

Analyse HMUC et propositions d'actions pour une gestion équilibrée et durable des ressources en eau sur le bassin du Fouzon dans le cadre du SAGE Cher aval

Phase 1 – Volet « Climat » : Note d'analyse de l'évolution du climat et de ses effets sur la ressource en eau



CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Île
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Île - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safeg.com

Maître d’ouvrage : Etablissement Public Loire

Numéro du projet : 19NHF012

Intitulé du projet : Analyse HMUC et propositions d’actions pour une gestion équilibrée et durable des ressources en eau sur le bassin du Fouzon dans le cadre du SAGE Cher aval

Intitulé du rapport : Phase 1 –Volet « Climat » : Note d’analyse de l’évolution du climat et de ses effets sur la ressource en eau

Version	Rédacteur	Vérificateur	Date d’envoi	Commentaires
V 1.0	Max MENTHA	Florence DAUMAS	27/11/2020	Version initiale
V2	Max MENTHA	Florence DAUMAS	24/02/2021	Version corrigée à la suite du COTECH N°3
V3	Max MENTHA	Max MENTHA	22/12/2021	Version corrigée suite à la correction du bilan des usages Version validée par la CLE lors de la réunion du 23 juin 2022

SOMMAIRE

1..... PRÉAMBULE	7
1.1 Contexte de l’étude	7
1.2 Périmètre du territoire d’étude	7
1.3 Objectifs de la Phase 1	9
1.4 Déroulement de la mission.....	9
2..... ANALYSE DES PERSPECTIVES D’ÉVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU AUX HORIZONS 2030 ET 2050.....	10
2.1 Analyse bibliographique.....	10
2.1.1 Etude Explore 2070 (2010-2012).....	10
2.1.2 Etude ICC Hydroqual (2009-2010)	15
2.2 Modélisation de l’évolution de la ressource en eau	16
2.2.1 Données climatiques considérées	16
2.2.2 Perspectives d’évolution du climat.....	19
2.2.3 Perspectives d’évolution de la ressource en eau superficielle.....	28
3..... CONCLUSION	88
4..... GLOSSAIRE.....	89
5..... ANNEXES.....	94
5.1 Annexe 1 : Scénarios climatiques du GIEC.....	94
5.1.1 Scénarios SRES.....	94
5.1.2 Scénarios RCP	95
5.2 Annexe 2 : Explore 2070 – Fiches station du Fouzon à la station de Meusnes et à la station de Selles-sur-Cher.....	97
5.3 Annexe 3 : Méthode de calcul de l’ETP selon la formule de Oudin et al.....	100

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du bassin versant (Source : EP Loire, IGN, SUEZ Consulting 2019)	8
Figure 2 : Evolution des précipitations entre la période 1961-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)	11
Figure 3 : Evolution de la température entre la période 1961-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)	12
Figure 4 : Evolution de l’ETP entre la période 1961-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)	12
Figure 5 : Evolution des débits mensuels moyens entre la période 1970-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)	13
Figure 6 : Evolution des débits mensuels quinquennaux secs entre la période 1970-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)	14
Figure 7 : Evolution de la recharge de nappe (source : Explore 2070)	14
Figure 8 : Evolution des températures de l’eau du Cher à Savonnières (source : ICC Hydroqual)	15
Figure 9 : Station de Romorantin - Comparaison entre les précipitations mensuelles moyennes selon DRIAS (modèle CNRM2014, 2006-2018) et Météo France (observations 2006-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)	18
Figure 10 : Station de Romorantin - Comparaison entre les températures mensuelles moyennes selon DRIAS (modèle CNRM2014, 2006-2018) et Météo France (observations 2006-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)	18
Figure 11 : Station de Romorantin - Comparaison entre l’ETP mensuel moyen calculé à partir des températures DRIAS (modèle CNRM2014, 2006-2018) à l’aide de la formule de Oudin et de l’ETP mesuré par Météo France (observations 2006-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)	19
Figure 12 : Evolution des cumuls annuels de précipitations entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)	20
Figure 13 : Evolution des cumuls annuels de précipitations entre 2000 et 2060 (en % de différence par rapport à la moyenne 2000-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)	21
Figure 14 : Evolution du nombre de jours de pluie entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)	21
Figure 15 : Evolution du nombre de jours de pluie entre 2000 et 2060 (en % de différence par rapport à la moyenne 2000-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)	22
Figure 16 : Evolution des cumuls mensuels de précipitations entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)	22
Figure 17 : Evolution des cumuls mensuels de précipitations entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)	23
Figure 18 : Evolution des températures moyennes annuelles entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)	24
Figure 19 : Evolution des températures entre 2000 et 2060 (en % de différence par rapport à la moyenne 2000-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)	24
Figure 20 : Evolution des températures moyennes mensuelles entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)	25
Figure 21 : Evolution des cumuls annuels d’ETP entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)	25
Figure 22 : Evolution de l’ETP entre 2000 et 2060 (en % de différence par rapport à la moyenne 2000-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)	26
Figure 23 : Evolution des cumuls mensuels d’ETP entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)	26
Figure 24 : Fouzon amont – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	32
Figure 25 : Fouzon médian – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	35
Figure 26 : Pozon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	38
Figure 27 : Saint-Martin – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	41
Figure 28 : Renon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	44
Figure 29 : Céphons – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	47
Figure 30 : Nahon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	50
Figure 31 : Fouzon aval – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	53
Figure 32 : Fouzon amont – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	56
Figure 33 : Fouzon médian – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	59
Figure 34 : Pozon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	62
Figure 35 : Saint-Martin – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	65
Figure 36 : Renon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	68
Figure 37 : Céphons – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	71
Figure 38 : Nahon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	74
Figure 39 : Fouzon aval – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	77
Figure 40 : Comparaison des débits mensuels quinquennaux secs entre l’étude Explore 2070 et la présente étude	79
Figure 41 : Bassin du Fouzon - Analyse des pressions anthropiques actuelles par unité de gestion	83
Figure 42 : Bassin du Fouzon - Analyse des pressions anthropiques par unité de gestion à l’horizon 2030	84

Figure 43 : Bassin du Fouzon - Analyse des pressions anthropiques par unité de gestion à l'horizon 2050.....	85
Figure 44 : Scénarios SRES - Principales hypothèses prises pour les différents scénarios (Source : Portail DRIAS)	94
Figure 45 : Comparaison des évolutions du forçage radiatif associé aux différents scénarios climatiques	96

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution du cumul de précipitations annuelles, hivernales et estivales (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting).....	20
Tableau 2 : Evolution du nombre de jours anormalement chauds à l’année, en hiver et en été (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting)....	23
Tableau 3 : Evolution du nombre maximum de jours secs consécutifs annuels, hivernaux et estivaux (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting)	27
Tableau 4 : Synthèse sur l’évolution du climat (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting)	27
Tableau 5 : Fouzon amont – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2030.....	31
Tableau 6 : Fouzon amont – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	33
Tableau 7 : Fouzon médian – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2030	34
Tableau 8 : Fouzon médian – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	36
Tableau 9 : Pozon – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2030	37
Tableau 10 : Pozon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	39
Tableau 11 : Saint-Martin – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2030	40
Tableau 12 : Saint-Martin – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	42
Tableau 13 : Renon – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2030.....	43
Tableau 14 : Renon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	45
Tableau 15 : Céphons – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2030	46
Tableau 16 : Céphons – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	48
Tableau 17 : Nahon – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2030.....	49
Tableau 18 : Nahon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	51
Tableau 19 : Fouzon aval – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2030.....	52
Tableau 20 : Fouzon aval – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2030	54
Tableau 21 : Fouzon amont – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2050.....	55
Tableau 22 : Fouzon amont – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	57
Tableau 23 : Fouzon médian – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2050.....	58
Tableau 24 : Fouzon médian – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	60
Tableau 25 : Pozon – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2050	61
Tableau 26 : Pozon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	63
Tableau 27 : Saint-Martin – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2050	64
Tableau 28 : Saint-Martin – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	66
Tableau 29 : Renon – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2050.....	67
Tableau 30 : Renon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	69
Tableau 31 : Céphons – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2050	70
Tableau 32 : Céphons – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	72
Tableau 33 : Nahon – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2050.....	73
Tableau 34 : Nahon – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	75
Tableau 35 : Fouzon aval – Indicateurs d’étiage à l’horizon 2050	76
Tableau 36 : Fouzon aval – Débits mensuels quinquennaux secs à l’horizon 2050	78
Tableau 37 : Comparaison des débits caractéristiques d’étiage entre l’étude Explore 2070 et la présente étude.....	79
Tableau 38 : Evolution du QMNA5 à travers les différents horizons étudiés	86
Tableau 39 : Evolution de la durée des périodes de bas débits (<QMNA2) et de très bas débits (<QMNA5) entre l’état actuel (2000-23018) et l’horizon 2030 (2020-2040) (nombre de jours et % d’augmentation).....	87
Tableau 40 : Evolution de la durée des périodes de bas débits (<QMNA2) et de très bas débits (<QMNA5) entre l’état actuel (2000-23018) et l’horizon 2050 (2040-2060) (nombre de jours et % d’augmentation).....	87

Acronymes

ADES	Portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
AELB	Agence de l'Eau Loire-Bretagne
AR	Assessment Report (GIEC)
AURELHY	Méthode d'Analyse Utilisant le RELief pour les besoins de l'HYdrométéorologie
BDD	Base de Données
BV	Bassin Versant
CLE	Commission Locale de l'Eau
COTECH	Comité TECHnique
CTB	Contrat territorial de bassin
DAR	Débit d'Alerte Renforcée
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DCR	Débit de Crise
DDT	Direction Départementale des territoires
DOE	Débit Objectif d'Etiage
DRAAF	Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DSA	Débit Seuil d'Alerte
EP Loire	Etablissement Public Loire
ETP	EvapoTranspiration Potentielle
HMUC	Hydrologie Milieux Usages Climat
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
MESO	Masses d'eau souterraines
QMNA	Débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A), soit la valeur du débit mensuel d'étiage atteint par un cours d'eau pour une année donnée
RCP	Representative Concentrations Pathways
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SRES	Special Report on Emissions Scenarios
UG	Unité de Gestion
VCN	Volume Consécutif miNimal

1 PRÉAMBULE

1.1 Contexte de l'étude

Les cours d'eau du bassin versant du Fouzon connaissent des étiages d'une sévérité parfois marquée, constatée par les acteurs du territoire. La connaissance précise des débits n'existe qu'à l'exutoire du bassin du Fouzon ; les affluents, notamment en tête de bassin, semblent quant à eux plus fréquemment sujets à des étiages sévères (assecs et ruptures d'écoulement régulièrement observés sur le Fouzon, le Céphons et le Meunet notamment).

Ces étiages sont aggravés par la pression des prélèvements : alimentation en eau potable (AEP), activité industrielle, irrigation et abreuvement sont les principaux usages consommateurs d'eau sur le territoire. Des mesures de restriction des prélèvements d'eau (arrêtés préfectoraux) sont donc régulièrement mises en œuvre pour réduire temporairement cette pression sur les cours d'eau. Depuis quelques années, la profession agricole (en lien avec les services de l'Etat) s'est mobilisée pour mettre en place une gestion collective des prélèvements en eaux de surface, prévoyant la mise en place de tours d'eau lorsque c'est nécessaire afin de réguler cette pression dans le temps. Cependant, les crises restent récurrentes : il s'agit d'une insuffisance chronique de la ressource (superficielle et souterraine) par rapport aux usages actuels.

Les services de l'Etat ayant appelé à une réflexion de fond sur cette problématique et le SAGE semblant être le bon outil pour mener cette réflexion, la Commission Locale de l'Eau a souhaité que soit engagée une étude spécifique pour mieux comprendre le fonctionnement hydrologique du bassin versant, mieux y évaluer la disponibilité des ressources en eau et identifier les moyens pour rétablir l'équilibre entre les besoins et la ressource disponible. Cette étude est à mener conformément à la méthodologie « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (dite H.M.U.C.), recommandée par la disposition 7A-2 du SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021.

A l'issue de cette étude, dans le cadre de l'élaboration du SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027, voire d'une révision du SAGE au sens de l'article L212-7 du code de l'environnement, la Commission Locale de l'Eau doit être en mesure de déterminer des préconisations de gestion de la ressource en eau sur le bassin versant du Fouzon : installation de stations hydrologiques pérennes, définition d'objectifs de débits complémentaires à ceux figurant dans le SDAGE ou révision des objectifs existants, réflexion sur les débits d'alerte et de crise, définition de volumes prélevables, etc.

1.2 Périmètre du territoire d'étude

Le périmètre de l'étude est le périmètre du **bassin versant du Fouzon**, cours d'eau s'écoulant sur les départements du Cher, de l'Indre et du Loir-et-Cher. D'une superficie d'environ **1 000 km²**, il se situe sur le bassin Loire-Bretagne et il englobe un **réseau hydrographique important de 610 km** (BD Hydro IGN) dont les principaux cours d'eau sont :

- ❖ Le Fouzon ;
- ❖ Ses affluents d'aval en amont :
 - Le Petit Rhône ;
 - Le Nahon ;
 - Le Renon ;
 - Le Pozon.
- ❖ Les sous-affluents suivants :
 - Le Céphons (affluent du Nahon) ;
 - Le Saint-Martin (affluent du Renon).

Le territoire concerne **dix masses d'eau superficielles et sept masses d'eau souterraines** reconnues par le contexte réglementaire (atteinte du bon état des eaux) de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Les cours d'eau de ce bassin versant sont soumis aux dispositions du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Cher aval. Ce réseau hydrographique connaît des **étiages marqués** en raison de plusieurs facteurs, dont les prélèvements importants de la ressource et les modifications conséquentes de la morphologie des linéaires (recalibrage, rectification, reprofilage, ...).

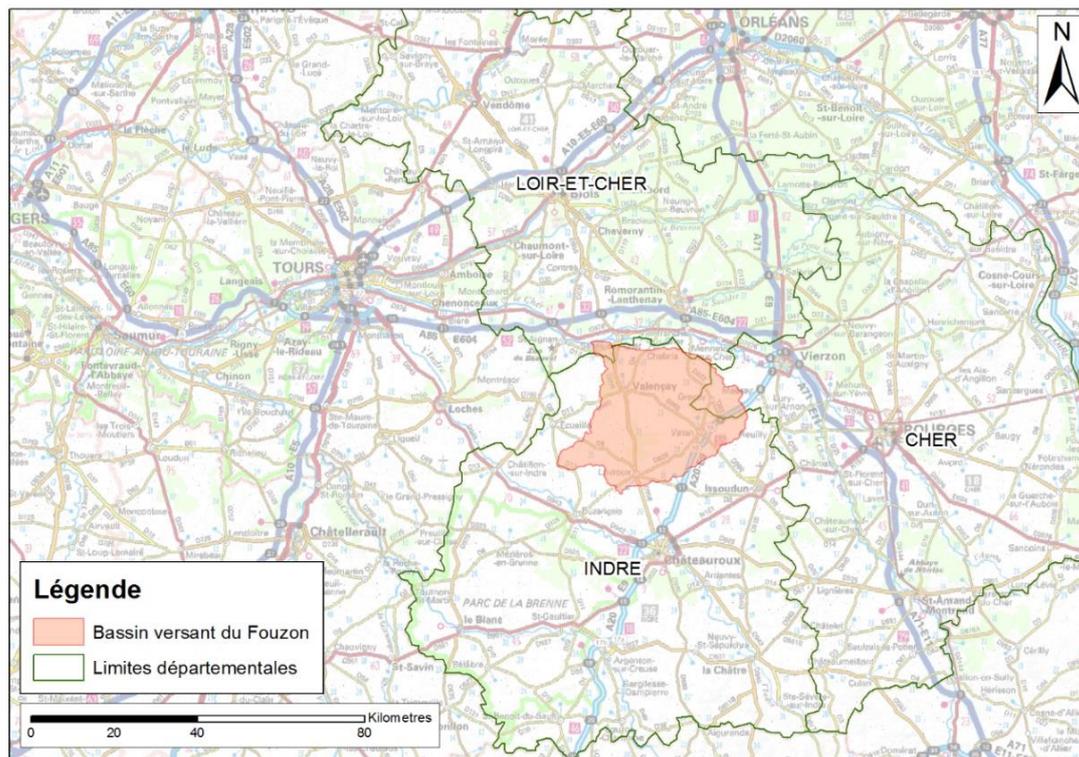


Figure 1 : Localisation du bassin versant (Source : EP Loire, IGN, SUEZ Consulting 2019)

Les communes dont la superficie sur le bassin versant du Fouzon est inférieure à 1 km² ont été retirées de l'étude : la superficie cumulée non prise en compte représente 0,2% du bassin versant.

Les communes concernées sont les suivantes :

- ❖ Villegouin (2 ha sur BV)
- ❖ St Julien-sur-Cher (4 ha sur BV)
- ❖ St Loup (5 ha sur BV)
- ❖ Dampierre-en-Graçay (8 ha sur BV)
- ❖ Villegongis (9 ha sur BV)
- ❖ Selles-sur-Cher (29 ha sur BV)
- ❖ La Champenoise (70 ha sur BV)
- ❖ Couffy (77 ha sur BV).

Ainsi, l'étude HMUC, et notamment le bilan des usages, est menée sur **57 communes**.

1.3 Objectifs de la Phase 1

L'étude détaille le **fonctionnement hydrologique et hydrogéologique du bassin**, et s'intéresse particulièrement aux relations nappes-rivières et aux usages (plans d'eau, prélèvements, ...). Elle définit des débits biologiques, qui intègrent le débit minimum d'une rivière pour garantir la vie, la circulation et la reproduction des espèces y vivant. Ces débits minimums sont établis en étiage et en période hivernale. Ces débits doivent être comparés aux débits statistiques et notamment au QMNA5.

L'étude devra répondre aux **objectifs suivants** :

- ▶ **Synthétiser, actualiser et compléter les connaissances** et analyses déjà disponibles sur le bassin versant du Fouzon, au regard des 4 volets « H.M.U.C. » ;
- ▶ **Rapprocher et croiser les 4 volets « H.M.U.C. »** afin d'établir un diagnostic hydrologique permettant de caractériser la nature et les causes des assecs relevés sur le bassin ;
- ▶ **Elaborer des propositions d'actions** pour une gestion équilibrée et durable des ressources en eau dans un contexte de changement climatique ;
- ▶ En fonction des résultats, proposer et permettre un choix explicite de la CLE sur les **adaptations possibles à apporter aux dispositions du SDAGE** (suivi hydrologique, conditions estivales de prélèvement, valeurs de DOE/DSA/DCR, etc.).

1.4 Déroulement de la mission

L'étude se décompose en **3 phases** :

- ❖ **Phase 1 : Etat des lieux / Synthèse et actualisation des éléments « H.M.U.C. »**
 - Volet « Hydrologie / Hydrogéologie »
 - Volet « Milieux »
 - Volet « Usages »
 - Volet « Climat »
- ❖ **Phase 2 : Diagnostic / Croisement des 4 volets « H.M.U.C. »**
- ❖ **Phase 3 : Proposition d'actions et d'adaptation du SDAGE**

Le présent document constitue le rapport du volet « Climat » de la Phase 1.

L'objectif de ce volet est de :

- ⇒ Caractériser le futur du climat, de la ressource en eau et du fonctionnement hydrologique du bassin versant à l'aide des études et données existantes sur le sujet ;
- ⇒ Reconstituer, à l'aide de la modélisation, l'hydrologie future du bassin versant selon trois scénarios d'usage différents :
 - Aucun usage (hydrologie désinfluencée) : influence du changement climatique seulement ;
 - Usages similaires à ceux de la période actuelle (2000-2018) ;
 - Usages évoluant selon le scénario d'évolution construit dans le cadre du volet « Usages » de l'étude.

Ces analyses permettent de visualiser l'impact du changement climatique associé à différentes politiques d'usages anthropiques de la ressource en eau.

2 ANALYSE DES PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU AUX HORIZONS 2030 ET 2050

2.1 Analyse bibliographique

Un **bilan des connaissances des impacts du changement climatique sur le SAGE Cher aval** a été rédigé en avril 2017 par l'Etablissement Public Loire, en s'appuyant principalement sur deux études :

- ❖ L'étude **Explore 2070** (2010-2012) portée par le ministère en charge de l'écologie, s'appliquant à l'ensemble de la France. Cette étude a pour objet la caractérisation des impacts du changement climatique, notamment sur :
 - Les principaux **paramètres climatiques** (précipitations, températures, ETP) ;
 - **L'hydrologie** de surface (débits, température de l'eau) ;
 - **L'hydrogéologie** ;
 - Les **écosystèmes aquatiques**.
- ❖ **L'étude ICC Hydroqual** portée par l'université de Tours (2009-2010), qui concerne le bassin de la Loire et ses affluents. Cette dernière a permis d'étudier à l'échelle du bassin versant de la Loire les impacts du changement climatique sur :
 - Les **débits** des cours d'eau ;
 - La **température** de l'eau.

Ces deux études s'appuient sur le scénario **A1B** de la gamme de scénarios **SRES** utilisée dans l'**AR4** du GIEC¹ : ce scénario privilégiait une réduction des inégalités Nord-Sud avec un développement économique basé sur le schéma actuel et un équilibre des sources énergétiques (cf. 5.1.1 Scénarios SRES).

Aujourd'hui, avec l'**AR5**, des scénarios climatiques plus récents sont disponibles ; les **scénarios RCP**. Néanmoins, les scénarios SRES restent, à l'échelle de la France, en concordance avec ces derniers², ce qui permet de comparer les anciennes études aux plus récentes. Jusqu'à l'horizon 2050, le scénario **SRES A1B** est très proche des scénarios **RCP 4.5 et 6.0**. Une explication des différents scénarios climatiques existants est fournie en Annexe 1 : Scénarios climatiques du GIEC.

2.1.1 Etude Explore 2070 (2010-2012)

2.1.1.1 Paramètres climatiques et hydrologie de surface

Dans le cadre de l'étude **Explore 2070**, une analyse de **l'évolution du climat et des débits du Fouzon** au niveau de la station hydrométrique de **Meusnes** a été réalisée.

Cette analyse compare, à l'aide de moyennes mensuelles interannuelles, deux horizons temporels. Elle s'appuie sur une **approche multi-modèles (7 modèles climatiques, 1 modèle hydrologique)**, ce qui permet d'appréhender (partiellement) les incertitudes des projections, et d'en évaluer la robustesse.

¹ Le GIEC est l'organisme qui fait référence en matière d'études sur le changement climatique. Il publie périodiquement (environ tous les 5 ans) des rapports d'évaluation traitant d'un large panel de questions relatives au changement climatique. Ces rapports portent l'acronyme AR (Assessment Report) suivi de leur numéro.

² Source : Bilan des connaissances des impacts du changement climatique sur le Sage Cher aval

L’horizon de **référence** est la période **1961-1990**, tandis que l’horizon **futur** auquel il est comparé est la période **2046-2065**. Ces horizons étant distincts de ceux considérés dans la présente étude, il ne sera pas possible de réaliser des comparaisons directes avec ces résultats. Néanmoins, une analyse des tendances d’évolution pressenties par chacune des deux approches permettra de confronter ces dernières.

Les paramètres considérés par l’étude Explore 2070, ainsi que leurs évolutions projetées entre les deux horizons considérés, sont synthétisés ci-après. Une restitution complète de l’analyse d’Explore 2070 au niveau du Fouzon à Meusnes est présentée en Annexe 2 : Explore 2070 – Fiches station du Fouzon à la station de Meusnes.

Evolutions des moyennes mensuelles interannuelles entre la période 1961 -1990 et la période 2046-2065 :

❖ **Précipitations :**

- **L’évolution des précipitations est globalement modérée et incertaine.**

En effet, on observe de manière générale que les modèles climatiques prévoient autant de légères augmentations que de légères diminutions.

Seule la **période estivale** se démarque, avec une tendance générale de **diminution**.

