs, herbagers	

4.3.2 Approche détaillée pour les usages agricoles

Des trajectoires détaillées ont été proposées pour les usages agricoles. Au sein des usagers agricoles nous distinguons quatre blocs qui ont été identifiés dans le rapport Usage : grandes cultures, Maraichage, Autres cultures et Elevage. Le principe de calcul pour les trajectoires des usages agricoles est le suivant :

- En irrigation, le volume est le produit d'une surface et d'une dose par production,
- En élevage, le volume d'abreuvement est le produit d'effectifs de bétail et de consommations unitaires.

L'exercice de projection est forcément réducteur et simplificateur.

Tableau 21 : scénario tendanciel proposé lors de l'atelier du 17/10/2023 pour l'usage agricole

Situation actuelle 5 800 ha irrigués (11% SAU) SAU: 55 000 ha	volume actuel (Mm3)	2020 - 2035		volume 2035 (Mm3)	2035 - 2050		Volume 2050 (Mm3)
Grandes cultures irriguées (93% maïs) 4000 ha (68 % SI) 1000 m3/ha 4 Mm3	4.0	<u>Surface</u> +20% Tendance RGA 2010-2020 (+20%) Besoins exprimés des irrigants (enquête SBVGL)	<u>Dose (m3/ha)</u> +20% Etude CLIMATOR INRAE 2010: +40mm pour le maïs dans l'Ouest de la France = + 400 m3/ha en 2050	5.8	<u>Surface</u> +20%	<u>Dose (m3/ha)</u> +20%	7.8
Maraichage 1500 ha (27 % SI) 1750 m3/ha 2,8 Mm3	2.8	<u>Surface</u> +40% Tendance RGA 2010-2020 (+66%) GIEC Pays de la Loire : 40% de superficies Fruits & Légumes pour une autonomie régionale	<u>Dose (m3/ha)</u> Stable Passage en goutte à goutte Récupération des eaux de pluie Irrigation de précision = levier d'actoin pour maitriser les doses	3.9	<u>Surface</u> +40%	<u>Dose (m3/ha)</u> Stable	5.0
Autres cultures (prairies, haricot, horticulture, pommier...) 300 ha (5% SI) 1000 m3/ha 0.3 Mm3	0.30	<u>Surface</u> +5%	<u>Dose (m3/ha)</u> +20%	0.38	<u>Surface</u> +5%	<u>Dose (m3/ha)</u> +20%	0.46
Elevage UGBTA herbivores: 69 000 (2010) -> 61 000 (2020) UGBTA granivores: 57 000 (2010) -> 51 000 (2020)	1.8	<u>Effectifs</u> -12% Tendance RGA 2010-2020 (-12% herbivores, -12% granivores)	<u>Doses (L/jour)</u> +7,5% +2°C en 2050 = +15% en L/jour (références consommation en eau des élevages)	1.7	<u>Effectifs</u> -12%	<u>Doses (L/jour)</u> +7,5%	1.5
TOTAL	8.9			11.7			14.9

Déterminants, éléments de contexte du scénario tendanciel :

Le changement climatique a pour effet une dégradation du bilan hydrique.

En grandes cultures, il n'y a pas de gros effort pour adapter les variétés / les assolements. Des doses plus fortes sont apportées. Les volumes totaux augmentent en accord avec des besoins à la hausse exprimés par les irrigants (enquête SBVGL).

Le maïs ne baisse pas forcément avec le recul de l'élevage, le maïs fourrage devient du maïs grain. Le développement de la méthanisation peut jouer un effet sur les assolements.

Le secteur maraîchage est très dynamique et se développe principalement dans les zones de nappe des sables. Sa croissance est notamment permise sur les superficies fourragères libérées par le recul de l'élevage. L'irrigation de précision (goutte à goutte) et les travaux engagés par la profession permettent une marge de manœuvre pour maîtriser les doses.

Des besoins nouveaux apparaissent sur d'autres productions (autres cultures, dont vigne)

L'élevage poursuit son déclin pour plusieurs raisons (économie, baisse de la consommation, manque de repreneurs...).

Tableau 22 : scénario adaptatif proposé lors de l'atelier du 17/10/2023 pour l'usage agricole

Situation actuelle 5 800 ha irrigués (11% SAU) SAU: 55 000 ha	volume actuel (Mm3)	2020 - 2035		volume 2035 (Mm3)	2035 - 2050		Volume 2050 (Mm3)
Grandes cultures irriguées (93% maïs) 4000 ha (68 % SI) 1000 m3/ha 4 Mm3	4.0	<u>Surface</u> 0%	<u>Dose</u> (m3/ha) 0%	4.0	<u>Surface</u> -20% Tendance inverse a celle du scénario tendanciel Adaptation des assolements (cultures de printemps, sorgho, légumineuses), des variétés (résistantes au stress hydrique) et des pratiques (éviter, conservation des sols..) Recul de l'élevage (scénario "GIEC" et du maïs)	<u>Dose (m3/ha)</u> Stable Effet d'assolements moins gourmands en eau Progrès sur l'efficacité, le pilotage, la réduction des doses	3.2
Maraichage 1500 ha (27 % SI) 1750 m3/ha 2,8 Mm3	2.8	<u>Surface</u> 0%	<u>Dose</u> (m3/ha) 0%	2.8	<u>Surface</u> -10% Toutes les filières fournissent un effort sur la réduction des superficies irriguées	<u>Dose (m3/ha)</u> -10% Goutte à goutte Récupération eaux de pluie...	2.3
Autres cultures (prairies, haricot, horticulture, pommier...) 300 ha (5% SI) 1000 m3/ha 0.3 Mm3	0.3	<u>Surface</u> 0%	<u>Dose</u> (m3/ha) 0%	0.3	<u>Surface</u> -20%	<u>Dose (m3/ha)</u> Stable	0.2
Elevage UGBTA herbivores: 69 000 (2010) -> 61 000 (2020) UGBTA granivores: 57 000 (2010) -> 51 000 (2020)	1.8	<u>Effectifs</u> 0%	<u>Doses</u> 0%	1.8	<u>Effectifs</u> -12% effectifs vs 2020 sur les herbivores et les granivores, tendances observées RGA 2010 - 2020	<u>Doses stables</u> Mesures économie eau en élevage compensent la hausse des besoins	1.6
TOTAL	8.9			8.9			7.3

Déterminants, éléments de contexte du scénario adaptatif

La superficie irriguée diminue entraînée par :

- Une baisse importante du maïs, liée à la baisse de l'élevage et à une progression forte de l'agriculture biologique.
- Des contraintes et des coûts d'irrigation toujours plus importants.

Le maraichage est également tenu de réduire sa superficie irriguée, il subit également des contraintes et coûts importants. Son expansion est limitée par volonté de préserver une diversité agricole (polyculture élevage notamment) et la qualité de l'eau

De gros efforts sont fournis sur la réduction des doses (m³/ha). A la fois permis par une amélioration de l'efficacité (matériel, pilotage) et par une réduction des besoins par l'adaptation des plantes, des variétés, des stratégies d'évitement des pics de chaleur

L'élevage poursuit son déclin pour plusieurs raisons (économie, baisse de la consommation, manque de repreneurs...)

4.4 Trajectoires proposées par les groupes du GAE

Les membres du GAE ont été divisés en 4 groupes. Dans chacun des groupes était représentée, dans la mesure du possible, la diversité des acteurs. Chaque groupe s'est vu proposer une grille pour quantifier une trajectoire pour chacun des scénarios.

Le fonctionnement de cette grille est le suivant :

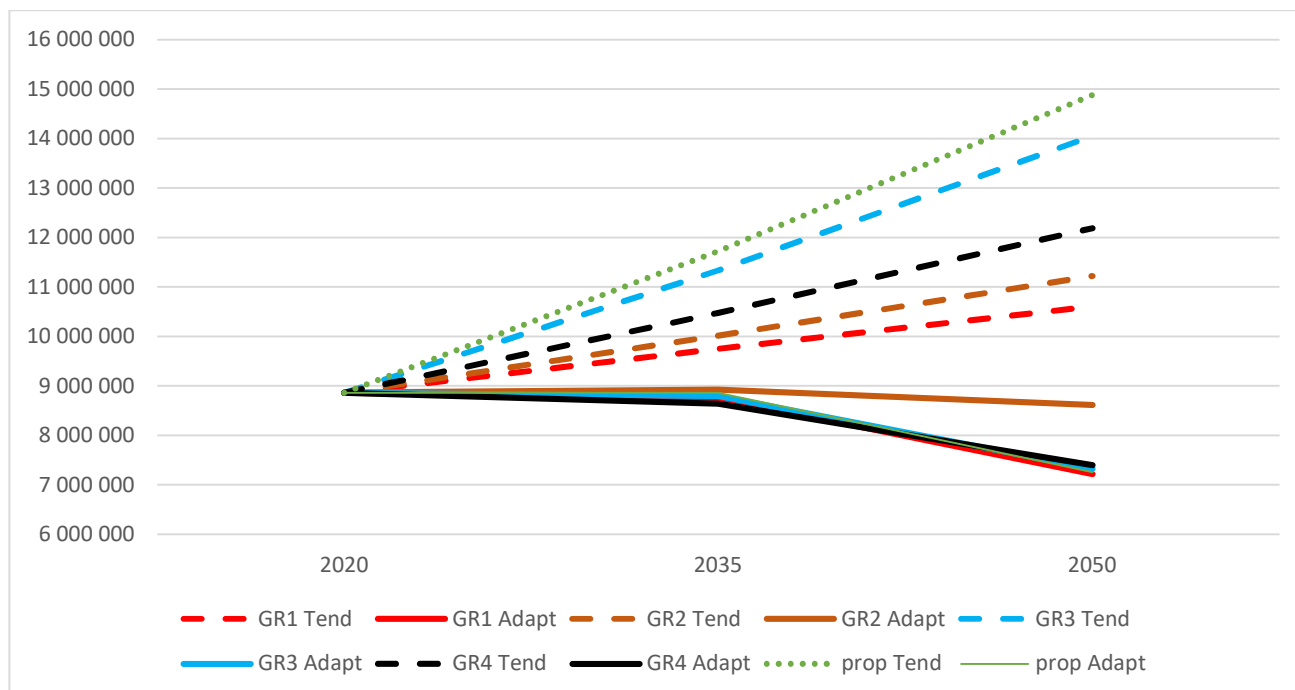
On retrouve dans la colonne proposition initiale les trajectoires proposées à horizon 2050 (évolution en % par rapport à 2020). La grille ne considère que l'horizon 2050 pour simplifier la démarche.