Sur l’année totale, une **légère diminution** des précipitations devrait être observée. Ces faibles évolutions au pas de temps mensuel n’excluent pas que des changements au niveau de la fréquence et de l’intensité des pluies puissent avoir lieu, avec des conséquences directes sur la ressource en eau ;

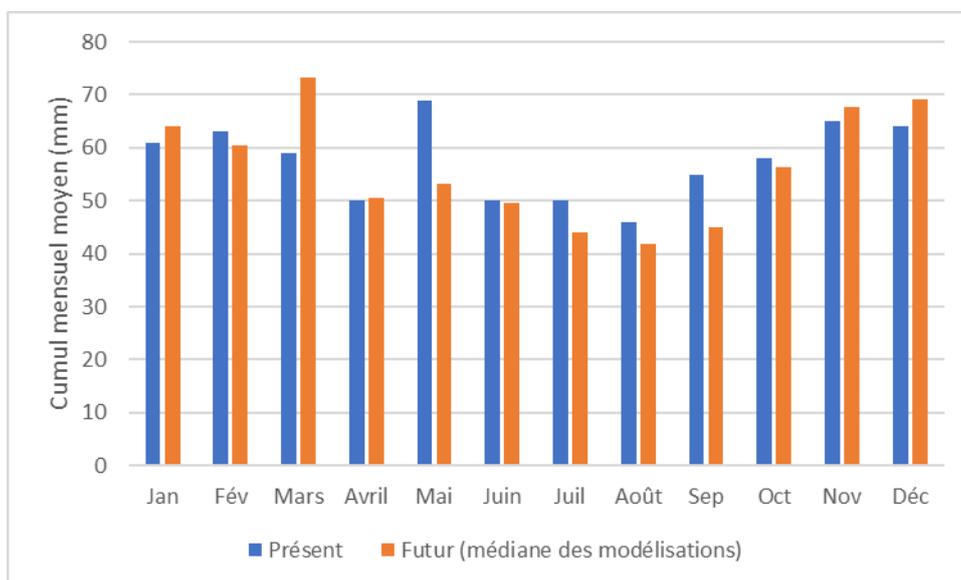


Figure 2 : Evolution des précipitations entre la période 1961-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)

❖ **Températures :**

- Pour les températures, les projections climatiques sont beaucoup plus consensuelles qu’elles ne le sont pour les précipitations et une **tendance marquée d’augmentation** est constatée sur tous les mois de l’année, variant globalement entre **+2 et +3°C** ;

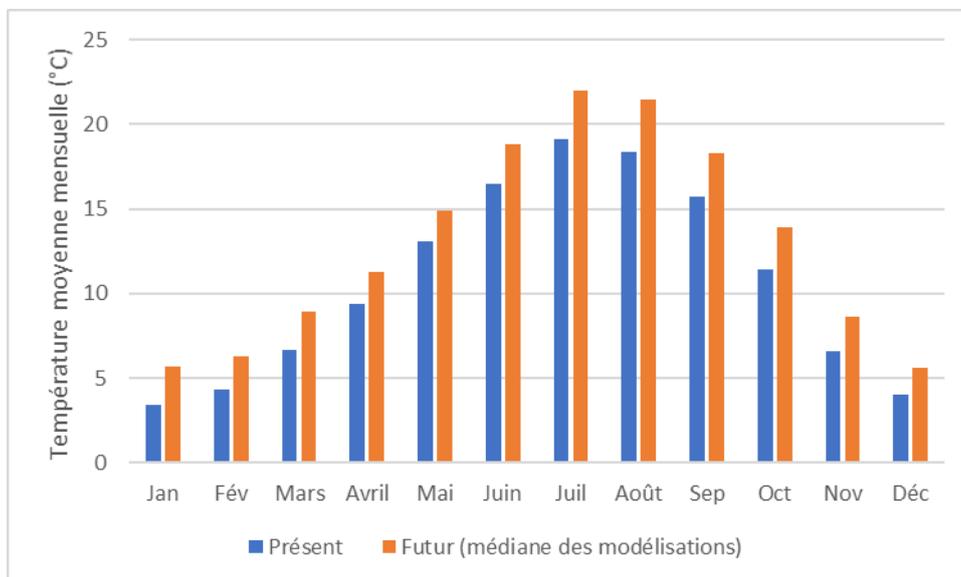


Figure 3 : Evolution de la température entre la période 1961-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)

❖ **Evapotranspiration potentielle :**

- De même que les températures, l’ETP devrait, avec un bon degré de confiance, **augmenter sur l’ensemble de l’année**, avec une augmentation particulièrement marquée en période **estivale et automnale** ;

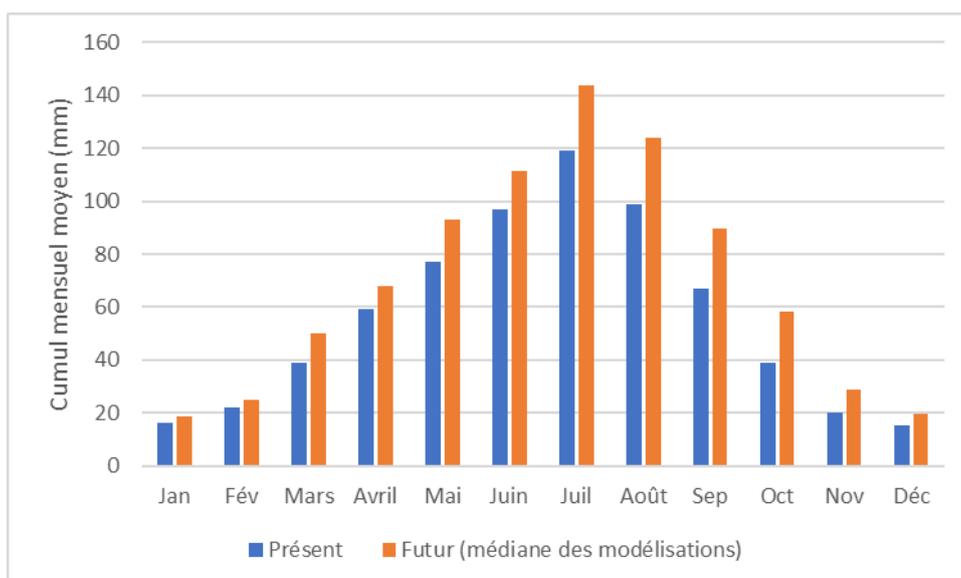


Figure 4 : Evolution de l’ETP entre la période 1961-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)

❖ **Débits :**

- D'après le modèle ISBA-MODCOU auquel les résultats des différents modèles climatiques ont été affectés en tant que données d'entrée, **une diminution généralisée des débits devrait avoir lieu**, qu'il s'agisse des débits moyens mensuels ou des débits moyens mensuels quinquennaux secs. La diminution serait particulièrement **marquée en période hivernale** ;
- Les **débits caractéristiques d'étiage**, quant à eux devraient également **diminuer**. A titre d'exemple, le QMNA5 pourrait baisser d'environ 4% ;
- On note que les **diminutions de débits estivaux sont relativement faibles** au regard de l'évolution des précipitations et de l'ETP estivaux. A ce sujet, les fiches Explore 2070 de plusieurs stations, dont celle du Cher à Selles-sur-Cher montrent que le modèle pluie-débit GR4J (non disponible au niveau du Fouzon à Meusnes) prévoit de plus importantes diminutions de débits estivaux que le modèle ISBA-Modcou (-46% pour GR4J contre -8% pour ISBA-Modcou). La faible diminution des débits pressentie par le modèle ISBA-Modcou est donc à considérer avec précaution, d'autant plus que le calage d'ISBA-MODCOU a été réalisé à l'échelle des grands bassins, tandis que GR4J a été calé au niveau de chaque station Explore 2070 (source : étude Explore 2070, B2a – Rapport détaillé Hydrologie Métropole). En ce sens, les résultats obtenus à l'aide de GR4J seraient plus fiables que ceux d'ISBA-MODCOU.

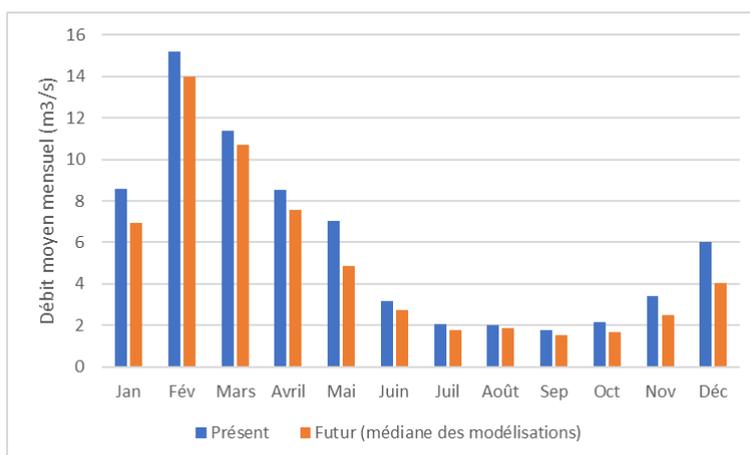


Figure 5 : Evolution des débits mensuels moyens entre la période 1970-1990 et la période 2046-2065³ (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)

³ Application de l'évolution modélisée aux débits actuels observés

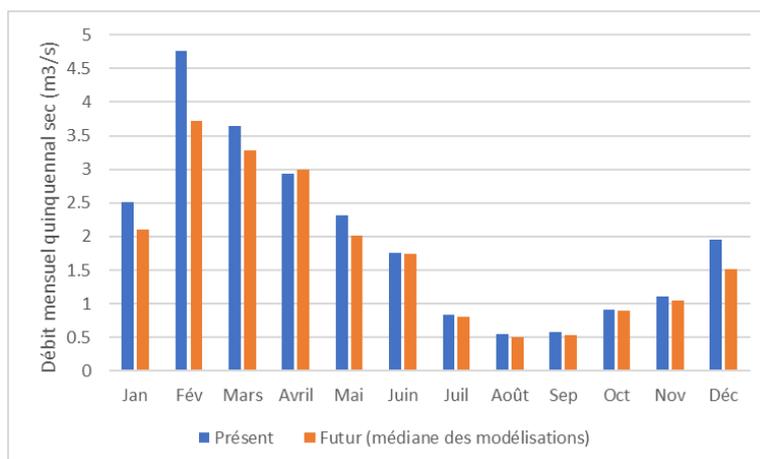
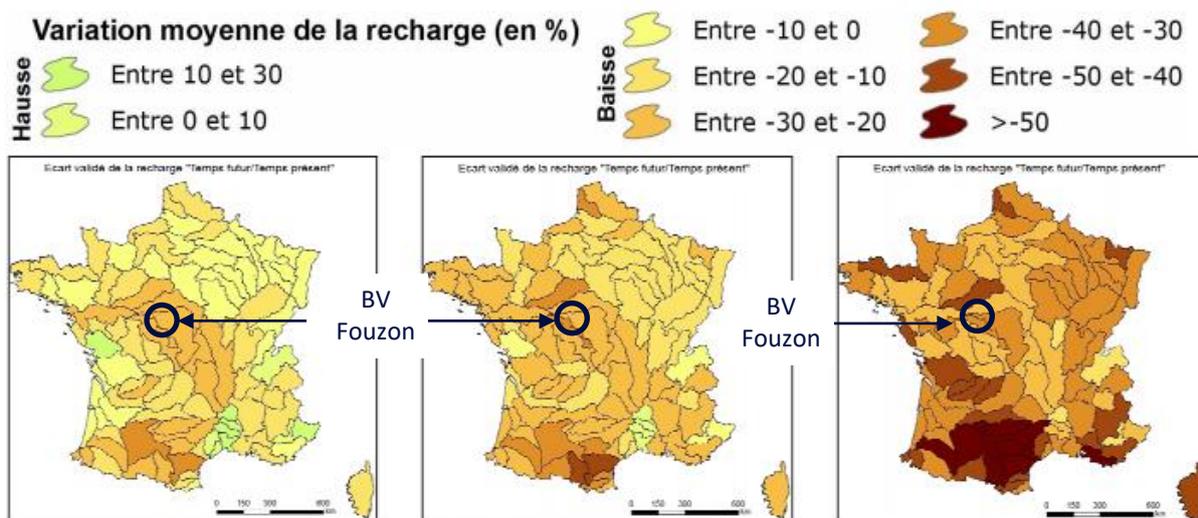


Figure 6 : Evolution des débits mensuels quinquennaux secs entre la période 1970-1990 et la période 2046-2065 (Sources : Explore 2070, SUEZ Consulting)⁴

2.1.1.2 Hydrogéologie

Selon l’étude Explore 2070, la recharge de nappe sur le bassin versant du Cher devrait **diminuer d’environ 30%** (marge d’incertitude entre 25% et 34%) entre la période 1961-1990 et la période 2045-2065.



Ecarts minimal, moyen et maximal de la recharge temps futur/ temps présent

Figure 7 : Evolution de la recharge de nappe (source : Explore 2070)

Ces baisses significatives s’expliquent par une diminution de la pluviométrie, une hausse significative de l’ETP (via notamment l’élévation de température) une stagnation (inhérente aux hypothèses d’utilisation des modèles) des coefficients culturaux (notamment vis-à-vis de la végétation non productive : irrigation) et des coefficients de ruissellement.

D’après l’étude, les diminutions de niveau de nappe devraient être **plus sévères dans les secteurs de contreforts que dans les secteurs de vallée.**

⁴ Application de l’évolution modélisée aux débits actuels observés

2.1.2 Etude ICC Hydroqual (2009-2010)

2.1.2.1 Hydrologie de surface

Les débits du Fouzon n’ont pas été analysés dans cette étude. On peut toutefois noter que cette dernière présente des résultats cohérents avec l’étude Explore 2070 au niveau du Cher.

Cette étude fournit des **informations sur l’évolution des températures de l’eau au niveau du Cher à Savonnières (à proximité de sa confluence avec la Loire)**. Cette station est relativement éloignée du territoire d’étude (environ 80 km entre Savonnières et Meusnes) et se trouve sur un cours d’eau au débit et au gabarit plus importants. Les valeurs présentées ne doivent donc en aucun cas être extrapolées au niveau du Fouzon. Elles permettent tout du moins d’appréhender les tendances d’évolution les plus probables.

Il y est prévu une **augmentation généralisée de la température de l’eau de 2.2°C en milieu de siècle et 3.0°C en fin de siècle**, avec des pics d’augmentation en mars-avril et en octobre-novembre.

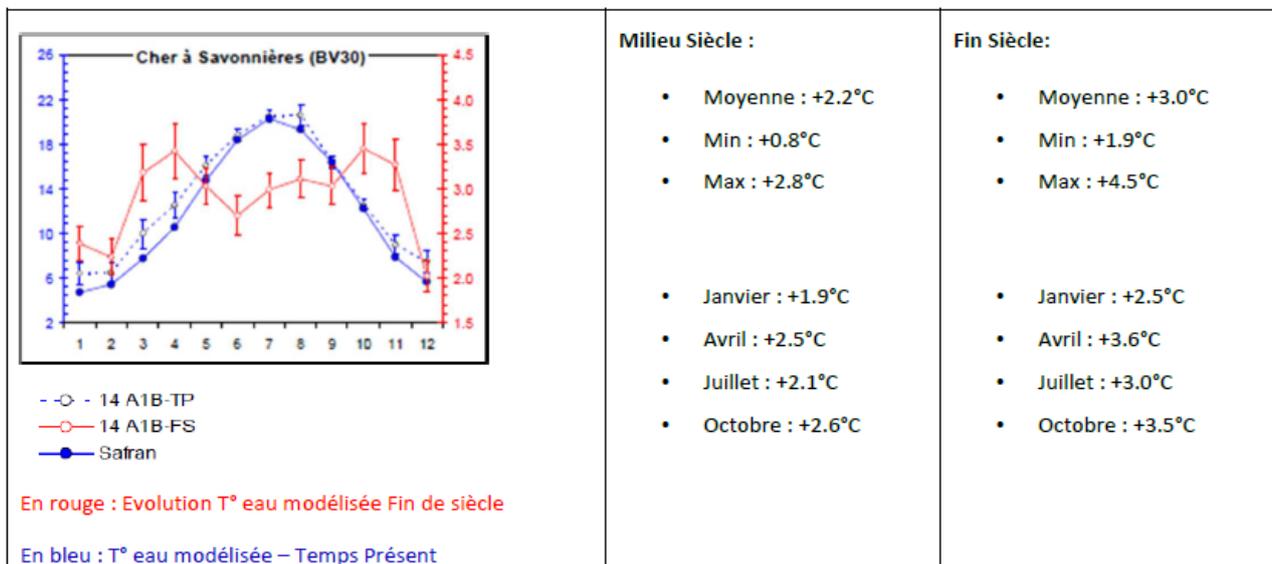


Figure 8 : Evolution des températures de l’eau du Cher à Savonnières (source : ICC Hydroqual)

2.2 Modélisation de l'évolution de la ressource en eau

Afin de pouvoir caractériser l'évolution de la ressource en eau au niveau de chaque unité de gestion du bassin versant du Fouzon, unités définies dans le volet « Hydrologie » de la présente étude, et avec l'aide des indicateurs hydrologiques proposés dans ce même rapport, on a à nouveau recours à la **modélisation hydrologique**.

Les modèles construits pour la reconstitution des régimes désinfluencés présentés dans le volet « Hydrologie » sont utilisés, à la différence près que les chroniques climatiques (pluviométrie et ETP) et anthropiques (usages de l'eau) en entrée sont **prospectives** (horizons 2030 et 2050).

Ce travail permet d'apprécier :

- ❖ Les **impacts strictement liés aux effets du changement climatique** ;
- ❖ Les **impacts strictement liés aux usages anthropiques futurs** ;
- ❖ Les **impacts cumulés** des 2 phénomènes précités.

Les **périodes considérées** pour réaliser cette analyse sont les suivantes :

- ❖ **2000-2018** pour la période actuelle ;
- ❖ **2020-2040** pour l'horizon de **court-terme** (2030) ;
- ❖ **2040-2060** pour l'horizon de **long-terme** (2050).

2.2.1 Données climatiques considérées

2.2.1.1 Sélection des données climatiques

Pour disposer de données prospectives sur les précipitations et l'ETP, on a recours à la **modélisation climatique**.

De nombreux laboratoires à travers le monde ont réalisé de telles modélisations, en respectant un cadre de travail établi par le **GIEC**, ce qui a permis d'harmoniser les travaux réalisés et de faciliter l'utilisation conjointe de leurs différents résultats

Il existe donc **de multiples modèles climatiques** décrivant chacun d'une manière différente l'évolution future du climat. Chacun de ces modèles a été exécuté sur un ou, plus généralement, plusieurs des 4 **scénarios climatiques RCP** (décrits en Annexe 1 : Scénarios RCP).

La présente étude prévoyant l'utilisation **d'un seul modèle exécuté sur un seul scénario climatique**, il convient de choisir ces derniers :

- ❖ Concernant le **modèle climatique à considérer**, il est choisi de considérer le **modèle** Arpege-climat du CNRM, déjà utilisé dans plusieurs études quantitatives menées sur le territoire national. On se servira, plus précisément, de sa version régionalisée dénommée **Aladin (projet CNRM2014)** ;
- ❖ Pour ce qui est du **scénario climatique à retenir**, par souci de cohérence avec le SAGE Cher aval qui a utilisé l'ancien scénario **A1B** (issu de la gamme de scénarios obsolète « SRES »), on retiendra le scénario **RCP 4.5** qui est conforme à ce dernier sur la période considérée. Il s'agit parmi les 4 scénarios RCP, d'un **scénario « médian »**.

2.2.1.2 Acquisition des données climatiques

En France, les climatologues ont développé le **portail internet « DRIAS, les futurs du climat »**. Ce dernier permet aux utilisateurs de visualiser des projections et scénarios climatiques régionalisés sur la France à partir

de modélisations issues de laboratoires du monde entier, et de commander des données ciblées (dont notamment l'évolution des précipitations et des températures⁵).

Les données climatiques issues de la modélisation du scénario RCP 4.5 réalisée par Météo France (CNRM2014) ont donc pu être récupérées, au niveau de points de calculs situés à proximité des stations Météo France considérées dans la présente étude.

Dans les paragraphes suivants, les analyses sont basées sur les données suivantes :

- ❖ Sur la période 2000-2018 : Données Météo France déjà exploitées dans le reste de l'étude ;
- ❖ Sur la période 2019-2060 : Données DRIAS issues du projet CNRM2014, scénario RCP 4.5.

2.2.1.3 Précautions d'utilisation (recommandations du site DRIAS)

Attention à l'interprétation des résultats pour les horizons proches (période 2021-2030) (source : DRIAS) : En effet, pour cette période, on ne peut distinguer la variabilité climatique naturelle d'un signal qui serait dû au changement climatique. Pour cette période, il est recommandé notamment de s'orienter vers des prévisions décennales, aujourd'hui produites dans le cadre de l'Organisation Mondiale de la Météorologie.

Utiliser systématiquement plusieurs scénarios et des produits de distribution ou plusieurs modèles (source : DRIAS) : Il existe principalement deux sources d'incertitude : l'incertitude « modèle » liée à la représentation des processus physiques et l'incertitude associée aux scénarios d'émission des gaz à effet de serre. La première incertitude peut être analysée en utilisant des produits de distribution issus d'un ensemble de modèles (par exemple les modèles DRIAS-2020). La deuxième peut être approchée en proposant des simulations obtenues pour plusieurs scénarios d'émission (RCP). On proposera donc systématiquement plusieurs scénarios et des produits de distribution ou plusieurs modèles, de manière à intégrer au moins une source principale d'incertitude. La concentration en gaz carbonique varie en fonction des scénarios de manière sensible à partir de 2040. Pour les études au-delà de cette période, il est donc conseillé d'utiliser plusieurs scénarios pour prendre en compte les incertitudes sur l'évolution de la concentration en gaz carbonique. Les trois scénarios RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5 constituent un ensemble qui permet de donner une idée de la dispersion des résultats et de représenter la variabilité de manière suffisante. Des calculs statistiques comme des fourchettes de durée de retour peuvent être mis en place.

Ainsi, la présente étude ne tenant compte que d'un seul modèle, une grande prudence devra être observée lors de l'interprétation des résultats obtenus.

Les données de la période de référence ne sont pas des observations (source : DRIAS)

- ▶ Il est important de garder à l'esprit que les **simulations de référence** sont des **simulations numériques et non des observations**. Si ces simulations n'ont pas été débiaisées par une méthode de correction (comme la méthode de correction quantile-quantile), alors il subsiste un biais par rapport aux observations. Il ne faut donc pas utiliser ces simulations en les considérant comme une climatologie du passé proche.
- ▶ **La simulation considérée dans le cadre de la présente étude a été débiaisée sur la période de référence. Elle est donc supposée être représentative du climat du passé proche.**

Débiaisage complémentaire des données DRIAS (source : SUEZ Consulting) :

Il apparaît que les données DRIAS (précipitations et températures journalières) peuvent présenter un décalage avec les données Météo France, sur les périodes où ces dernières se recouvrent (et ceci malgré le débiaisage déjà opéré sur les données du portail DRIAS). Une solution permettant de pallier ce problème consiste à

⁵ DRIAS ne fournit pas de projections d'ETP. Ainsi, cette variable est reconstituée à partir de la température et de la latitude de la zone d'étude, à partir de la formule d'Oudin (cf. 5.3 Annexe 3 : Méthode de calcul de l'ETP selon la formule de Oudin et al.)

calculer la différence des valeurs mensuelles interannuelles moyennes de chacune de ces variables, entre leur valeur DRIAS et celle de Météo France. De cette différence, on tire un biais qui permet de "corriger" les valeurs DRIAS.