- Pour la démographie en nombre d'habitants, le groupe propose une évolution en % pour 2050 en connaissance de la référence 2020. Cet indicateur est un prérequis pour la consommation d'AEP.
- Pour la consommation d'AEP, production d'AEP et prélèvement industriel, en volume, le groupe propose une évolution pour 2050 en connaissance de la référence 2020.
- Pour les productions agricoles irriguées, le groupe propose une évolution en % pour les deux termes du calcul qui sont la surface irriguée (ha) et la dose pratiquée (m3/ha)
- Pour l'élevage, le groupe propose une évolution en % pour les effectifs (nombre de têtes) et pour les consommations (L/jour/animal)

Les trajectoires proposées par chacun des groupes sont présentées dans les tableaux du compte-rendu de l'atelier du 17/10/2023.

On ne reprend, ici, que les résultats des simulations de volumes agricoles et les 2 scénarios finalement retenus à l'issue du vote.

Figure 50 : trajectoires des différents groupes pour l'usage agricole



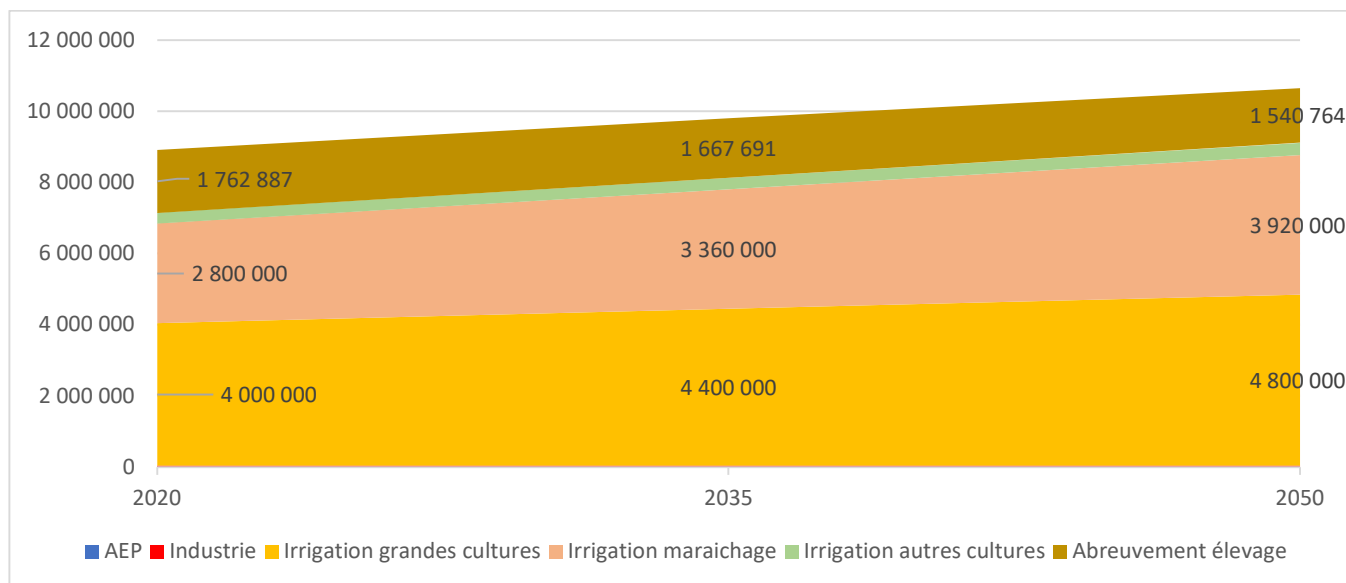
A noter quant à la prise en compte des évolutions 2050 en deux pas de temps de 15 ans (2035, 2050) : les évolutions qui vont dans le sens de la tendance ont été prises en compte de manière linéaire. Les évolutions qui marquaient une rupture de tendance ont été prises en deux temps : stabilité sur la première période 2020-2035 pour marquer l'inversion de tendance, puis prise en compte de l'évolution proposée entre 2035 et 2050.

Pour les prélèvements (essentiellement agricoles), le point de départ se situe à 8,8 Mm³ en 2020 (7,1 Mm³ irrigation et 1,7 Mm³ abreuvement). La figure ci-dessous donne un champ des possibles selon les acteurs locaux pour 2050. Le volume maximum (scénario tendanciel) est celui de la proposition initiale : 15 Mm³. Comme nous l'avons vu cette proposition a été unanimement revue à la baisse par tous les groupes qui définissent un faisceau des possibles pour le scénario tendanciel entre 10,6 et 14 Mm³.

Les trajectoires pour le scénario adaptatif sont assez regroupées autour de la proposition initiale : elles définissent un prélèvement agricole 2050 s'établissant entre 8,6 et 7,26 Mm³.

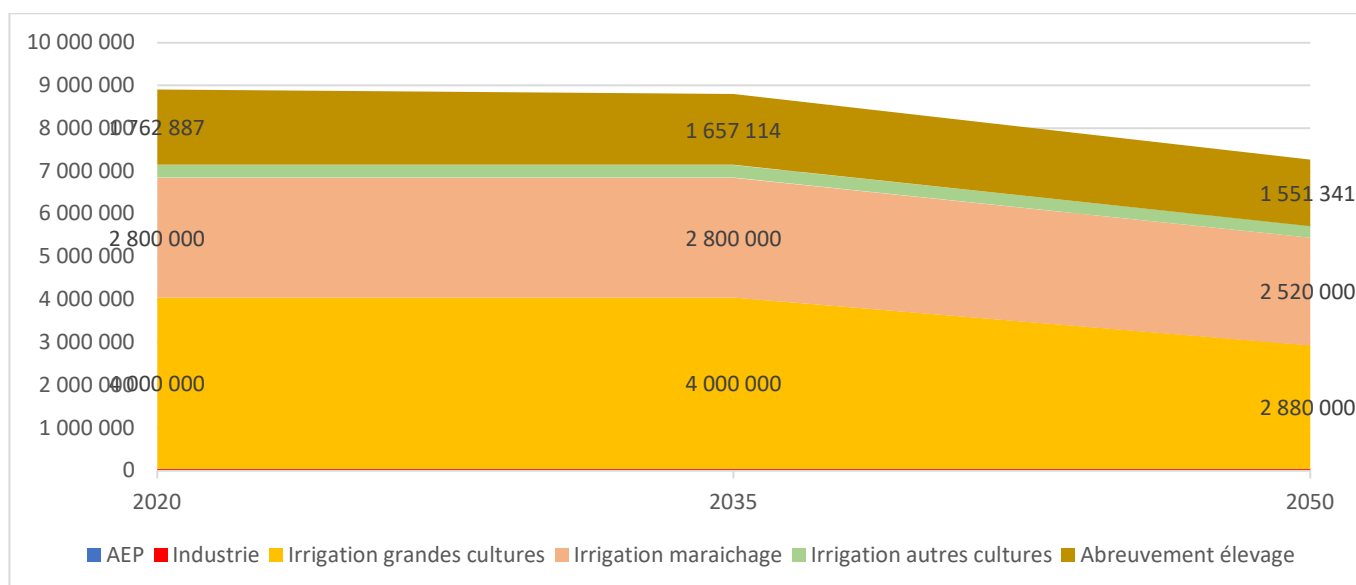
4.5 Trajectoires retenues

Après présentation des trajectoires par les groupes et vote, ce sont les trajectoires du groupe rouge qui ont été retenues pour les scénarios tendanciel et adaptatif. A noter que le groupe rouge est celui qui proposait la valeur la plus faible pour le scénario tendanciel, pour l'usage agricole, à 10,6 Mm³, et pour le scénario adaptatif, à 7,26 Mm³.

Figure 51 : trajectoires volumes / usages retenues pour le scénario tendanciel

Le total s'établit en 2050 à 10,6 Mm³ (hors évaporation des plans d'eau) et entre 15,5 et 16 Mm³ si on inclut les pertes par évaporation au niveau des plans d'eau du parc actuel.

Cela correspond donc à une augmentation du volume prélevé de 1,8 Mm³ environ.

Figure 52 : trajectoires retenues pour le scénario adaptatif

Le total s'établit en 2050 à 7,3 Mm³ (hors évaporation des plans d'eau) et entre 12,1 et 12,6 Mm³ si on inclut les pertes par évaporation au niveau des plans d'eau du parc actuel.

Cela correspond donc à une diminution du volume prélevé de 1,5 Mm³ environ.

5 EVOLUTION DES BESOINS DES MILIEUX AQUATIQUES

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 de l'hydrologie future estimée sur les débits écologiques

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 la fréquence du non-respect des débits écologiques définis dans le volet M de l'étude.