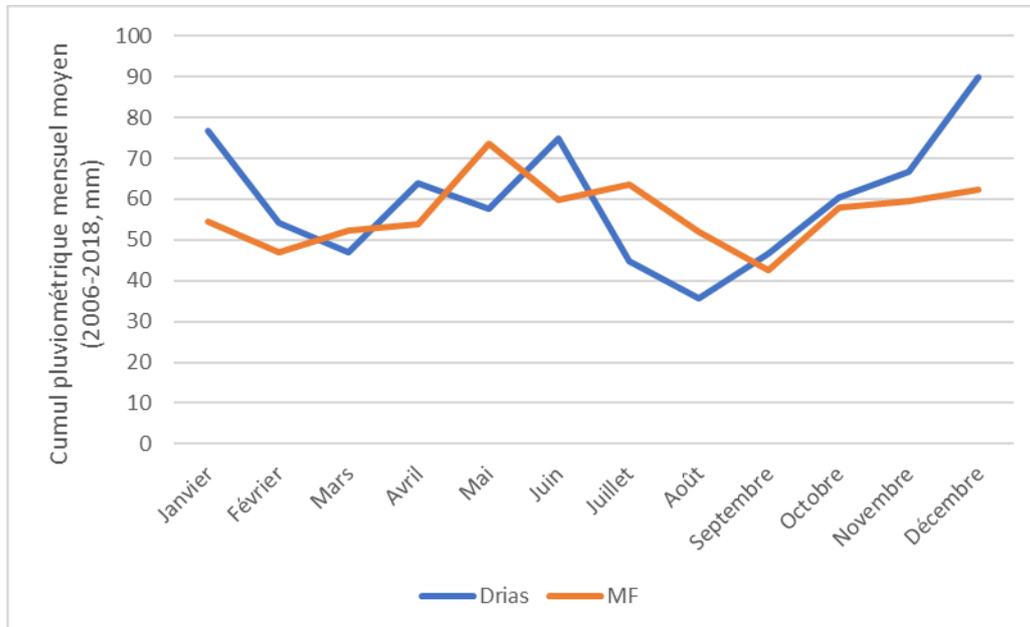


Figure 9 : Station de Romorantin - Comparaison entre les précipitations mensuelles moyennes selon DRIAS (modèle CNRM2014, 2006-2018) et Météo France (observations 2006-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)



Figure 10 : Station de Romorantin - Comparaison entre les températures mensuelles moyennes selon DRIAS (modèle CNRM2014, 2006-2018) et Météo France (observations 2006-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)

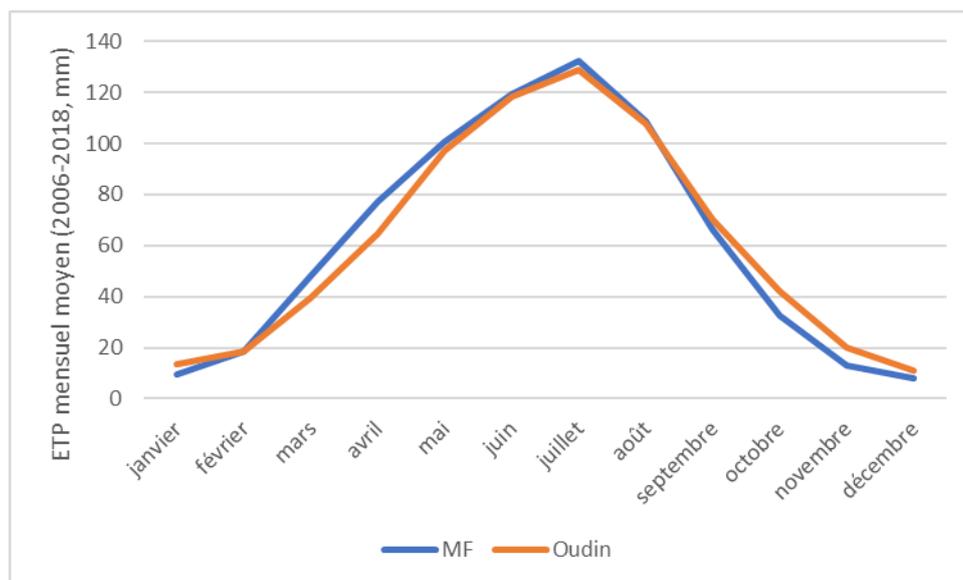


Figure 11 : Station de Romorantin - Comparaison entre l'ETP mensuel moyen calculé à partir des températures DRIAS (modèle CNRM2014, 2006-2018) à l'aide de la formule de Oudin et de l'ETP mesuré par Météo France (observations 2006-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)

La correction de biais permet, en compensant les différences observées entre les valeurs de DRIAS et de Météo France, de rendre pertinentes des analyses comparatives entre la période actuelle (2000-2018) et les horizons futurs. Sans cette correction de biais, les différences observées entre le présent et le futur seraient parasitées par des différences uniquement liées au fait de se baser sur deux sources de données différentes.

2.2.2 Perspectives d'évolution du climat

Les paragraphes suivants présentent l'évolution de trois paramètres climatiques déterminants pour la ressource en eau sur trois horizons temporels successifs, selon le projet CNRM2014, scénario RCP 4.5 : les précipitations, les températures, l'ETP.

2.2.2.1 L'évolution des précipitations

Le tableau suivant présente l'évolution du cumul des précipitations annuelles, hivernales (sur 3 mois : janvier/février/mars) et estivales (sur 3 mois : juillet/août/septembre) en mm à trois horizons temporels, par rapport à la période de référence (1950-2005) :

- ❖ Proche (2021-2050) ;
- ❖ Moyen (2041-2070) ;
- ❖ Lointain (2071-2100).

Tableau 1 : Evolution du cumul de précipitations annuelles, hivernales et estivales (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting)

Horizon	Projection annuelle	Projection - Saison hivernale	Projection - Saison estivale
Proche (2021-2050)	+73.7 (+11%)	+38.32 (+22%)	+10.77 (+8%)
Moyen (2041-2070)	+49.45 (+7%)	+14.55 (+8%)	+12.77 (+9%)
Lointain (2071-2100)	-11.18 (-2%)	+18.65 (+11%)	-7.67 (-5%)

A **horizon proche et moyen**, on s’attend à une **augmentation généralisée des précipitations** (ce qui contredit la tendance prévue par l’étude Explore 2070 à l’horizon 2045-2065).

Pour l’horizon **lointain**, on s’attend à une **diminution des précipitations**, particulièrement en période estivale.

Les figures suivantes présentent **l’évolution des précipitations annuelles entre 2000 et 2060** (2000-2018 : observations Météo France, 2019-2060 : projections DRIAS débiaisées).

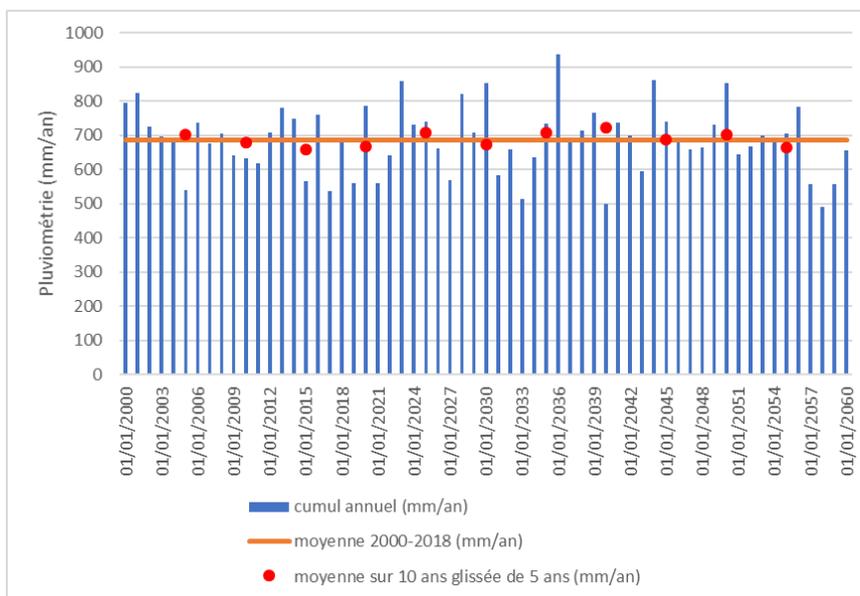


Figure 12 : Evolution des cumuls annuels de précipitations entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)

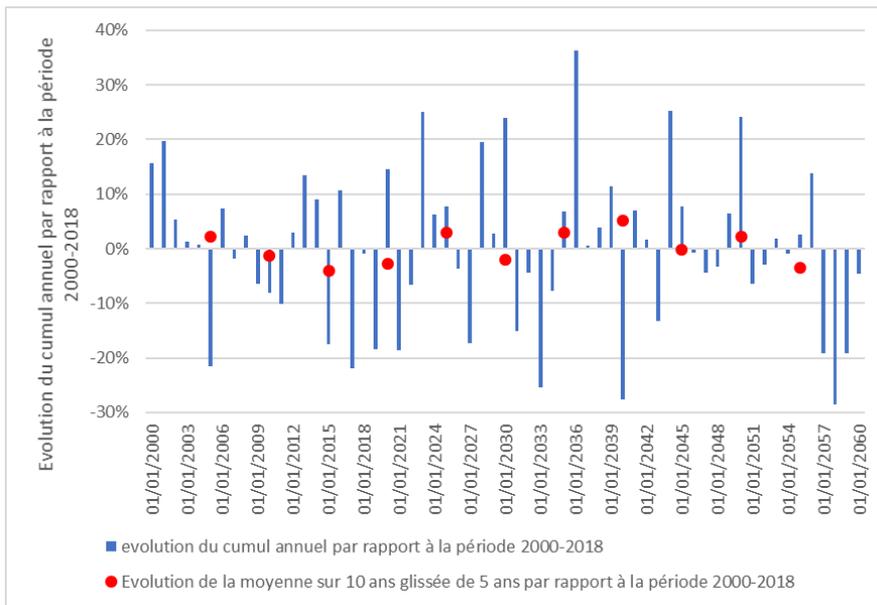


Figure 13 : Evolution des cumuls annuels de précipitations entre 2000 et 2060 (en % de différence par rapport à la moyenne 2000-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)

Il est également intéressant d’analyser l’évolution du nombre de jours de pluie par an. En effet, la durée et l’intensité des pluies a des implications directes sur l’hydrologie des cours d’eau.

Les figures suivantes présentent l’évolution du nombre de jours de pluie annuel entre 2000 et 2060 (2000-2018 : observations Météo France, 2019-2060 : projections DRIAS débiaisées).

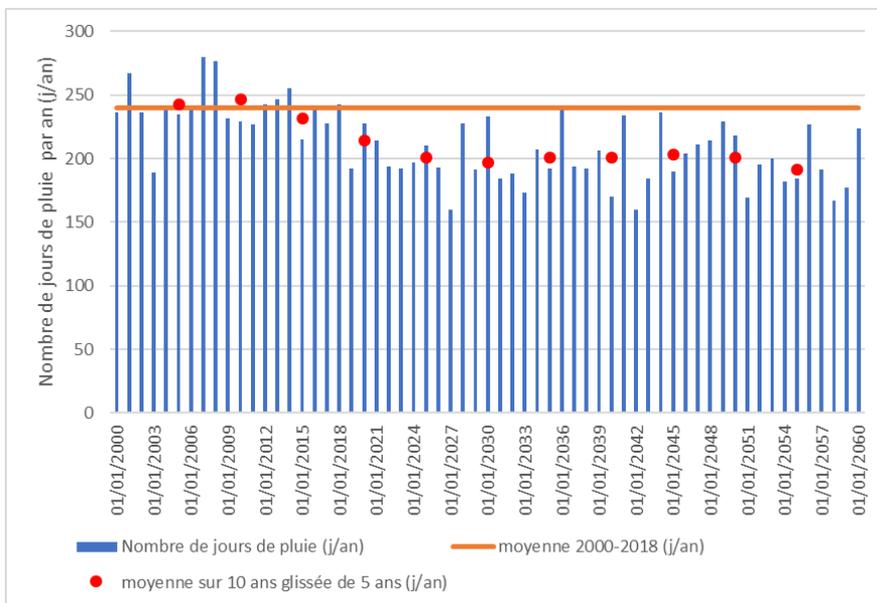


Figure 14 : Evolution du nombre de jours de pluie entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)

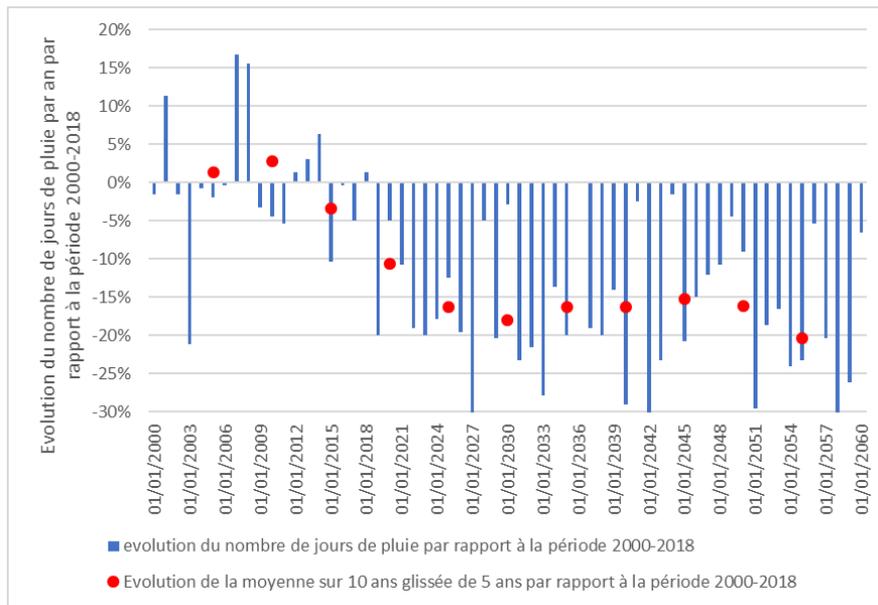


Figure 15 : Evolution du nombre de jours de pluie entre 2000 et 2060 (en % de différence par rapport à la moyenne 2000-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)

La figure suivante présente **l’évolution des cumuls de précipitations mensuels** à chaque horizon temporel considéré.

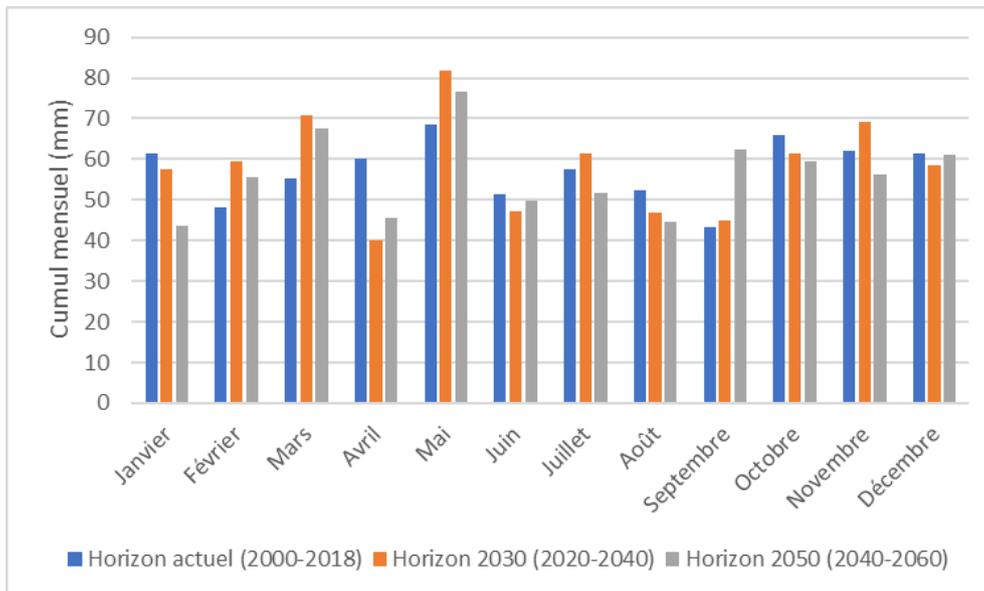


Figure 16 : Evolution des cumuls mensuels de précipitations entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)

La figure suivante présente **l’évolution du nombre de jour de pluie mensuel** à chaque horizon temporel considéré.

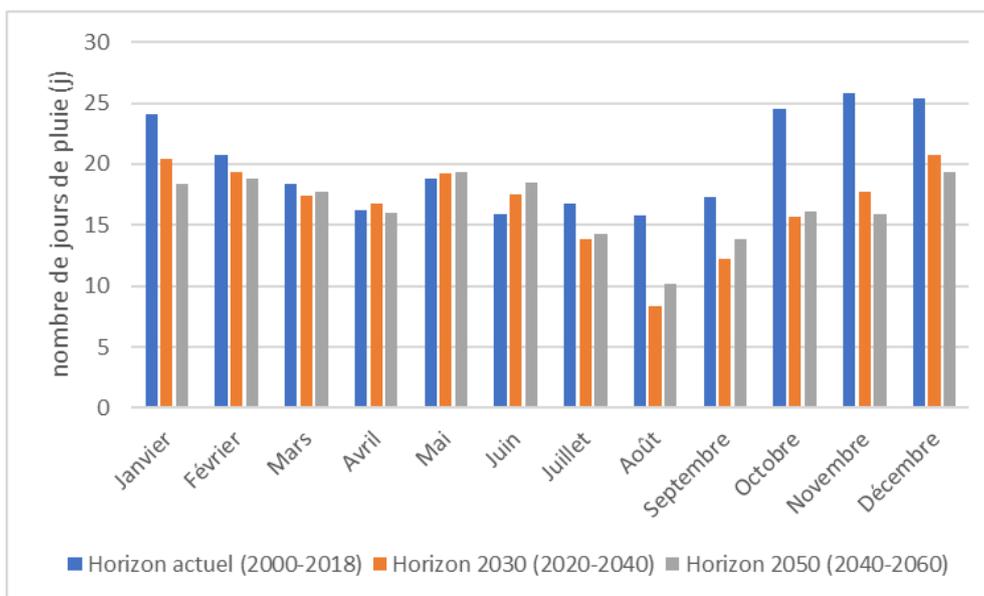


Figure 17 : Evolution des cumuls mensuels de précipitations entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)

On observe, pour les deux horizons futurs considérés, une **évolution faible et sans tendance** particulièrement marquée des précipitations. Il convient de noter qu’elles devraient être globalement légèrement supérieures à aujourd’hui selon le modèle considéré (CNRM2014), ce qui n’est pas le cas de tous les modèles climatiques.

Concernant le nombre de jours de pluie, la tendance est plus affirmée, avec une baisse de ces derniers s’étendant sur la période août-décembre.

2.2.2.2 L’évolution des températures

Pour caractériser l’évolution des températures, un indicateur intéressant est le **nombre de jours de fortes chaleurs** pour lesquels la température maximale serait supérieure de plus de 5°C à la normale de saison. Le tableau suivant présente le nombre de jours anormalement chauds prévus.

Le tableau suivant présente l’évolution du nombre de jours anormalement chauds à l’année, en hiver (sur 3 mois : janvier/février/mars) et en été (sur 3 mois : juillet/août/septembre) à trois horizons temporels, par rapport à la **période de référence (1950-2005)** :

- ❖ **Proche** (2021-2050) ;
- ❖ **Moyen** (2041-2070) ;
- ❖ **Lointain** (2071-2100).

Tableau 2 : Evolution du nombre de jours anormalement chauds à l’année, en hiver et en été (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting)

Horizon	Projection annuelle	Projection - Saison hivernale	Projection - Saison estivale
Proche (2021-2050)	+29 (+66%)	+6 (+60%)	+7 (+58%)
Moyen (2041-2070)	+34 (+77%)	+8 (+80%)	+10 (+83%)
Lointain (2071-2100)	+67 (+152%)	+16 (+160%)	+21 (+175%)

Quels que soient les modèles et les horizons considérés, le nombre de jours de fortes chaleurs devrait **s’accroître fortement** dans les années à venir. Cette augmentation devrait avoir lieu **de manière homogène** sur l’année.

Les figures suivantes présentent l’évolution des températures moyennes annuelles entre 2000 et 2060 (2000-2018 : observations Météo France, 2019-2060 : projections DRIAS débiaisées).

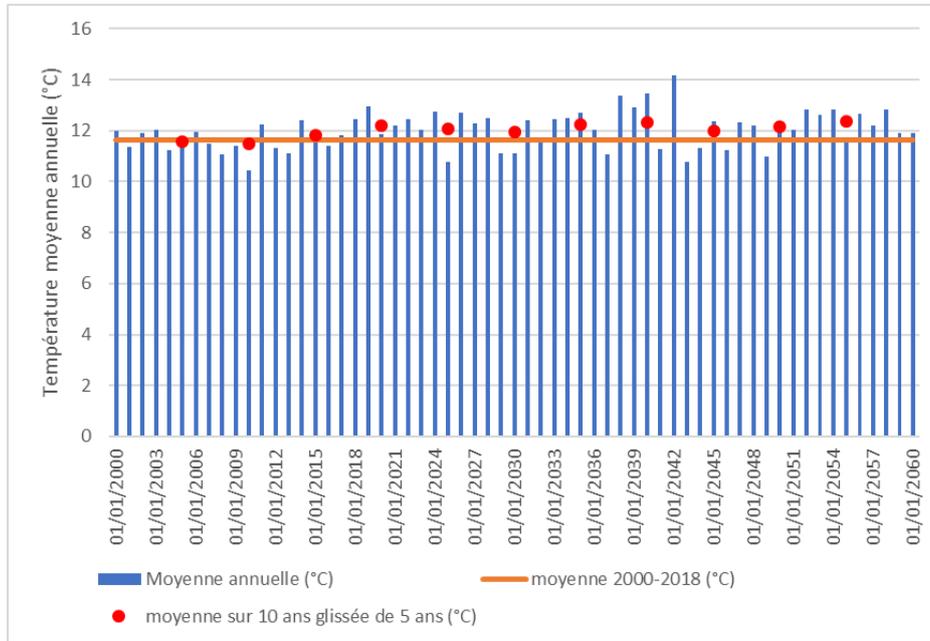


Figure 18 : Evolution des températures moyennes annuelles entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)

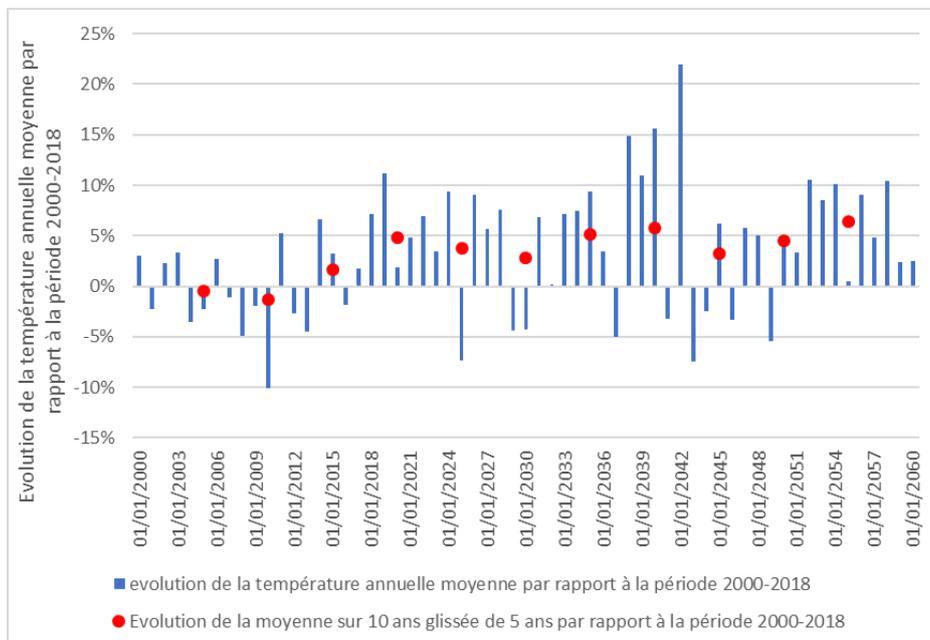


Figure 19 : Evolution des températures entre 2000 et 2060 (en % de différence par rapport à la moyenne 2000-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)

La figure suivante présente l'évolution des températures moyennes mensuelles à chaque horizon temporel considéré.