5.2 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 Acclimaterra, 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-épuratrice 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 baisse des débits, notamment en période d'étiage, entrainera, à rejets de stations d'épuration constants, une dégradation de la qualité de l'eau des cours d'eau récepteurs en raison d'une moins bonne dilution. Les mois les plus concernés par cet effet, outre la période juillet-octobre d'ores et déjà sujettes à de faibles débits nécessitant parfois des adaptations de rejets (stockages tampons), sont

- Avril-mai-juin pour la projection climatique médiane,
- Avril-mai et novembre-décembre pour la projection climatique pessimiste.

5.3 Données prospectives sur la vulnérabilité des espèces

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.

5.4 Ecosystèmes aquatiques et 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 entrainant des indices de qualité biologiques faibles, et donc à une dégradation de l'état des masses d'eau.

5.4.2 Zones humides alluviales

Les zones humides 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 a minima une fois par an.

5.5 Synthèse sur les 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 qui pourrait se dégrader en raison de l'élévation de la température et des baisses de débits attendues qui entraîneront un moindre effet de dilution dans les cours d'eau pour les rejets de stations d'épuration notamment.

A l'échelle des masses d'eau, un appauvrissement spécifique des larves d'invertébrés est à prévoir en lien avec la dégradation de la qualité de l'eau, ce qui entraînera un appauvrissement de la ressource alimentaire pour le reste de la chaîne trophique.

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

6 SYNTHÈSE DU VOILET CLIMAT

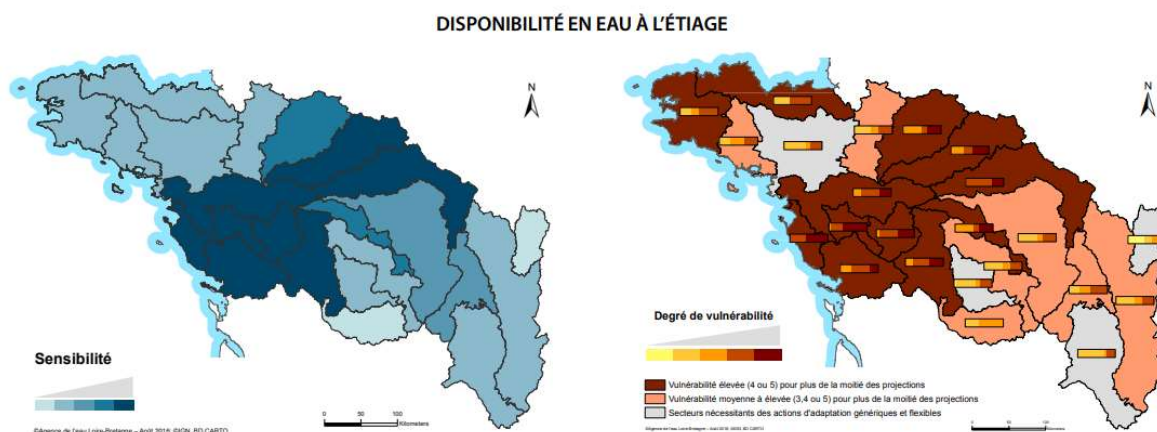
L'analyse des 3 volets H, M, U sous les effets du changement climatique met en évidence

- ➔ Pour l'hydrologie
 - Une ressource encore plus limitée à l'été, ainsi qu'une forte baisse des débits d'automne, quel que soit la projection climatique retenue,
 - au printemps, une baisse des débits faible à modérée, et des débits hivernaux en baisse faible à forte ; pour ces 2 saisons, les conclusions liées aux différentes projections climatiques divergent.
- ➔ Pour les milieux
 - une dégradation générale de la qualité des eaux du fait d'une moindre dilution, notamment en été et à l'automne,
 - 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, le groupe d'acteurs élargi réuni en atelier le 17/10/2023 a contribué à élaborer deux scénarios prospectifs d'usages :
 - un tendanciel qui atteindrait des besoins en eau de 10,6 Mm³ (hors évaporation des plans d'eau) supérieur à l'existant,
 - un adaptatif, plus ambitieux en termes de transformation du territoire, qui atteindrait 7,3 Mm³ (hors évaporation des plans d'eau), inférieur à l'existant.
 - Sous les effets de l'augmentation de l'évaporation, avec un parc de plans d'eau constant, les pertes par évaporation se situeraient entre 4,9 Mm³ et 5,4 Mm³ selon l'hypothèse de calculs retenue (cf. volet U).