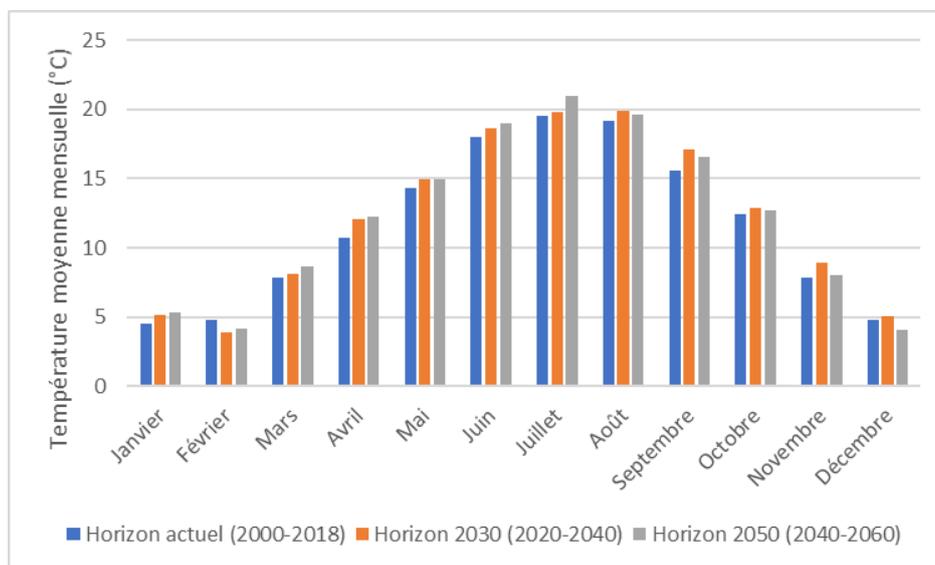


Figure 20 : Evolution des températures moyennes mensuelles entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)

On observe, pour les deux horizons futurs considérés, une **tendance d'évolution à la hausse** des températures.

2.2.2.3 L'évolution de l'ETP

Les figures suivantes présentent l'évolution de l'ETP entre 2000 et 2060 (2000-2018 : observations Météo France, 2019-2060 : calcul à partir de projections DRIAS débiaisées).

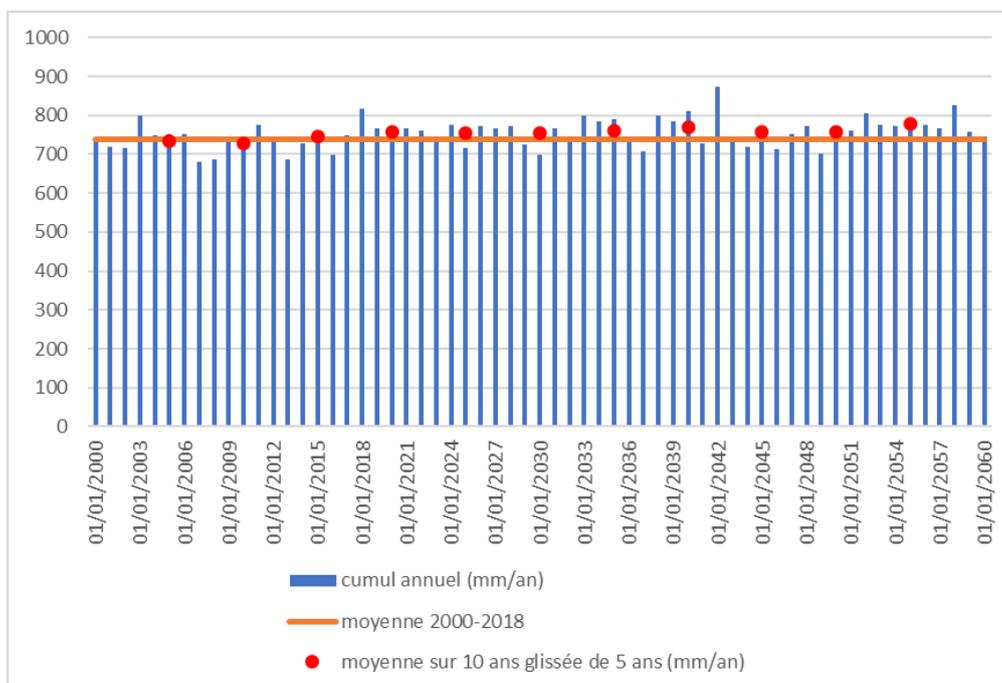


Figure 21 : Evolution des cumuls annuels d'ETP entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)

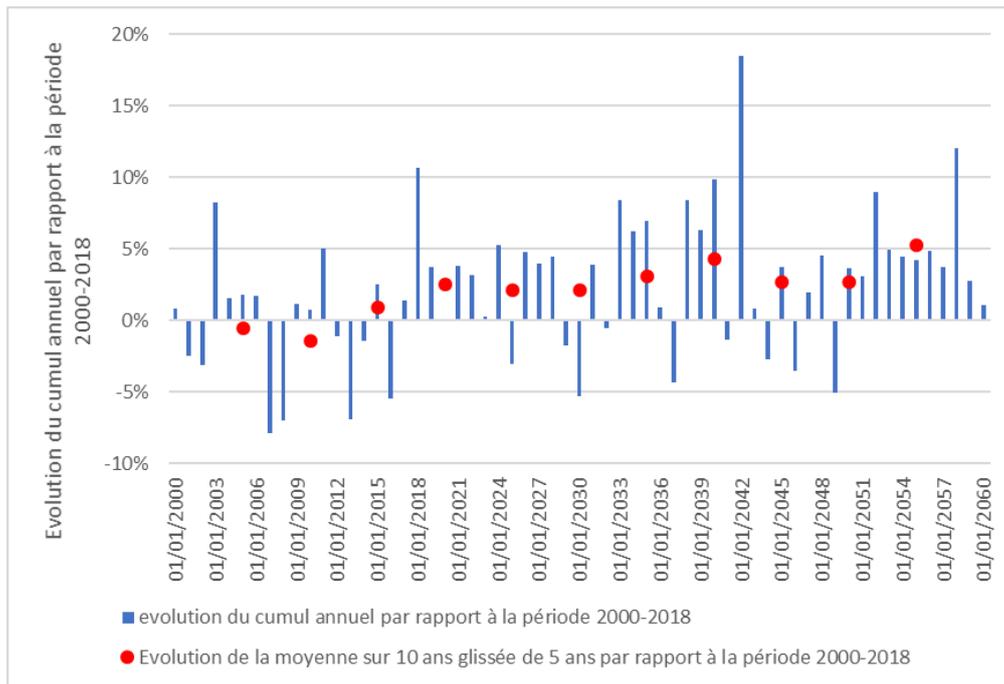


Figure 22 : Evolution de l’ETP entre 2000 et 2060 (en % de différence par rapport à la moyenne 2000-2018) (Sources : DRIAS, Météo-France)

La figure suivante présente l’évolution des cumuls de précipitations mensuels à chaque horizon temporel considéré.

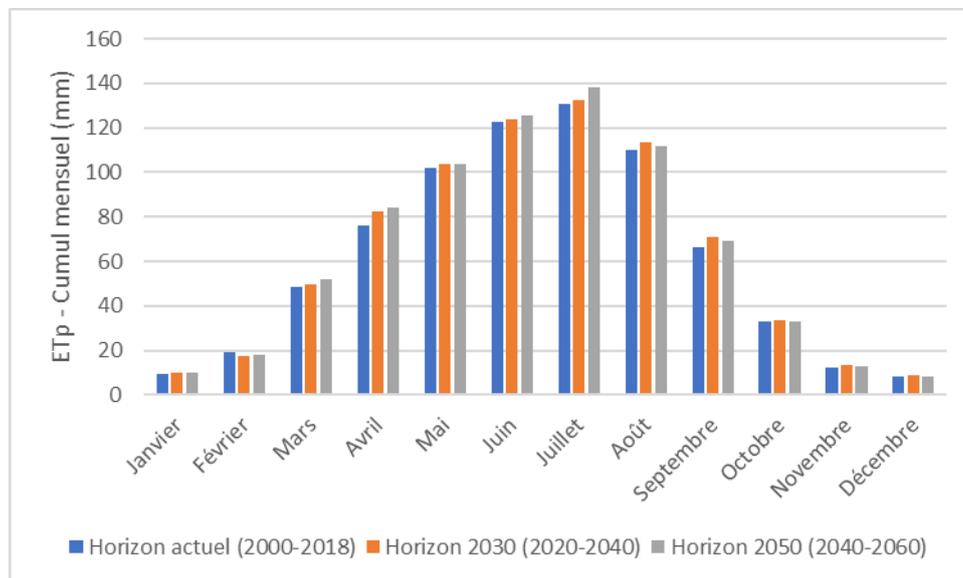


Figure 23 : Evolution des cumuls mensuels d’ETP entre 2000 et 2060 (Sources : DRIAS, Météo-France)

On observe, pour les deux horizons futurs considérés, une **légère augmentation de l’ETP**. Cette dernière est particulièrement marquée en été, période d’étéage.

2.2.2.4 L'évolution des sécheresses

Afin de caractériser l'évolution des épisodes de sécheresse pouvant impacter les débits des cours d'eau, il est intéressant d'étudier l'évolution du nombre maximum de jours secs consécutifs (i.e. cumul de précipitations < 1 mm). De même que précédemment, le tableau suivant présente l'évolution moyenne de cet indicateur sur l'ensemble de l'année, en hiver et en été.

Tableau 3 : Evolution du nombre maximum de jours secs consécutifs annuels, hivernaux et estivaux (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting)

Horizon	Projection annuelle	Projection - Saison hivernale	Projection - Saison estivale
Proche (2021-2050)	+3 (+13%)	-1 (-8%)	+2 (+11%)
Moyen (2041-2070)	+2 (+9%)	+2 (+15%)	+0 (+0%)
Lointain (2071-2100)	+8 (+35%)	-1 (-8%)	+9 (+50%)

Les épisodes de sécheresse **devraient peu varier** à horizon **proche et moyen**. C'est à horizon lointain que l'on remarque une véritable évolution, avec des périodes maximales de jours secs consécutifs **50% plus longues en été**.

2.2.2.5 Synthèse sur l'évolution du climat

Tableau 4 : Synthèse sur l'évolution du climat (Sources : DRIAS, SUEZ Consulting)

		Horizon 2030	Horizon 2050
Température	Nombre de jours anormalement chauds	+60% (été et hiver)	+80% (été et hiver)
	Moyenne annuelle	+0.6°C, marqué en automne	+0.5°C, marqué en été et automne
ETP	Cumul annuel	+3%, réparti sur l'année	+4%, particulièrement marqué en été
Pluviométrie	Cumul annuel	+2% (tendance très peu marquée et non significative), augmentation principalement sur février, mars et mai, diminutions principalement sur avril, août	-2% (tendance très peu marquée et non significative), augmentation principalement sur février, mars et mai, diminutions principalement sur avril, août
	Nombre de jours de pluie	-17% (tendance marquée, particulièrement sur les mois d'août à décembre)	-17% (tendance marquée, particulièrement sur les mois d'août à décembre)
Sécheresses	Nombre de jours secs consécutifs	+13%	+9%

2.2.3 Perspectives d'évolution de la ressource en eau superficielle

Les paragraphes suivants présentent les **perspectives d'évolution des débits** au niveau de chaque unité de gestion de la présente étude, obtenues à l'aide du même modèle que celui employé dans le volet « Hydrologie ». Ceci permet de disposer d'une bonne base pour l'analyse de l'évolution de la ressource en eau et des pressions anthropiques qui lui sont appliquées.

- ❖ **Scénario 1** : pas d'usage anthropique, changement climatique seul (analyse de l'évolution des débits désinfluencés)
- ❖ **Scénario 2** : changement climatique avec évolution des usages construite avec le COTECH (cf. rapport de Phase 1 – volet « Usages »)
- ❖ **Scénario 3** : changement climatique avec usages actuels constants à 2050

Pour chaque unité de gestion, les évolutions constatées sont calculées de la façon suivante :

▶ **S1 désinfluencé** : $Evolution = \frac{\text{débit désinfluencé à 2030-2050}}{\text{débit désinfluencé actuel}}$

⇒ Impact du changement climatique seul sur la ressource en eau

▶ **S2 usages évolutifs selon COTECH** : $Evolution = \frac{\text{débit influencé S3 à 2030-2050}}{\text{débit influencé actuel}}$

⇒ Impact du changement climatique associé à une évolution coconstruite des usages.

▶ **S3 usages constants** : $Evolution = \frac{\text{débit influencé S2 à 2030-2050}}{\text{débit influencé actuel}}$

⇒ Impact du changement climatique associé aux usages actuels

Les hypothèses d'évolution des usages coconstruites avec les acteurs du territoire sont récapitulées ici :

- ❖ Prélèvements :
 - AEP : Evolution en fonction de l'évolution de la population, à consommation journalière constante ;
 - Irrigation : Maintien du niveau de prélèvement actuel en considérant la moyenne sur la période 2011-2018 ;
 - Abreuvement du bétail :
 - ⇒ Dans l'Indre : l'évolution des cheptels suit celle issue des données GDMA36 de 2010 à 2018 tous les 8 ans jusqu'à 2050.
 - ⇒ Dans le Cher et le Loir-et-Cher : l'évolution des cheptels suit celle issue des données GDMA36 de 2010 à 2018 tous les 8 ans jusqu'à 2050, sur les communes voisines de ces départements.
 - ⇒ Pour les communes où les cheptels ont une évolution supérieure à 25 % (en positif ou négatif) entre 2010 et 2018, les cheptels de 2019 à 2050 sont pris égaux à ceux de 2018.
 - ⇒ Les porcs et les volailles n'ont pas de données issues du GDMA36. Pour ces cheptels, les consommations futures jusqu'à 2050 sont considérées égales à celles de 2010 ;
 - Prélèvements industriels (hors réseaux AEP) : maintien du niveau de prélèvement actuel en considérant la moyenne sur la période 2011-2018 ;

- Surévaporation des plans d'eau : évolution selon l'évolution du climat, en considérant un maintien du nombre et de la taille des plans d'eau actuels ;
- ❖ Restitutions :
 - Pertes AEP : pour les pertes futures, nous considérons les rendements égaux à :
 - ⇒ 75% d'ici 2030 pour les réseaux < 75% en 2018 (ou maintien du rendement si supérieur) ;
 - ⇒ 85% (ou maintien du rendement si supérieur) à l'horizon 2050 ;
 - Rejets AC : les volumes rejetés AC futurs sont égaux à $0,74 * \text{les volumes prélevés pour l'AEP estimés de 2019 à 2050}$;
 - Rejets ANC : maintien du nombre d'installations ANC, égal à la valeur de 2018, jusqu'à 2050 ;
 - Rejets industriels : maintien du niveau de rejet actuel, en considérant la moyenne sur les dix dernières années.

2.2.3.1 Perspectives d'évolution à l'horizon 2030 par unité de gestion

2.2.3.1.1 Le Fouzon amont

A l'horizon 2030 sur le Fouzon amont :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 8%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) en amont de la confluence avec le Pozon ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **11 L/s**, soit une **baisse de 60% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) aura un impact légèrement plus modéré que le scénario 2, à savoir une baisse de 45% du QMNA5 actuel ;
- ❖ Les **scénarios d'usages évolutifs et constants** prévoient respectivement un QMNA5 équivalent à **19 et 26%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ En régime désinfluencé et influencé (scénarios 2), la durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) augmentera légèrement ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sera **particulièrement marqué sur la fin de la période estivale, avec un écart avec le régime naturel plus prononcé qu'aujourd'hui**. Une diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année avec un pic de 60% en août pour le régime influencé, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 5 : Fouzon amont – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2030

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	63	28	44%	58 (-8%)	11 (-61%)	19%	15 (-46%)	26%
L/s/km²	0.66	0.3	44%	0.62 (-6%)	0.12 (-60%)	19%	0.16 (-47%)	26%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	54	10	19%	52 (-4%)	9 (-10%)	17%	10 (+0%)	19%
L/s/km²	0.57	0.1	19%	0.54 (-5%)	0.1 (+0%)	17%	0.1 (+0%)	19%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	52	9	17%	51 (-2%)	9 (+0%)	18%	10 (+11%)	20%
L/s/km²	0.55	0.1	17%	0.53 (-4%)	0.09 (-10%)	18%	0.1 (+0%)	20%

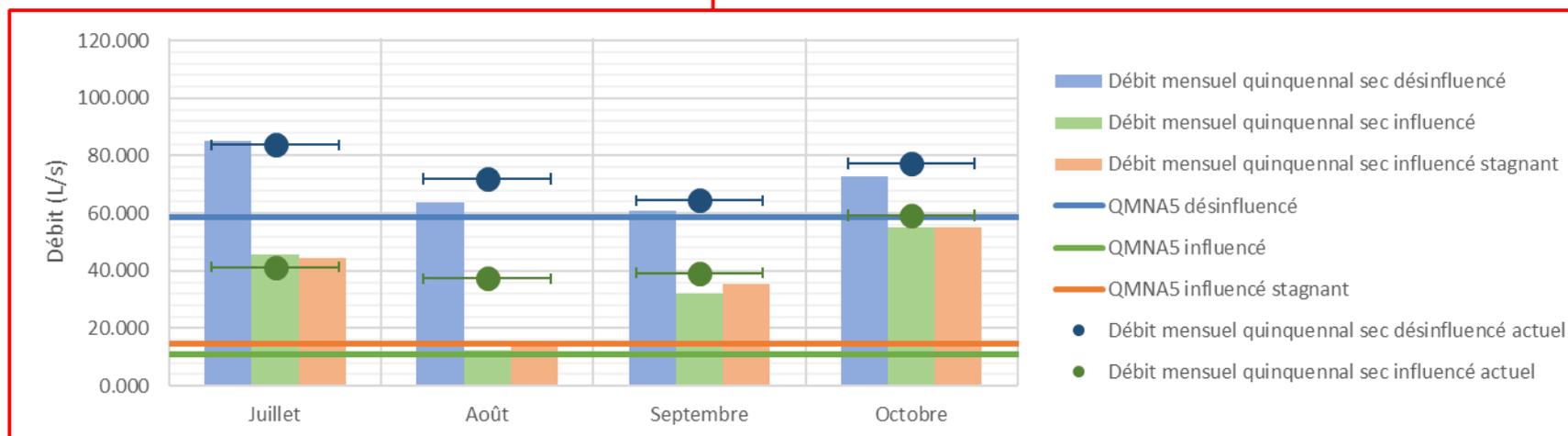
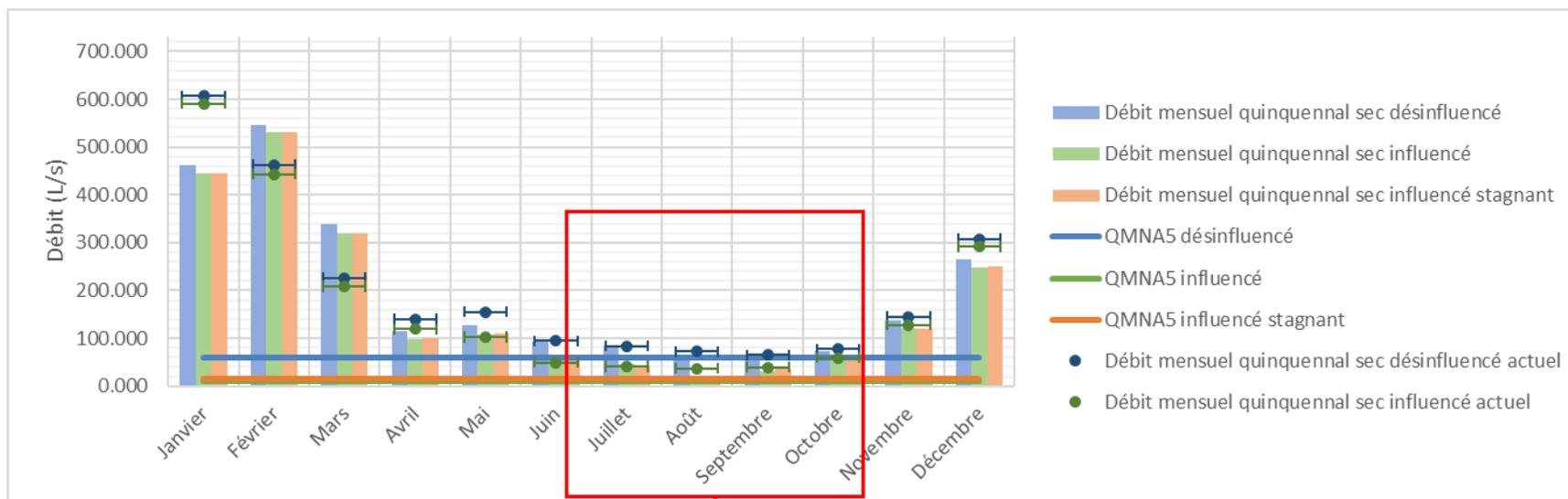


Figure 24 : Fouzon amont – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Tableau 6 : Fouzon amont – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	607	462	225	140	155	95	84	72	64	77	144	307
	Influencé	591	443	208	119	103	49	41	37	39	59	128	292
QMNA5 Horizon 2030	Désinfluencé	462	546	338	115	127	92	85	64	61	73	136	265
	Influencé usages évolutifs	445	532	320	99	106	54	46	12	32	55	120	249
	Influencé usages constants	445	530	319	99	111	57	44	16	35	55	120	250

2.2.3.1.2 Le Fouzon médian

A l'horizon 2030 sur le Fouzon médian :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 7%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) à l'aval immédiat de la confluence avec le Renon ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **109 L/s**, soit une **baisse de 21% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) aura un impact plus modéré que le scénario 2, à savoir une baisse de 9% du QMNA5 actuel ;
- ❖ Les **scénarios d'usages évolutifs et constants** prévoient respectivement un QMNA5 équivalent à **59 et 68%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de bas débit restera stable tandis que les périodes de très bas débits s'allongeront d'environ 1/3, en régime influencé et désinfluencé ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sera **particulièrement marqué sur la fin de la période estivale, avec un écart avec le régime naturel plus prononcé qu'aujourd'hui**. Une diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année avec un pic de 33% en août, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 7 : Fouzon médian – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2030

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	198	138	70%	185 (-7%)	109 (-21%)	59%	125 (-9%)	68%
L/s/km ²	0.66	0.46	70%	0.62 (-6%)	0.36 (-22%)	59%	0.42 (-9%)	68%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	169	97	57%	164 (-3%)	91 (-6%)	55%	113 (+16%)	69%
L/s/km ²	0.56	0.32	57%	0.55 (-2%)	0.3 (-6%)	55%	0.38 (+19%)	69%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	161	93	58%	162 (+1%)	87 (-6%)	54%	110 (+18%)	68%
L/s/km ²	0.54	0.31	58%	0.54 (+0%)	0.29 (-6%)	54%	0.37 (+19%)	68%

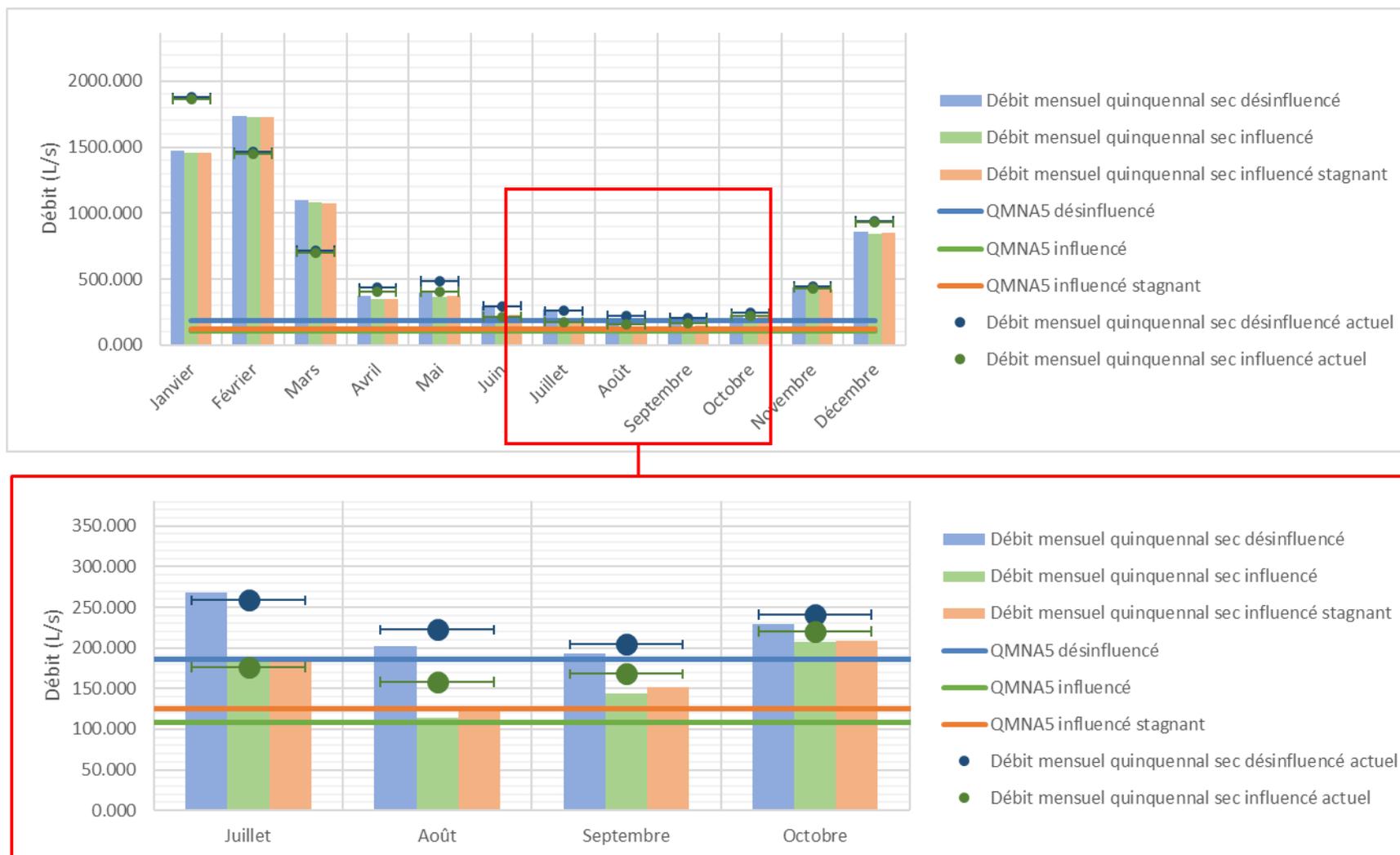


Figure 25 : Fouzon médian – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Tableau 8 : Fouzon médian – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	1876	1463	716	434	483	295	259	222	204	241	444	939
	Influencé	1863	1449	701	400	403	214	176	158	168	220	431	927
QMNA5 Horizon 2030	Désinfluencé	1472	1739	1094	369	400	293	269	203	193	230	435	862
	Influencé usages évolutifs	1456	1729	1078	345	361	222	190	115	144	208	420	845
	Influencé usages constants	1455	1725	1076	349	376	228	189	128	152	209	422	850

2.2.3.1.3 Le Pozon

A l'horizon 2030 sur le Pozon :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 7%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **39 L/s**, soit une **baisse de 11% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) aura un impact légèrement plus modéré que le scénario 2, à savoir une baisse de 7% du QMNA5 actuel ;
- ❖ Les **scénarios d'usages évolutifs et constants** prévoient respectivement un QMNA5 équivalent à **93 et 98%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de bas débit augmentera légèrement tandis que les périodes de très bas débits s'allongeront d'environ 1/3, en régime influencé et désinfluencé ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sera **le plus marqué en cours de période estivale, avec un écart avec le régime naturel similaire à celui observé qu'aujourd'hui**. Une légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 9 : Pozon – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2030

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	45	44	98%	42 (-7%)	39 (-11%)	93%	41 (-7%)	98%
L/s/km ²	0.66	0.64	98%	0.62 (-6%)	0.58 (-9%)	93%	0.6 (-6%)	98%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	38	37	97%	37 (-3%)	35 (-5%)	95%	38 (+3%)	103%
L/s/km ²	0.57	0.55	97%	0.54 (-5%)	0.52 (-5%)	95%	0.55 (+0%)	103%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	37	37	100%	36 (-3%)	35 (-5%)	97%	37 (+0%)	103%
L/s/km ²	0.55	0.54	100%	0.53 (-4%)	0.52 (-4%)	97%	0.55 (+2%)	103%

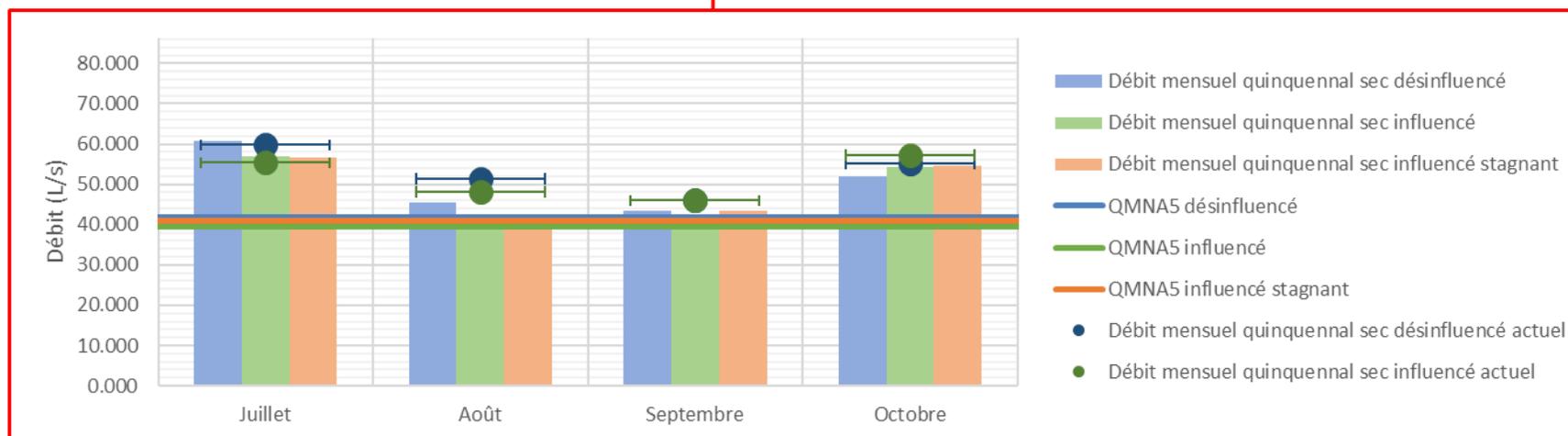
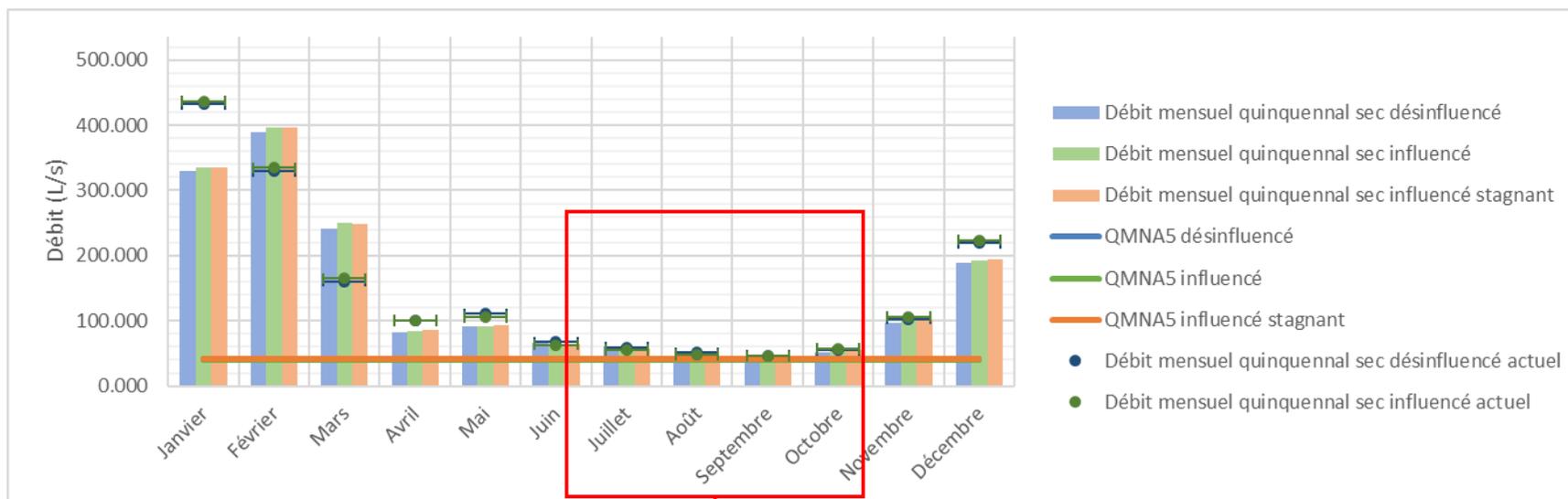


Figure 26 : Pozon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Tableau 10 : Pozon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	433	329	161	100	110	68	60	51	46	55	103	219
	Influencé	437	334	165	101	106	63	55	48	46	57	107	224
QMNA5 Horizon 2030	Désinfluencé	330	389	241	82	91	66	61	45	43	52	97	189
	Influencé usages évolutifs	336	397	249	85	91	64	57	41	42	54	101	193
	Influencé usages constants	336	397	249	85	93	64	57	42	43	55	102	194

2.2.3.1.4 Le Saint-Martin

A l'horizon 2030 sur le Saint-Martin :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 6%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **32 L/s**, soit une **baisse de 3% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) aura le **même impact que le scénario 2**, à savoir une baisse de **3% du QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à **94%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de bas débit augmentera légèrement tandis que les périodes de très bas débits s'allongeront d'environ 1/3, en régime influencé et désinfluencé (scénario 2);
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **relativement limité et similaire à celui de la période actuelle**. Une très légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 11 : Saint-Martin – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2030

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	36	33	92%	34 (-6%)	32 (-3%)	94%	32 (-3%)	94%
L/s/km ²	0.66	0.61	92%	0.62 (-6%)	0.58 (-5%)	94%	0.59 (-3%)	94%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	31	28	90%	30 (-3%)	28 (+0%)	93%	29 (+4%)	97%
L/s/km ²	0.57	0.5	90%	0.54 (-5%)	0.52 (+4%)	93%	0.53 (+6%)	97%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	30	26	87%	29 (-3%)	28 (+8%)	97%	28 (+8%)	97%
L/s/km ²	0.55	0.48	87%	0.53 (-4%)	0.51 (+6%)	97%	0.52 (+8%)	97%

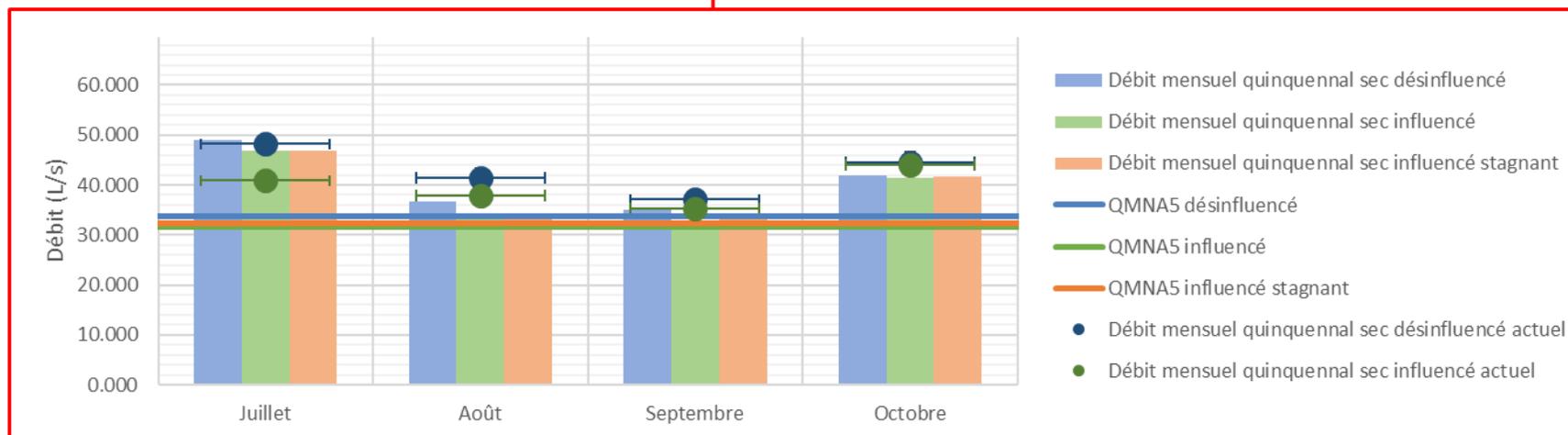


Figure 27 : Saint-Martin – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Tableau 12 : Saint-Martin – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	349	266	130	81	89	54	48	41	37	45	83	177
	Influencé	350	266	130	80	87	50	41	38	35	44	83	177
QMNA5 Horizon 2030	Désinfluencé	266	314	195	66	73	53	49	37	35	42	78	153
	Influencé usages évolutifs	267	315	197	66	72	52	47	33	33	41	78	153
	Influencé usages constants	267	315	197	67	73	52	47	34	34	42	79	153

2.2.3.1.5 Le Renon

A l'horizon 2030 sur le Renon :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 5%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **150 L/s**, soit une **baisse de 9% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) aura un impact plus limité, à savoir une baisse de **2% du QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **scénarios d'usages évolutifs et constants** prévoient respectivement un QMNA5 équivalent à **79 et 84%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de bas débit augmentera légèrement tandis que les périodes de très bas débits s'allongeront d'environ 1/3, en régime influencé et désinfluencé (scénario 2) ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **similaire à celui de la période actuelle**. Une légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 13 : Renon – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2030

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	200	164	82%	191 (-5%)	150 (-9%)	79%	160 (-2%)	84%
L/s/km ²	0.66	0.54	82%	0.63 (-5%)	0.5 (-7%)	79%	0.53 (-2%)	84%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	171	135	79%	169 (-1%)	133 (-1%)	79%	146 (+8%)	86%
L/s/km ²	0.57	0.44	79%	0.56 (-2%)	0.44 (+0%)	79%	0.48 (+9%)	86%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	164	132	80%	167 (+2%)	131 (-1%)	78%	144 (+9%)	86%
L/s/km ²	0.54	0.44	80%	0.55 (+2%)	0.43 (-2%)	78%	0.48 (+9%)	86%

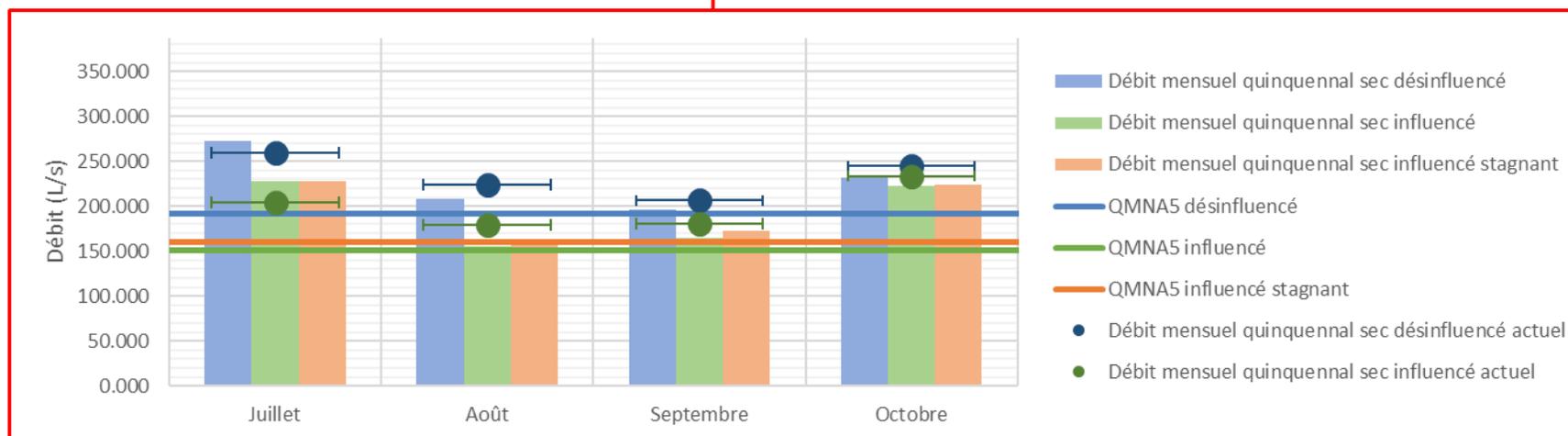
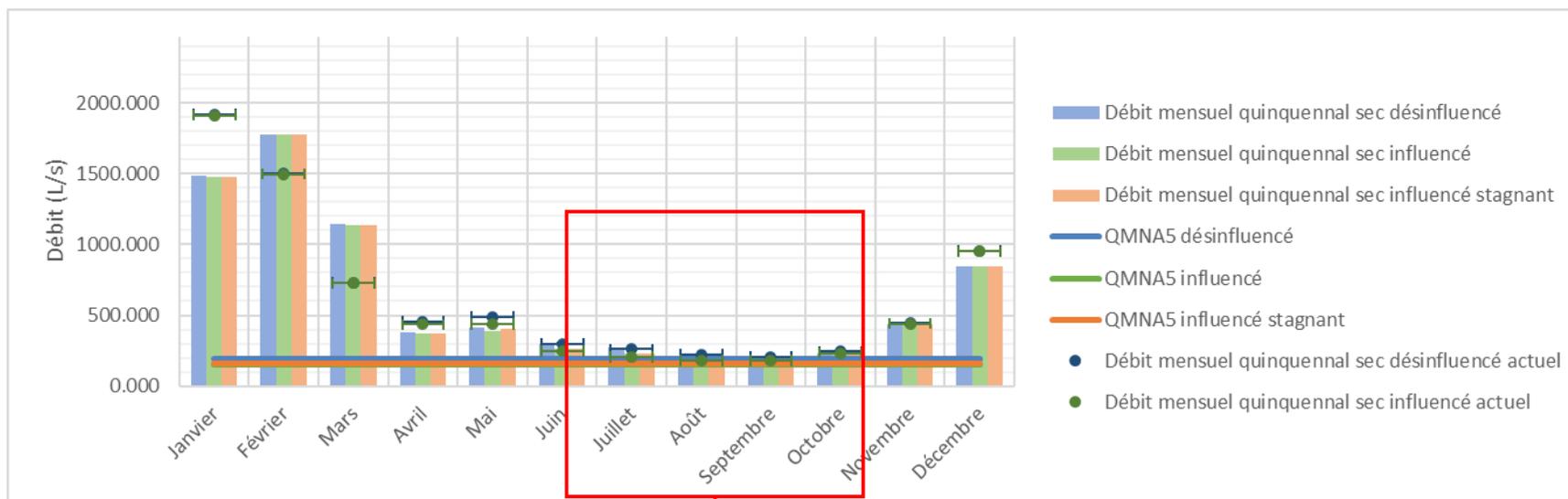


Figure 28 : Renon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Tableau 14 : Renon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	1916	1499	731	455	489	301	260	224	206	245	443	953
	Influencé	1912	1496	727	436	439	247	204	179	181	234	440	951
QMNA5 Horizon 2030	Désinfluencé	1482	1779	1140	382	414	300	273	209	197	232	435	848
	Influencé usages évolutifs	1480	1779	1138	370	391	262	228	155	165	222	432	844
	Influencé usages constants	1480	1777	1137	374	402	264	228	164	172	224	434	848

2.2.3.1.6 Le Céphons

A l'horizon 2030 sur le Céphons :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 6%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **69 L/s**, soit une **baisse de 7% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) n'entraînera quant à lui pas de modification **par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à respectivement **75 et 80%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ En régime désinfluencé et influencé (scénario 2), la durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) restera stable ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **similaire à celui de la période actuelle**. Une très légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 15 : Céphons – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2030

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	98	74	76%	92 (-6%)	69 (-7%)	75%	74 (+0%)	80%
L/s/km²	0.8	0.61	76%	0.76 (-5%)	0.57 (-7%)	75%	0.6 (-2%)	80%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	82	64	78%	82 (+0%)	61 (-5%)	74%	67 (+5%)	82%
L/s/km²	0.68	0.53	78%	0.67 (-1%)	0.5 (-6%)	74%	0.55 (+4%)	82%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	80	63	79%	79 (-1%)	60 (-5%)	76%	65 (+3%)	82%
L/s/km²	0.66	0.52	79%	0.65 (-2%)	0.49 (-6%)	76%	0.54 (+4%)	82%

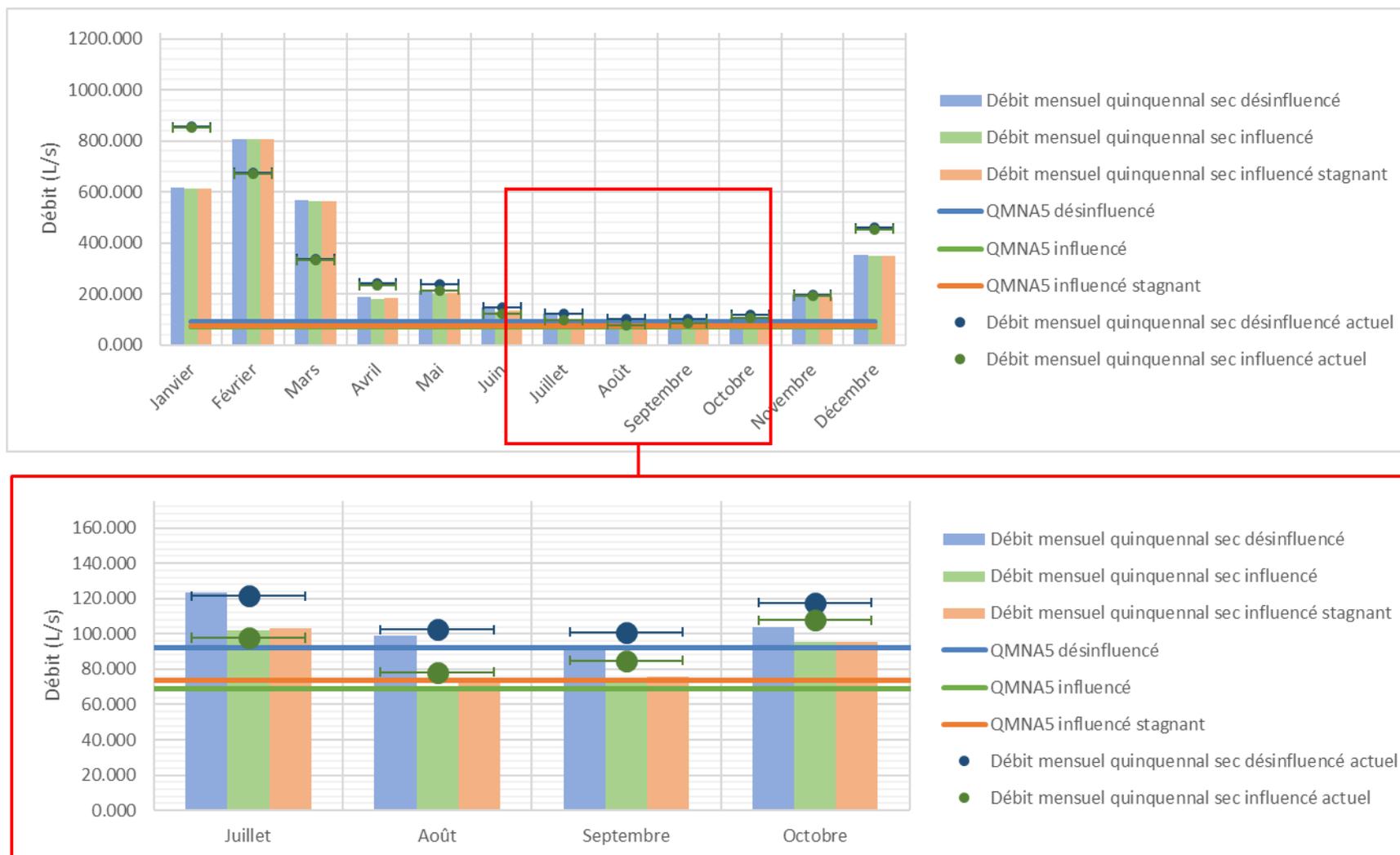


Figure 29 : Céphons – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Tableau 16 : Céphons – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	855	675	336	243	239	147	122	102	101	118	198	459
	Influencé	851	671	331	232	215	121	98	78	85	108	192	454
QMNA5 Horizon 2030	Désinfluencé	618	807	566	188	213	148	124	99	92	104	195	354
	Influencé usages évolutifs	615	806	565	182	202	132	102	70	73	95	188	348
	Influencé usages constants	615	806	565	183	206	133	103	75	76	96	189	349