ANNEXES

Rappels sur le PACCLB 2018

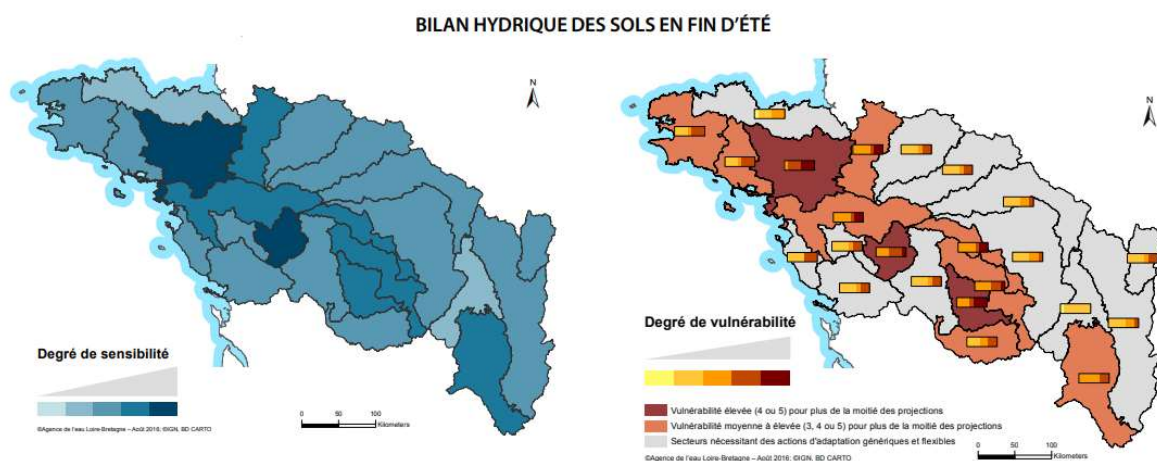
Figure 53 : carte des sensibilités et vulnérabilités du PACCLB 2018



→ Sensibilité actuelle des territoires du bassin pour la disponibilité en eau, avec le climat d'aujourd'hui.

→ Vulnérabilité obtenue en appliquant 14 évolutions possibles du climat et de l'hydrologie à la sensibilité actuelle.

Une première analyse montre que la sensibilité actuelle la plus forte constatée (bleu foncé) s'étend à d'autres secteurs du bassin : vallée de l'Indre, Bretagne Nord et Ouest. La situation devient plus préoccupante sous l'effet du changement climatique*.

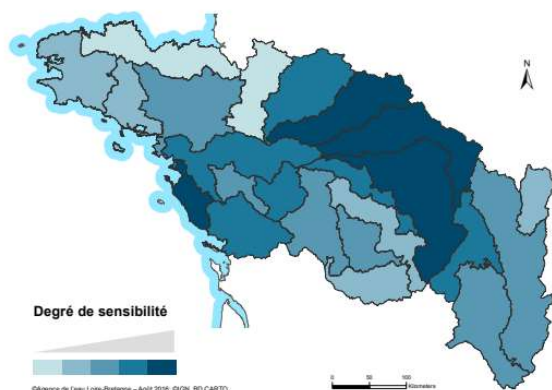


→ Sensibilité actuelle des territoires pour le bilan hydrique des sols, avec le climat d'aujourd'hui.

→ Vulnérabilité obtenue en appliquant 7 évolutions du climat à la sensibilité actuelle.

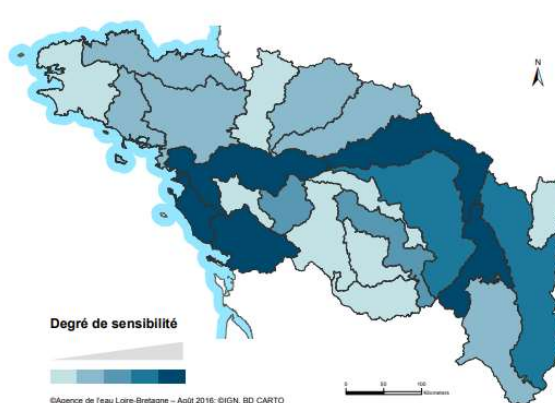
La situation reste aussi préoccupante, un troisième secteur devenant fortement vulnérable.

SENSIBILITÉ DES COURS D'EAU



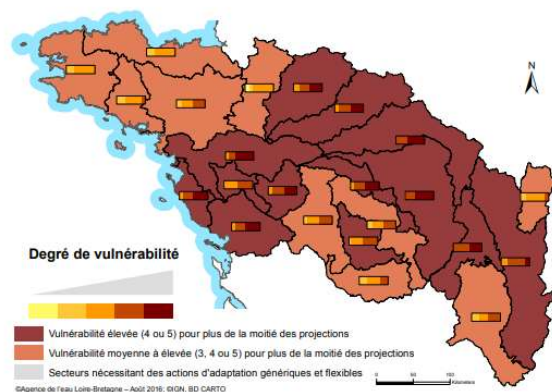
→ Sensibilité actuelle des territoires pour la biodiversité des cours d'eau.

SENSIBILITÉ DES MILIEUX POTENTIELLEMENT HUMIDES

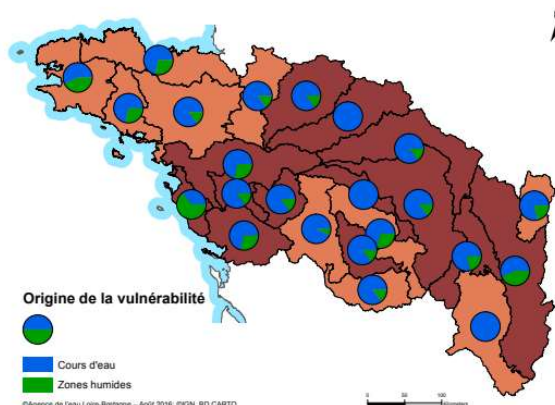


→ Sensibilité actuelle des territoires pour la biodiversité des zones humides (ou milieux potentiellement humides).