2.2.3.1.7 Le Nahon

A l'horizon 2030 sur le Nahon :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 1%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **171 L/s**, soit une **baisse de 1% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) amènera quant à lui le QMNA5 à une valeur de **183 L/s**, soit une **hausse de 6% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à respectivement **79 et 84%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) augmentera légèrement, que ce soit en régime influencé ou désinfluencé ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **similaire à celui de la période actuelle, sauf en août ou une très légère augmentation de l'écart entre les deux régimes pourra s'observer**. Une très légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 17 : Nahon – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2030

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	220	173	79%	217 (-1%)	171 (-1%)	79%	183 (+6%)	84%
L/s/km ²	0.72	0.56	79%	0.71 (-1%)	0.56 (+0%)	79%	0.6 (+7%)	84%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	185	149	81%	192 (+4%)	153 (+3%)	80%	167 (+12%)	87%
L/s/km ²	0.6	0.49	81%	0.63 (+5%)	0.5 (+2%)	80%	0.54 (+10%)	87%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	180	146	81%	188 (+4%)	150 (+3%)	80%	164 (+12%)	87%
L/s/km ²	0.59	0.48	81%	0.61 (+3%)	0.49 (+2%)	80%	0.53 (+10%)	87%

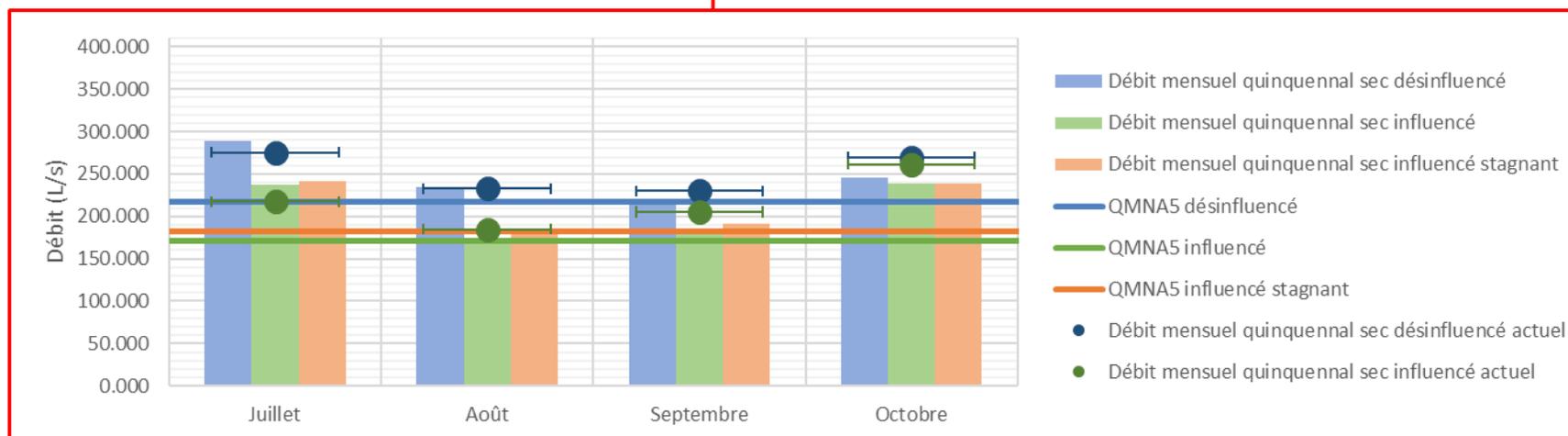
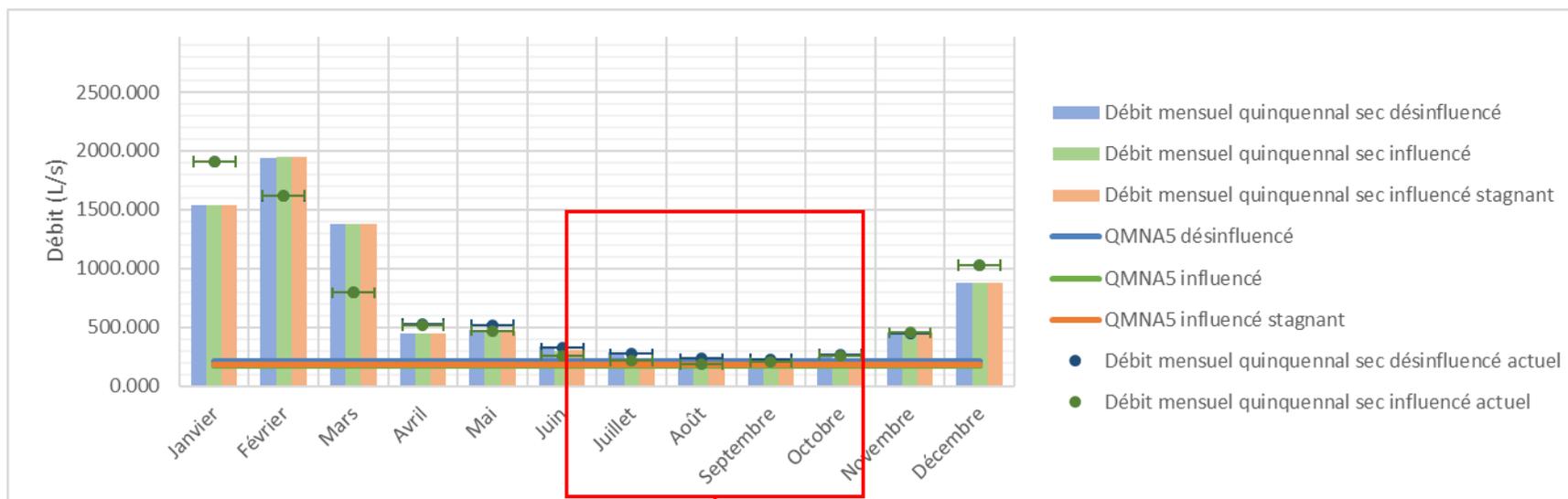


Figure 30 : Nahon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Tableau 18 : Nahon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	1907	1617	796	532	522	323	275	233	230	270	452	1025
	Influencé	1910	1621	796	515	470	261	217	185	205	261	454	1029
QMNA5 Horizon 2030	Désinfluencé	1536	1941	1374	451	481	341	289	234	217	246	461	874
	Influencé usages évolutifs	1541	1949	1381	443	459	301	238	174	185	238	461	874
	Influencé usages constants	1541	1947	1381	447	471	307	242	184	192	239	462	876

2.2.3.1.8 Le Fouzon aval (=BV Fouzon)

A l'horizon 2030 sur le Fouzon aval :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 2%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **453 L/s**, soit une **baisse de 6% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) amènera quant à lui le QMNA5 à une valeur de **495 L/s**, soit une **hausse de 3% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à respectivement **70 et 76%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) restera globalement stable, que ce soit en régime influencé ou désinfluencé ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **similaire à celui de la période actuelle, sauf en août ou une légère augmentation de l'écart entre les deux régimes pourra s'observer**. Une légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 19 : Fouzon aval – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2030

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	663	482	73%	650 (-2%)	453 (-6%)	70%	495 (+3%)	76%
L/s/km²	0.66	0.48	73%	0.64 (-3%)	0.45 (-6%)	70%	0.49 (+2%)	76%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	559	383	69%	577 (+3%)	400 (+4%)	69%	450 (+17%)	78%
L/s/km²	0.55	0.38	69%	0.57 (+4%)	0.4 (+5%)	69%	0.44 (+16%)	78%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	538	373	69%	566 (+5%)	391 (+5%)	69%	441 (+18%)	78%
L/s/km²	0.53	0.37	69%	0.56 (+6%)	0.39 (+5%)	69%	0.44 (+19%)	78%

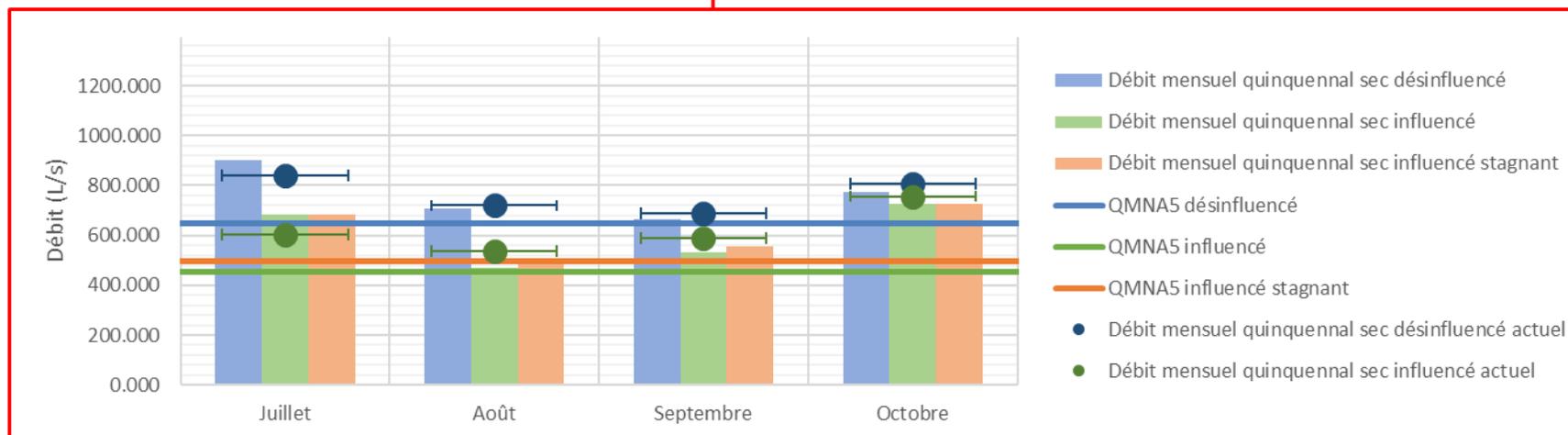
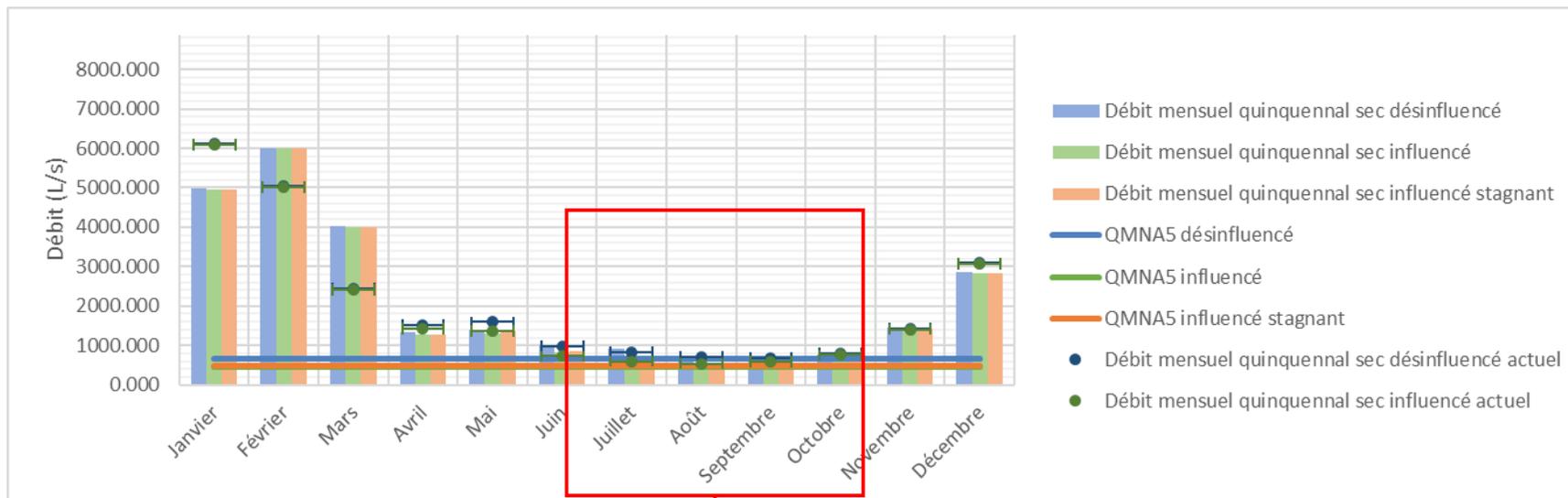


Figure 31 : Fouzon aval – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Tableau 20 : Fouzon aval – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2030

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	6110	5033	2447	1513	1590	975	841	720	688	806	1432	3091
	Influencé	6089	5012	2417	1430	1369	731	603	537	588	757	1410	3072
QMNA5 Horizon 2030	Désinfluencé	4971	6014	4015	1326	1408	1013	904	707	663	772	1450	2846
	Influencé usages évolutifs	4952	6008	3997	1271	1308	824	684	472	534	725	1427	2819
	Influencé usages constants	4951	5998	3992	1284	1352	846	684	501	557	727	1431	2831

2.2.3.1 Perspectives d'évolution à l'horizon 2050 par unité de gestion

2.2.3.1.1 Le Fouzon amont

A l'horizon 2050 sur le Fouzon amont :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 11%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) en amont de la confluence avec le Pozon ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **9 L/s**, soit une **baisse de 68% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) amènera quant à lui le QMNA5 à une valeur de **18 L/s**, soit une **baisse de 36% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à respectivement **16 et 32%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ En régime désinfluencé, la durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) restera stable, tandis qu'elle s'allongera substantiellement pour les bas débits en régime influencé (scénario 2) ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sera **particulièrement marqué sur la période estivale, avec un écart avec le régime naturel plus prononcé qu'aujourd'hui**. Une diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année avec un pic de 75% en juillet pour le régime influencé, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être très légèrement moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 21 : Fouzon amont – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2050

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	63	28	44%	56 (-11%)	9 (-68%)	16%	18 (-36%)	32%
L/s/km ²	0.66	0.3	44%	0.59 (-11%)	0.1 (-67%)	16%	0.19 (-37%)	32%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	54	10	19%	48 (-11%)	6 (-40%)	13%	7 (-30%)	15%
L/s/km ²	0.57	0.1	19%	0.51 (-11%)	0.06 (-40%)	13%	0.08 (-20%)	15%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	52	9	17%	47 (-10%)	4 (-56%)	9%	4 (-56%)	9%
L/s/km ²	0.55	0.1	17%	0.49 (-11%)	0.05 (-50%)	9%	0.04 (-60%)	9%

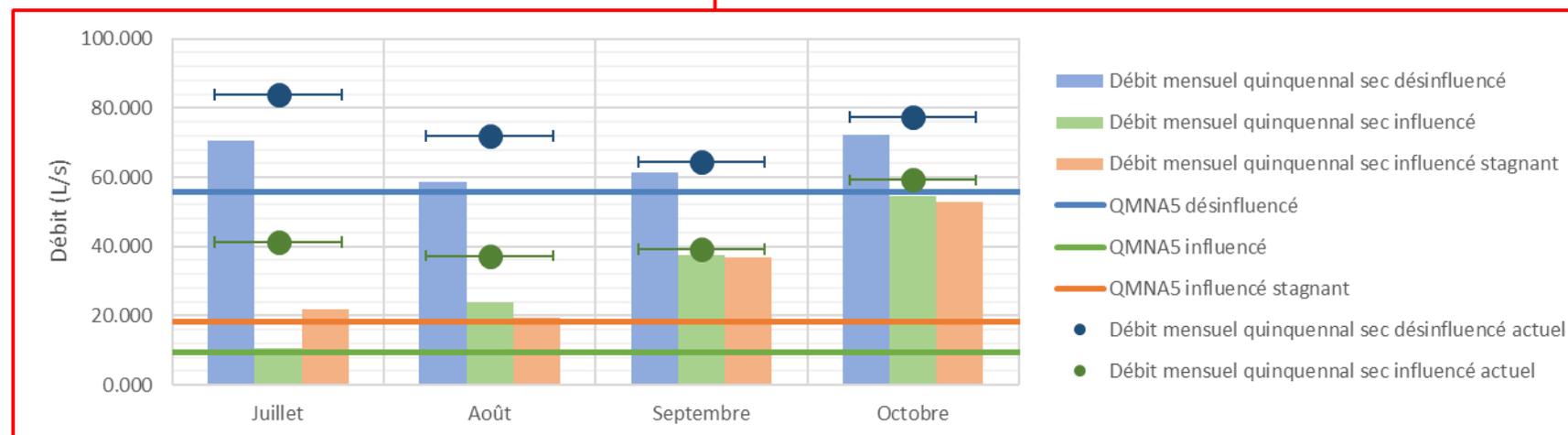
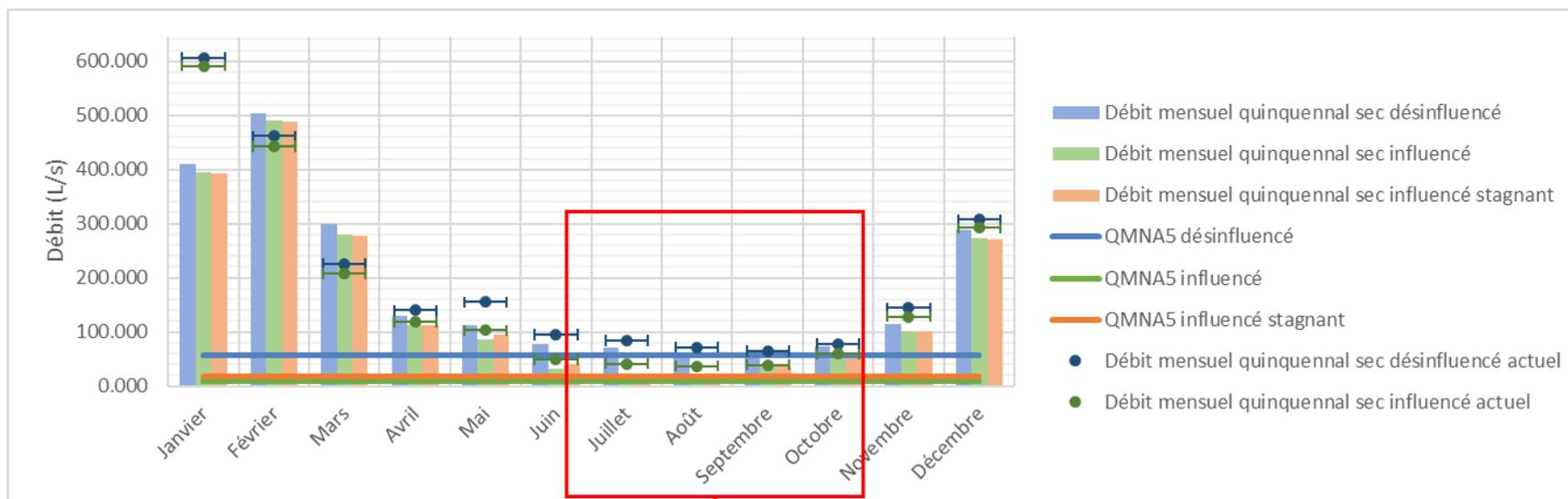


Figure 32 : Fouzon amont – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Tableau 22 : Fouzon amont – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	607	462	225	140	155	95	84	72	64	77	144	307
	Influencé	591	443	208	119	103	49	41	37	39	59	128	292
QMNA5 Horizon 2050	Désinfluencé	411	504	298	130	113	78	71	59	61	72	114	288
	Influencé usages évolutifs	395	490	279	112	86	31	11	24	38	55	101	273
	Influencé usages constants	393	489	278	113	95	41	22	19	37	53	101	271

2.2.3.1.2 Le Fouzon médian

A l'horizon 2050 sur le Fouzon médian :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 10%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) à l'aval immédiat de la confluence avec le Renon ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **104 L/s**, soit une **baisse de 25% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) amènera quant à lui le QMNA5 à une valeur de **117 L/s**, soit une **baisse de 15% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à respectivement **58 et 66%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de très bas débit restera stable tandis que les périodes de bas débits s'allongeront de 80%, en régime influencé;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sera **particulièrement marqué sur la période estivale, avec un écart avec le régime naturel légèrement plus prononcé qu'aujourd'hui**. Une diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année avec un pic d'environ 25% en août, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être légèrement moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 23 : Fouzon médian – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2050

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	198	138	70%	178 (-10%)	104 (-25%)	58%	117 (-15%)	66%
L/s/km ²	0.66	0.46	70%	0.59 (-11%)	0.35 (-24%)	58%	0.39 (-15%)	66%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	169	97	57%	152 (-10%)	88 (-9%)	58%	98 (+1%)	64%
L/s/km ²	0.56	0.32	57%	0.5 (-11%)	0.29 (-9%)	58%	0.33 (+3%)	64%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	161	93	58%	147 (-9%)	83 (-11%)	56%	95 (+2%)	65%
L/s/km ²	0.54	0.31	58%	0.49 (-9%)	0.28 (-10%)	56%	0.32 (+3%)	65%