VULNÉRABILITÉ GLOBALE CONCERNANT LA BIODIVERSITÉ



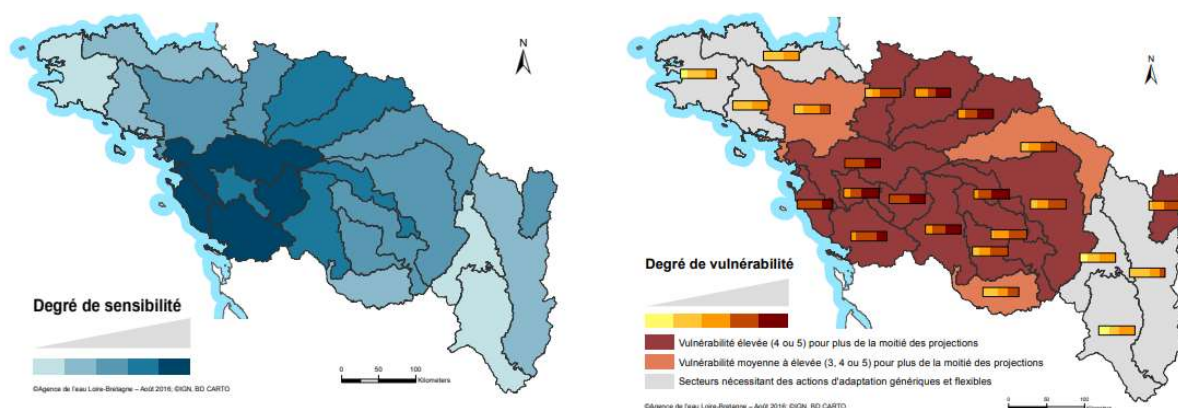
→ Vulnérabilité obtenue en appliquant 14 évolutions du climat et de l'hydrologie à la sensibilité actuelle.



→ Part de la vulnérabilité entre celle des cours d'eau et celle des zones potentiellement humides.

La situation s'aggrave très nettement sur tout le bassin: on double quasiment le nombre des secteurs les plus sensibles (de 7 aujourd'hui à 13 dans l'avenir), avec une extension géographique sur le bassin de la Maine et les hauts bassins de la Loire, du Cher et de la Vienne. Cette évolution peut avoir des conséquences secondaires sur la qualité des eaux et sur la ressource.

CAPACITÉ D'AUTOÉPURATION DES MILIEUX AQUATIQUES



→ Sensibilité actuelle des territoires pour la capacité d'autoépuration des cours d'eau.

→ Vulnérabilité obtenue en appliquant 14 évolutions du climat et de l'hydrologie à la sensibilité actuelle.

L'aggravation est particulièrement visible avec un quadruplement du nombre de secteurs concernés (de 4 à 15) et une extension sur tout le bassin de la Maine, de la Vienne, de l'Indre et du Cher ainsi que sur le Morvan.