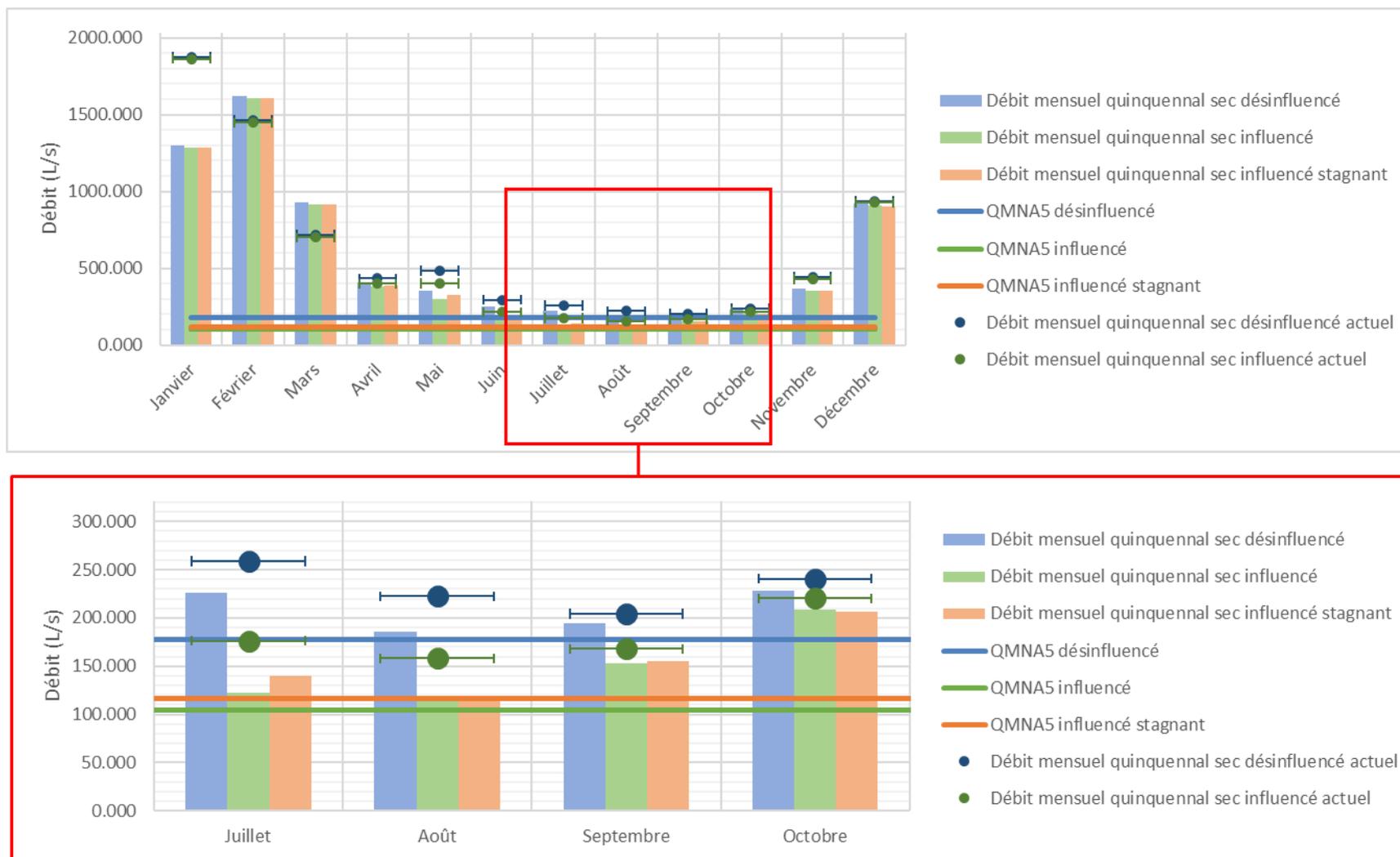


Figure 33 : Fouzon médian – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Tableau 24 : Fouzon médian – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	1876	1463	716	434	483	295	259	222	204	241	444	939
	Influencé	1863	1449	701	400	403	214	176	158	168	220	431	927
QMNA5 Horizon 2050	Désinfluencé	1302	1620	932	409	354	248	226	186	194	229	365	921
	Influencé usages évolutifs	1286	1610	913	381	299	159	122	115	153	209	354	906
	Influencé usages constants	1285	1606	913	387	327	182	139	115	155	206	354	904

2.2.3.1.3 Le Pozon

A l'horizon 2050 sur le Pozon :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 11%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **37 L/s**, soit une **baisse de 16% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) aura un **impact légèrement plus modéré que le scénario 2**, à savoir une baisse de **11% du QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent respectivement à **93 et 98%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ En régime désinfluencé et influencé (scénario 2), la durée des périodes de bas débit (<QMNA2) s'allongeront substantiellement (d'environ 80% en période estivale), tandis que les durées de périodes de très bas débit (<QMNA5) resteront similaires à celles d'aujourd'hui ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau restera modéré. Une légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année et ceci de manière similaire à l'horizon 2030, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être légèrement moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 25 : Pozon – Indicateurs d'étéage à l'horizon 2050

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	45	44	98%	40 (-11%)	37 (-16%)	93%	39 (-11%)	98%
L/s/km ²	0.66	0.64	98%	0.59 (-11%)	0.55 (-14%)	93%	0.57 (-11%)	98%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	38	37	97%	34 (-11%)	34 (-8%)	100%	35 (-5%)	103%
L/s/km ²	0.57	0.55	97%	0.51 (-11%)	0.5 (-9%)	100%	0.52 (-5%)	103%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	37	37	100%	33 (-11%)	33 (-11%)	100%	34 (-8%)	103%
L/s/km ²	0.55	0.54	100%	0.49 (-11%)	0.48 (-11%)	100%	0.5 (-7%)	103%

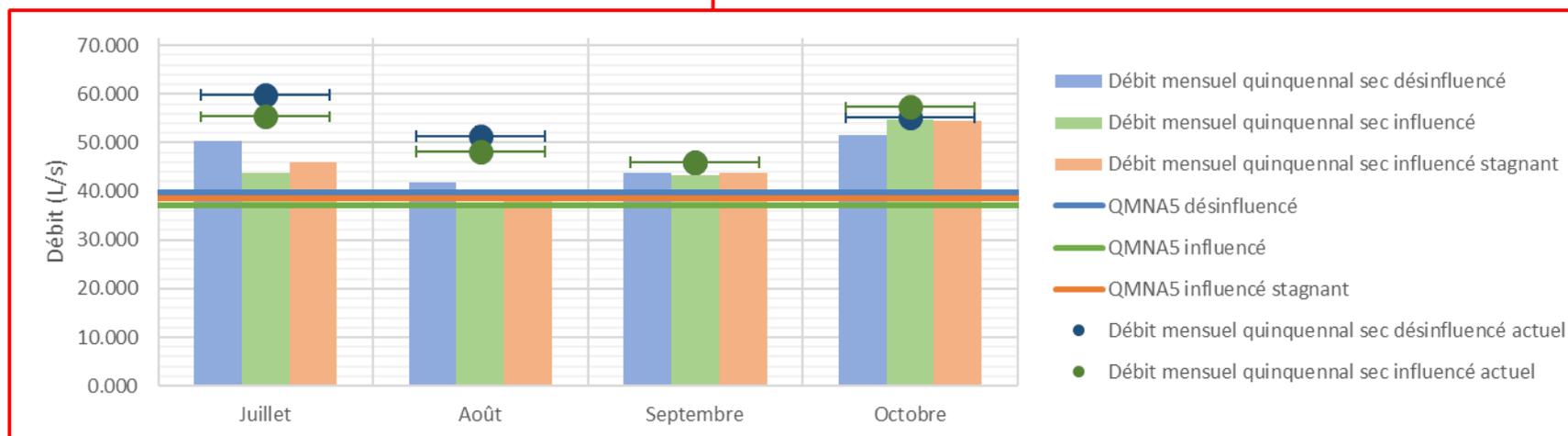
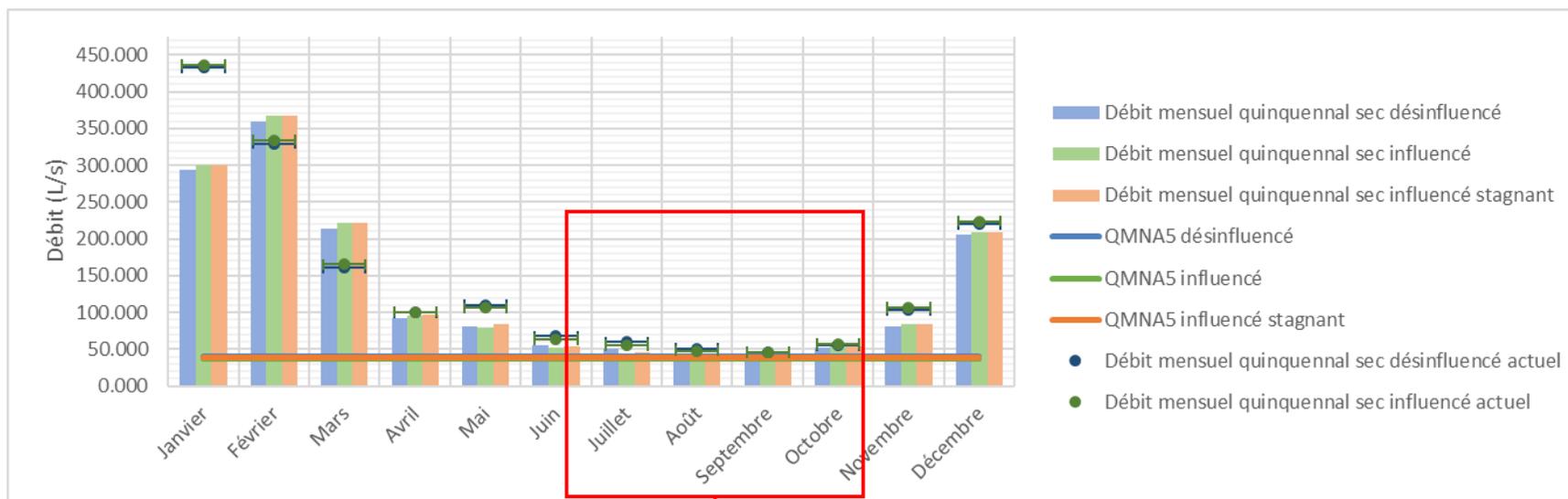


Figure 34 : Pozon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Tableau 26 : Pozon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	433	329	161	100	110	68	60	51	46	55	103	219
	Influencé	437	334	165	101	106	63	55	48	46	57	107	224
QMNA5 Horizon 2050	Désinfluencé	293	360	213	93	81	56	50	42	44	52	81	205
	Influencé usages évolutifs	299	367	221	95	80	52	44	38	43	55	85	210
	Influencé usages constants	299	367	221	97	84	54	46	38	44	55	85	209

2.2.3.1.4 Le Saint-Martin

A l'horizon 2050 sur le Saint-Martin :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 11%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **30 L/s**, soit une **baisse de 9% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) aura le **même impact que le scénario 2**, à savoir une baisse de **9% du QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à **94%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ En régime désinfluencé et influencé (scénario 2), la durée des périodes de bas débit (<QMNA2) s'allongeront substantiellement (d'environ 80% en période estivale), tandis que les durées de périodes de très bas débit (<QMNA5) resteront similaires à celles d'aujourd'hui ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **relativement limité et similaire à celui de la période actuelle**. Une légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année et particulièrement en période estivale, sauf en début de printemps ou les épisodes de faibles débits devraient être légèrement moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 27 : Saint-Martin – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2050

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	36	33	92%	32 (-11%)	30 (-9%)	94%	30 (-9%)	94%
L/s/km ²	0.66	0.61	92%	0.59 (-11%)	0.54 (-11%)	94%	0.56 (-8%)	94%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	31	28	90%	28 (-10%)	26 (-7%)	93%	27 (-4%)	96%
L/s/km ²	0.57	0.5	90%	0.51 (-11%)	0.48 (-4%)	93%	0.49 (-2%)	96%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	30	26	87%	27 (-10%)	26 (+0%)	96%	26 (+0%)	96%
L/s/km ²	0.55	0.48	87%	0.49 (-11%)	0.47 (-2%)	96%	0.48 (+0%)	96%

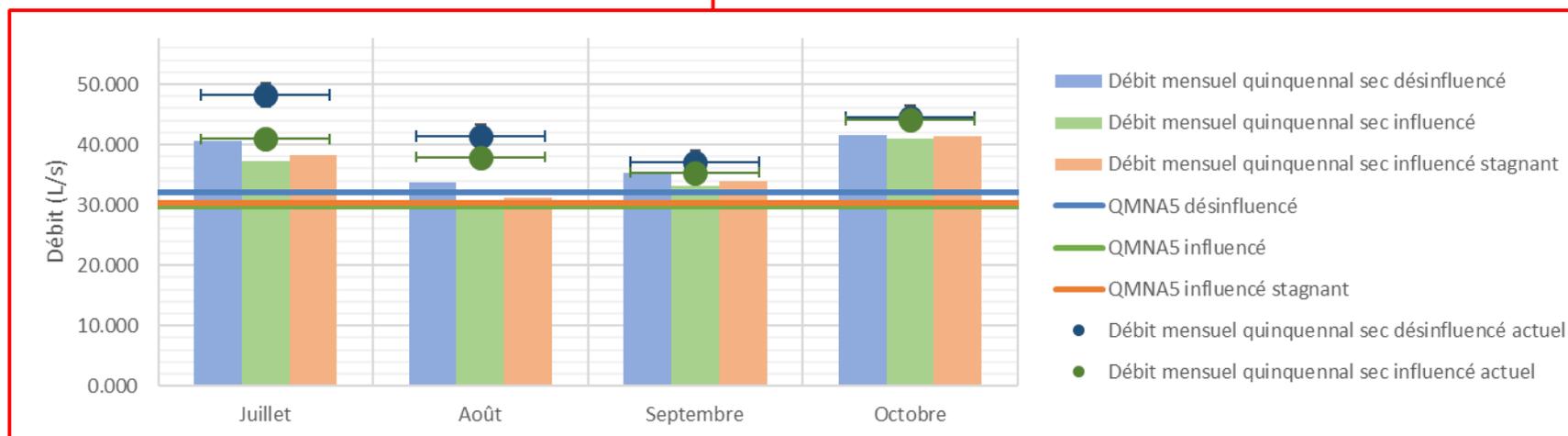
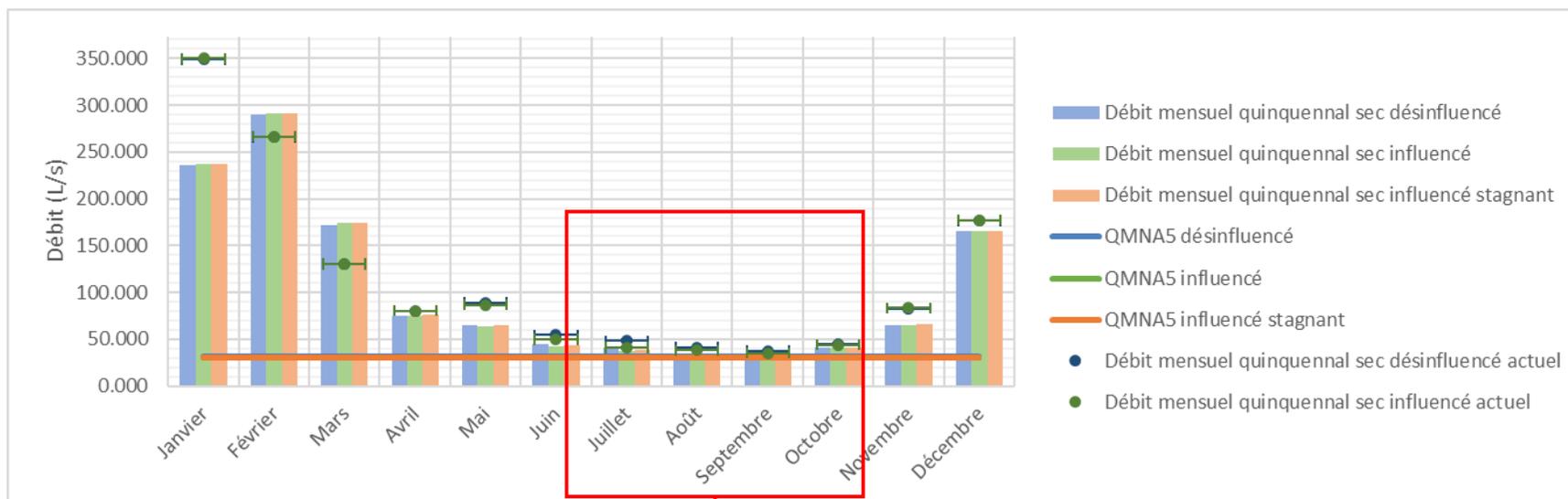


Figure 35 : Saint-Martin – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Tableau 28 : Saint-Martin – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	349	266	130	81	89	54	48	41	37	45	83	177
	Influencé	350	266	130	80	87	50	41	38	35	44	83	177
QMNA5 Horizon 2050	Désinfluencé	237	290	172	75	65	45	41	34	35	42	65	166
	Influencé usages évolutifs	237	291	174	75	64	43	37	31	33	41	66	166
	Influencé usages constants	238	291	174	76	65	44	38	31	34	41	66	165

2.2.3.1.5 Le Renon

A l'horizon 2030 sur le Renon :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 6%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **146 L/s**, soit une **baisse de 11% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) aura un impact plus modéré que celui du scénario 2, à savoir une baisse de **5% du QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent respectivement à **78 et 82%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) restera globalement stable, sauf en régime influencé, où une augmentation d'environ 70% pourra être observée en bas débits ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **similaire à celui de la période actuelle, sauf en août où la différence entre le régime influencé et désinfluencé connaîtra une légère augmentation**. Une très légère diminution des débits mensuels quinquennaux secs s'observera tout au long de l'année, sauf en début de printemps où les épisodes de faibles débits devraient être moins sévères qu'aujourd'hui.

Tableau 29 : Renon – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2050

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	200	164	82%	188 (-6%)	146 (-11%)	78%	155 (-5%)	82%
L/s/km ²	0.66	0.54	82%	0.62 (-6%)	0.48 (-11%)	78%	0.51 (-6%)	82%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	171	135	79%	161 (-6%)	128 (-5%)	80%	136 (+1%)	84%
L/s/km ²	0.57	0.44	79%	0.53 (-7%)	0.42 (-5%)	80%	0.45 (+2%)	84%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	164	132	80%	156 (-5%)	124 (-6%)	79%	132 (+0%)	85%
L/s/km ²	0.54	0.44	80%	0.51 (-6%)	0.41 (-7%)	79%	0.44 (+0%)	85%

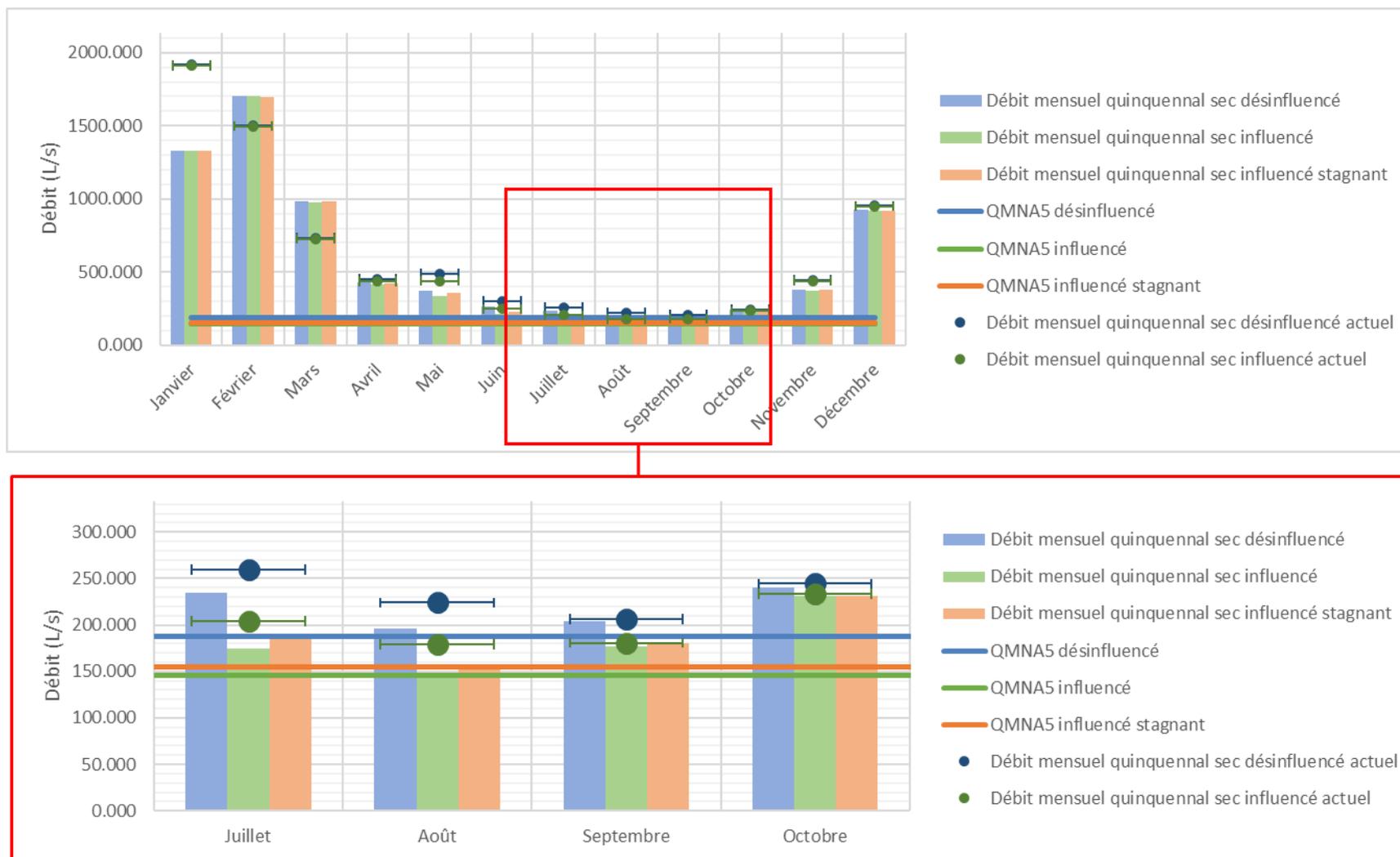


Figure 36 : Renon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Tableau 30 : Renon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	1916	1499	731	455	489	301	260	224	206	245	443	953
	Influencé	1912	1496	727	436	439	247	204	179	181	234	440	951
QMNA5 Horizon 2050	Désinfluencé	1332	1701	985	432	372	263	235	196	204	241	377	924
	Influencé usages évolutifs	1329	1700	980	416	337	211	175	149	177	232	375	920
	Influencé usages constants	1330	1699	982	422	359	227	187	153	180	231	377	918

2.2.3.1.6 Le Céphons

A l'horizon 2050 sur le Céphons :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact pratiquement nul** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **78 L/s**, soit une **augmentation de 5% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) amènera quant à lui le QMNA5 à une valeur de **80 L/s**, soit une **augmentation de 8% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à respectivement **79 et 81%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ En régime désinfluencé et influencé (scénario 2), la durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) restera stable ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **similaire à celui de la période actuelle**. Les débits mensuels quinquennaux secs connaîtront une diminution en hiver et en fin de printemps, tandis qu'ils connaîtront une légère augmentation en début de printemps. Ils resteront globalement stables sur le reste de l'année.