Plan d'adaptation du PACCLB 2018 selon les 5 enjeux du SDAGE 2016-2021

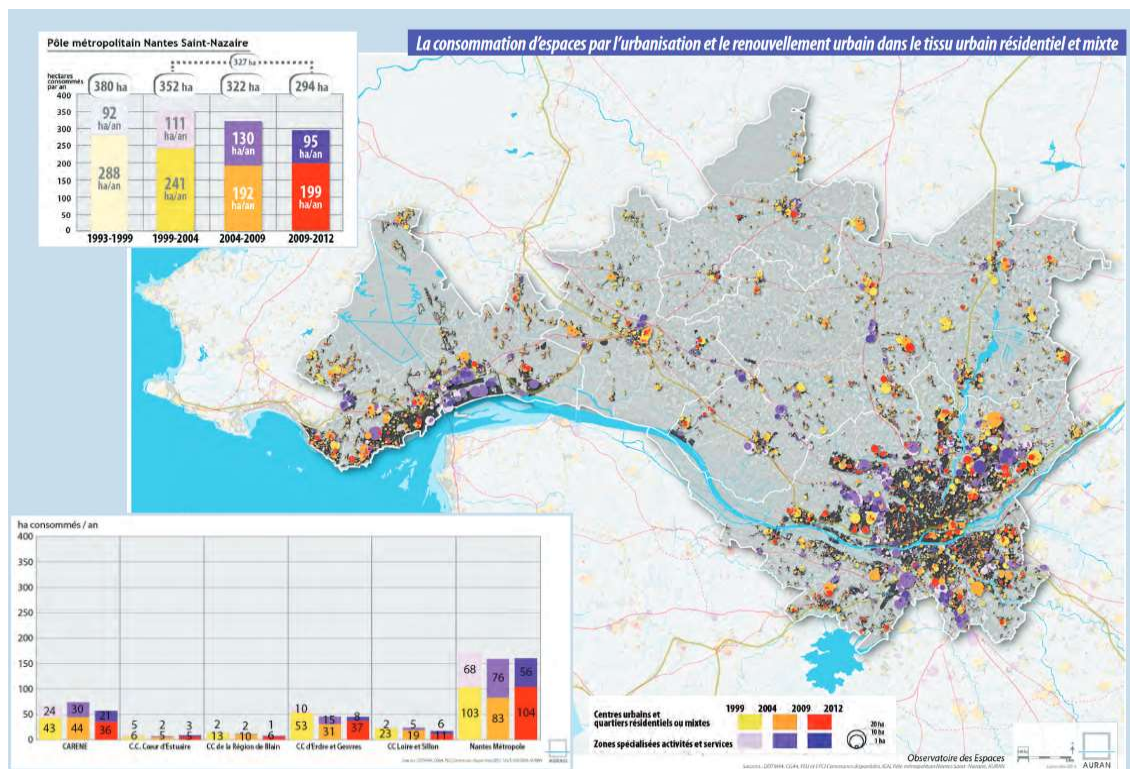
ENJEUX et PRINCIPES	LEVIERS D'ACTIONS	EXEMPLES D'ACTIONS
Qualité : prévenir la dégradation de la qualité de l'eau et maintenir voire renforcer les capacités auto-épuratrices des milieux naturels aquatiques.	Limiter l'augmentation de la température de l'eau Limiter les pollutions ponctuelles Limiter la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

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

Compléments sur les SCOT
Population en 2030 sur le SCOT du Retz

Collectivité		C.C Grand Lieu	C.C Sud Retz Atlantique		Autre C.C	Total
			C.C Loire-Atlantique méridionale	C.C de la Région de Machecoul		
Population 2009		35 126	8 272	18 684	77 418	139 500
Fourchette basse	Nombre de logements à construire en moyenne chaque année depuis 2009	250	60	166	724	1 200
	Population en 2030	43 918 (+8 792)	10 382 (+2 110)	24 522 (+5 838)	102 788 (+25 460)	181 700 (+42 200)
	Augmentation en % par rapport à 2009	1,1	1,1	1,3	1,4	1,3
Fourchette haute	Nombre de logements à construire en moyenne chaque année depuis 2009	310	101	215	1 024	1 650
	Population en 2030	45 741 (+10 615)	11 730 (+3 458)	26 046 (+7 362)	112 483 (+35 065)	196 000 (+56 500)
	Augmentation en % par rapport à 2009	1,3	1,7	1,6	1,8	1,6

Consommation d'espaces pour l'urbanisation sur la période 1999-2012 (Source : SCOT Nantes Saint-Nazaire)



Evolution AEP, des NAF et économique à l'échelle des SCOTs d'après les données SCOT

	SCoT Pays de Retz	SCoT Pays du Bocage Vendéen	SCoT Pays Yon et Vie	SCOT Vignoble Nantais	SCOT Nantes Saint-Nazaire
Evolution AEP	Les besoins sont évalués à environ 4 Mm ³ pour SIAEP Pays de Retz – Sud Loire et 4,4 Mm ³ pour SIAEP région de Grand-Lieu	Pas de projection car les besoins en eau actuels sont largement couverts par la capacité des 4 retenues sur le secteur	Pas de projection	Pas de projection chiffrée mais modernisation de l'usine de Basse Goulaine pour satisfaire les nouveaux besoins	Les besoins supplémentaires sur environ 15 ans (pour 2030) sont évalués à 6 Mm ³ nécessaire
Evolution de la perte de surface NAF (naturelle, agricole et forestière)	Objectif de diminution des pertes de NAF non chiffré	Passage d'une artificialisation des sols de 160 ha/an à 80 ha/an en 2030	Passage d'une artificialisation des sols de 131 ha/an à 55,8 ha/an en 2030	63 ha/an Objectif de diminution des pertes de NAF non chiffré	Passage d'une artificialisation des sols de 134,2 ha/an à 67,1 ha/an en 2030
Evolution économique	Développent du maraîchage, floriculture et de l'élevage Baisse de production du lait et de vignes Développement du tourisme d'intérieur (pistes cyclables, proximité avec Nantes Saint-Nazaire, développement des formes d'hébergements touristiques)	Compromis entre la préservation d'un maillage rural maillé et la consolidation de pôles urbains	Axes routiers sur l'axe Roche / Nantes et Challans / Montaigu Développement du tourisme de passage et rétro-littoral	Incertitudes fortes sur l'évolution du secteur primaire	Développement du tourisme rétro-littoral (circuit en vélo, lac de Grand Lieu).