Tableau 31 : Céphons – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2050

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	98	74	76%	99 (+1%)	78 (+5%)	79%	80 (+8%)	81%
L/s/km ²	0.8	0.61	76%	0.81 (+1%)	0.64 (+5%)	79%	0.66 (+8%)	81%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	82	64	78%	83 (+1%)	68 (+6%)	82%	68 (+6%)	82%
L/s/km ²	0.68	0.53	78%	0.68 (+0%)	0.56 (+6%)	82%	0.56 (+6%)	82%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	80	63	79%	80 (+0%)	64 (+2%)	80%	65 (+3%)	81%
L/s/km ²	0.66	0.52	79%	0.66 (+0%)	0.53 (+2%)	80%	0.53 (+2%)	81%

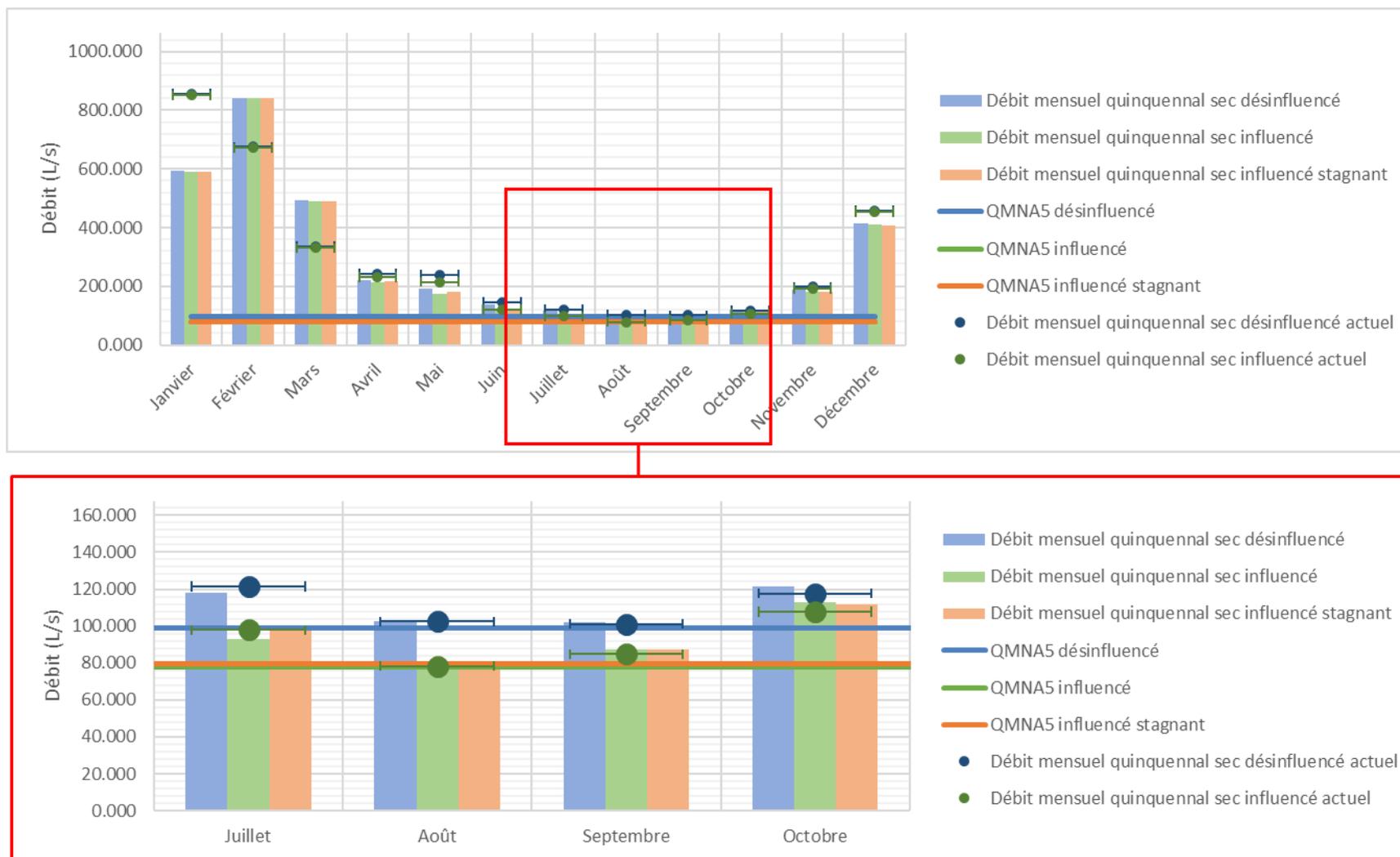


Figure 37 : Céphons – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Tableau 32 : Céphons – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	855	675	336	243	239	147	122	102	101	118	198	459
	Influencé	851	671	331	232	215	121	98	78	85	108	192	454
QMNA5 Horizon 2050	Désinfluencé	593	842	492	221	191	139	118	103	102	121	187	416
	Influencé usages évolutifs	590	842	491	214	175	118	93	78	87	113	182	410
	Influencé usages constants	589	841	491	216	183	124	98	80	87	112	182	408

2.2.3.1.7 Le Nahon

A l'horizon 2050 sur le Nahon :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la hausse de 3%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **181 L/s**, soit une **augmentation de 5% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) amènera quant à lui le QMNA5 à une valeur de **188 L/s**, soit une **augmentation de 9% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à respectivement **80 et 83%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) restera globalement stable, que ce soit en régime influencé ou désinfluencé ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **similaire à celui de la période actuelle**. Les débits mensuels quinquennaux secs connaîtront une diminution en hiver et en fin de printemps, tandis qu'ils connaîtront une légère augmentation en début de printemps. Ils resteront globalement stables sur le reste de l'année.

Tableau 33 : Nahon – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2050

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	220	173	79%	227 (+3%)	181 (+5%)	80%	188 (+9%)	83%
L/s/km ²	0.72	0.56	79%	0.74 (+3%)	0.59 (+5%)	80%	0.61 (+9%)	83%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	185	149	81%	192 (+4%)	159 (+7%)	83%	163 (+9%)	85%
L/s/km ²	0.6	0.49	81%	0.62 (+3%)	0.52 (+6%)	83%	0.53 (+8%)	85%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	180	146	81%	185 (+3%)	153 (+5%)	83%	156 (+7%)	84%
L/s/km ²	0.59	0.48	81%	0.6 (+2%)	0.5 (+4%)	83%	0.51 (+6%)	84%

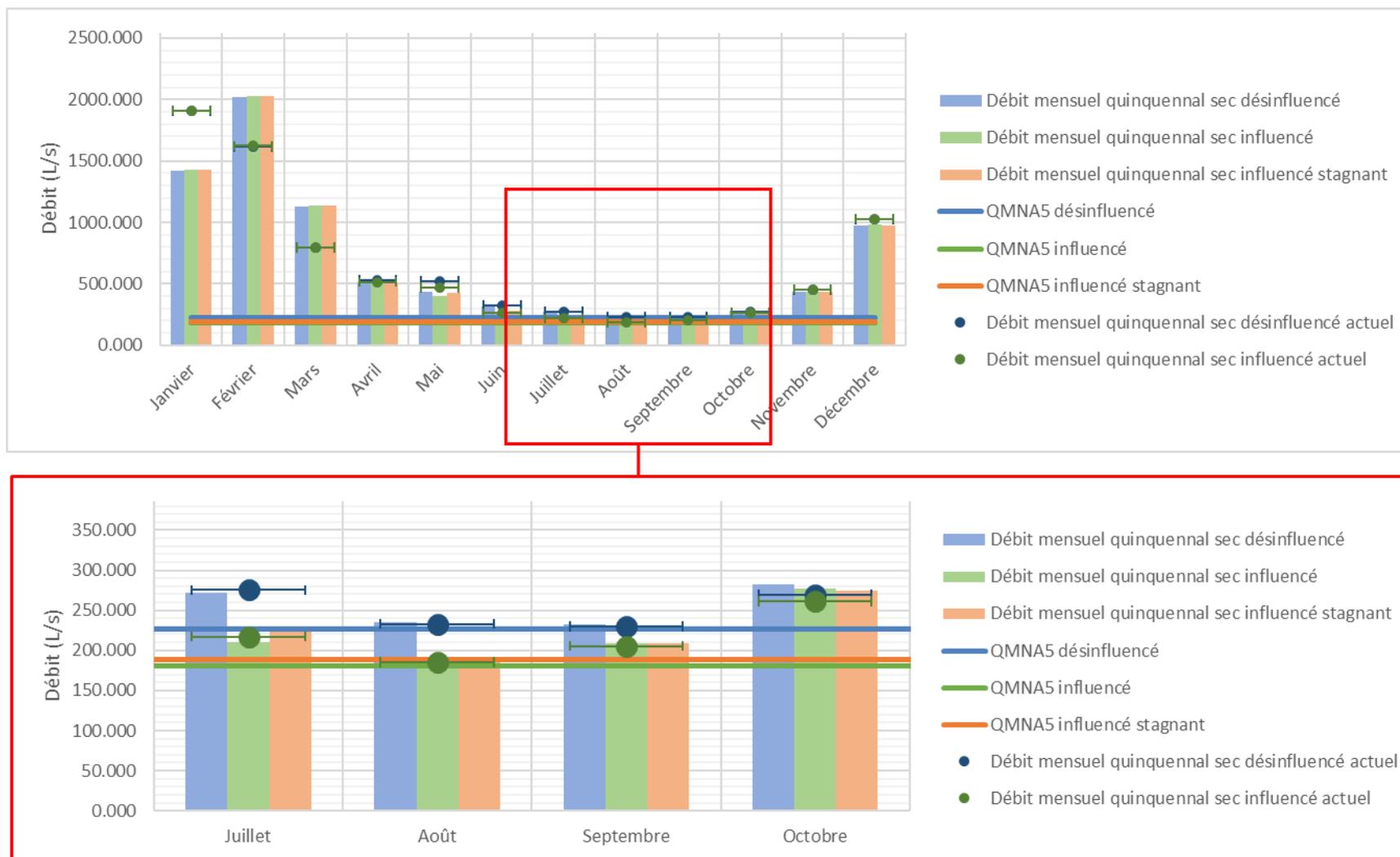


Figure 38 : Nahon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Tableau 34 : Nahon – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMNA5 Période d'étude	Désinfluencé	1907	1617	796	532	522	323	275	233	230	270	452	1025
	Influencé	1910	1621	796	515	470	261	217	185	205	261	454	1029
QMNA5 Horizon 2050	Désinfluencé	1421	2024	1131	510	435	316	272	235	233	282	434	978
	Influencé usages évolutifs	1427	2032	1137	499	397	262	211	184	208	277	435	979
	Influencé usages constants	1426	2030	1139	505	423	283	224	186	209	275	435	975

2.2.3.1.8 Le Fouzon aval (=BV Fouzon)

A l'horizon 2050 sur le Fouzon aval :

- ❖ Le **scénario 1** (analyse de l'évolution due au **changement climatique seul**, en régime désinfluencé) aura un **impact à la baisse de 2%** sur le débit de référence à l'étiage (**QMNA5 désinfluencé**) ;
- ❖ Le **scénario 2** (évolution due aux effets conjoints des **usages envisagée par les acteurs** du territoire et du **changement climatique**) amènera le QMNA5 à une valeur de **458 L/s**, soit une **baisse de 5% par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Le **scénario 3** (évolution due aux effets conjoints d'un **maintien des usages actuels** et du **changement climatique**) amènera quant à lui le QMNA5 à une valeur de **483 L/s**, soit un **maintien par rapport au QMNA5 actuel** ;
- ❖ Les **2 scénarios d'évolution des usages** prévoient un QMNA5 équivalent à respectivement **71 et 72%** de la valeur qu'il aurait en régime désinfluencé ;
- ❖ La durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) et de bas débit (<QMNA2) restera globalement stable, que ce soit en régime influencé ou désinfluencé ;
- ❖ L'effet des usages de l'eau sur l'ensemble de l'année sera **similaire à celui de la période actuelle.**

Tableau 35 : Fouzon aval – Indicateurs d'étiage à l'horizon 2050

	Période actuelle 2000-2018			Horizon 2030				
	Désinfluencé	Influencé	Infl. en % de désinfl.	S1: Désinfluencé (% vs actuel)	S2: Usages évolutifs (% vs actuel)	S2 en % de S1	S3: Usages constants (% vs actuel)	S3 en % de S1
	QMNA5			QMNA5				
L/s	663	482	73%	647 (-2%)	458 (-5%)	71%	483 (+0%)	75%
L/s/km²	0.66	0.48	73%	0.64 (-3%)	0.45 (-6%)	71%	0.48 (+0%)	75%
	VCN10(5)			VCN10 (5)				
L/s	559	383	69%	551 (-1%)	399 (+4%)	72%	413 (+8%)	75%
L/s/km²	0.55	0.38	69%	0.54 (-2%)	0.39 (+3%)	72%	0.41 (+8%)	75%
	VCN3(5)			VCN3 (5)				
L/s	538	373	69%	534 (-1%)	385 (+3%)	72%	399 (+7%)	75%
L/s/km²	0.53	0.37	69%	0.53 (+0%)	0.38 (+3%)	72%	0.39 (+5%)	75%

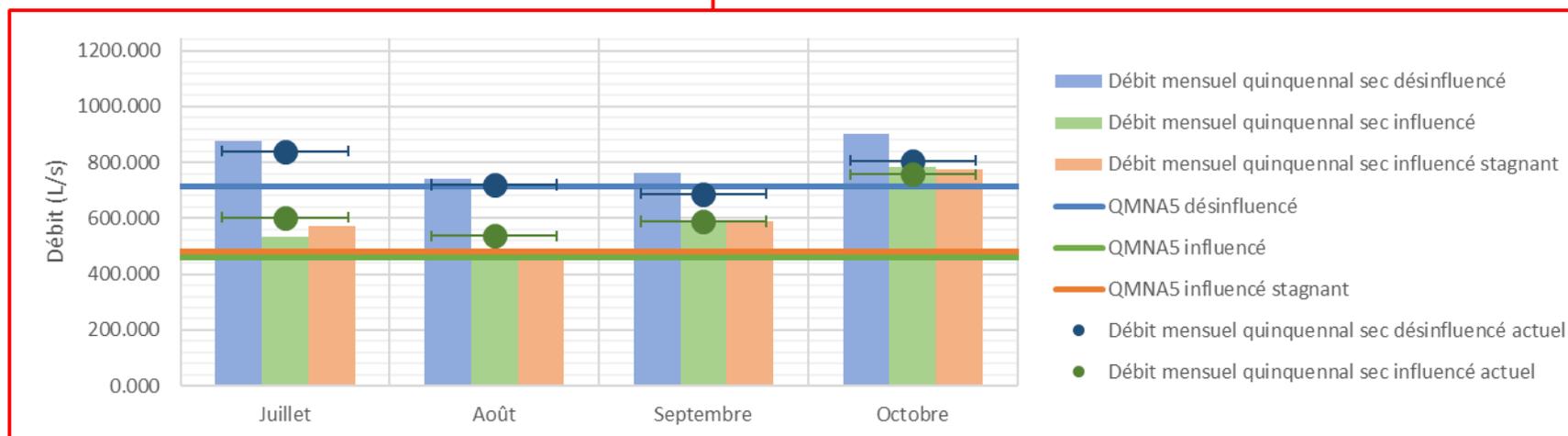
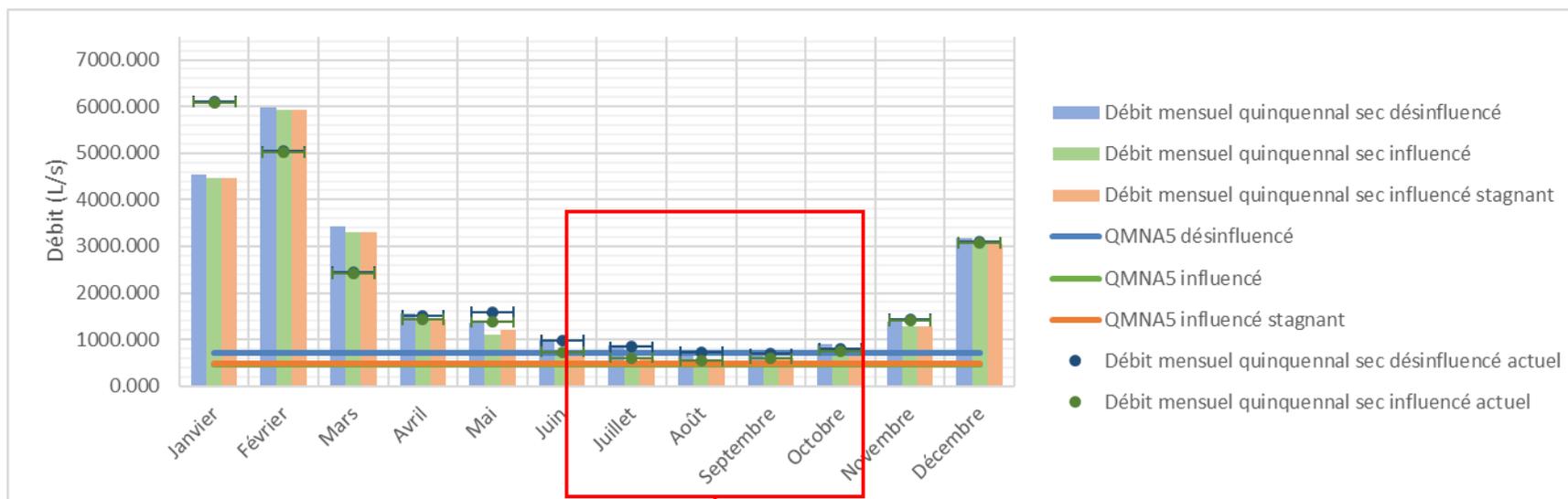


Figure 39 : Fouzon aval – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Tableau 36 : Fouzon aval – Débits mensuels quinquennaux secs à l'horizon 2050

Unité: L/s		Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
QMN5 Période d'étude	Désinfluencé	6110	5033	2447	1513	1590	975	841	720	688	806	1432	3091
	Influencé	6089	5012	2417	1430	1369	731	603	537	588	757	1410	3072
QMN5 Horizon 2050	Désinfluencé	4481	5935	3334	1471	1268	903	803	675	692	825	1293	3085
	Influencé usages évolutifs	4463	5928	3305	1406	1114	665	533	474	585	783	1276	3060
	Influencé usages constants	4461	5919	3309	1426	1204	735	573	477	589	777	1277	3051

2.2.3.2 Comparaison des résultats obtenus avec ceux de l’étude Explore 2070

Il est intéressant de comparer les débits caractéristiques obtenus par la démarche de la présente étude à ceux de l’étude Explore 2070.

Les données comparées sont les suivantes :

- ❖ Pour l’étude Explore 2070 : valeurs obtenues à l’horizon 2046-2065 à partir des valeurs actuelles observées et des pourcentages d’évolution médians calculés ;
- ❖ Pour la présente étude : valeurs issues de la modélisation en régime influencé à l’horizon 2040-2060.

Il convient de mentionner que :

- ❖ Le modèle hydrologique employé n’est pas le même ;
- ❖ L’utilisation d’horizons légèrement différents est de nature à accentuer les écarts entre les valeurs deux sources de données ;
- ❖ Le scénario climatique sur lequel les calculs de l’étude Explore 2070 sont basés est plus ancien que celui considéré dans la présente étude.

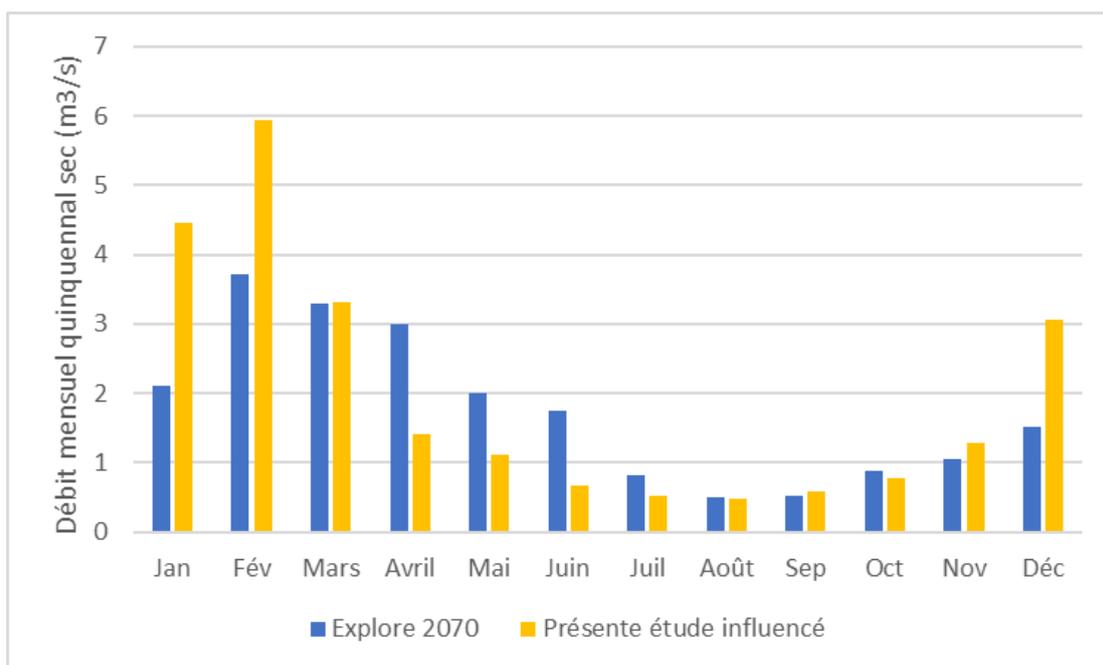


Figure 40 : Comparaison des débits mensuels quinquennaux secs entre l’étude Explore 2070 et la présente étude

Tableau 37 : Comparaison des débits caractéristiques d’été entre l’étude Explore 2070 et la présente étude

	VCN10(2)	QMNA2	VCN10(5)	QMNA5
Explore 2070	0.72	0.86	0.4	0.46
Présente étude	0.58	0.66	0.4	0.46

On peut observer que globalement, les ordres de grandeur des valeurs des deux études sont concordants. On notera cependant que :

- ❖ La présente étude aboutit à des débits mensuels quinquennaux secs hivernaux plus élevés que l’étude Explore 2070. Ceci est concordant avec l’analyse réalisée au paragraphe 8.3.4 du rapport sur le volet hydrologique, qui indiquait que le modèle surestimait ces derniers ;
- ❖ Les débits caractéristiques d’étiage obtenus dans le cadre de la présente étude sont inférieurs à ceux de l’étude Explore 2070 (de 20 à 25% pour les indicateurs biennaux et de 6 à 12% pour les indicateurs quinquennaux).

Ces comparaisons sont intéressantes mais elles ne permettent pas de conclure sur la validité du modèle de la présente étude, tant les données et les méthodes employées diffèrent de celles de l’étude Explore 2070.

On peut tout au plus relever que les ordres de grandeurs étant concordants, la comparaison réalisée n’est pas de nature à remettre en question l’approche de la présente étude.

2.2.3.3 Analyse et synthèse

Note préalable : l’ETP étant mesurée et calculée à un pas de temps décadaire, on privilégie ici l’analyse d’indicateurs mensuels (QMNA) plutôt qu’infra-mensuels (VCN), les premiers étant plus robustes.

2.2.3.3.1 Evolution des débits en lien avec le climat

En régime désinfluencé (scénario 1 présenté au paragraphe 2.2.3), on constate une **faible évolution des indicateurs annuels** (QMNA5, VCN10(5), VCN3(5)). On observe globalement :

- ❖ A l’horizon 2030, une diminution de l’ordre de 1 à 8% de chacun de ces indicateurs ;
- ❖ A l’horizon 2050, une diminution légèrement plus marquée de ces indicateurs, allant de 0 à 11%. Pour le Nahon et le Céphons, on constate une légère augmentation liée à des projections de précipitations en augmentation au niveau de ces bassins-versants. Cette tendance allant à l’encontre de l’évolution des autres bassins, elle ne devrait pas être considérée comme robuste.

Concernant les indicateurs mensuels, on observe sur les deux horizons une **augmentation conséquente des débits quinquennaux secs de début de printemps**, très probablement due à la concomitance de deux facteurs :

- ❖ L’accroissement généralisé des pluies de fin d’hiver ;
- ❖ Une ETP de début de printemps moins élevée que dans la situation actuelle.

On observe également un **abaissement des débits quinquennaux secs d’automne**, probablement causé par :

- ❖ Des niveaux de nappe à leur minimum annuel, de plus en plus bas au fil des horizons temporels, ce qui empêche le soutien de nappe pour compenser cette évaporation.

Concernant la durée des périodes de bas débits (<QMNA2 actuels), elle stagneront aux deux horizons considérés .

Pour ce qui est de la durée des périodes de très bas débits (<QMNA5 actuels), elle changera relativement peu en régime désinfluencé, pour les deux horizons futurs considérés.

Le **Tableau 39** et le

	très bas débits - désinfluencé	très bas débits - influencé	bas débits - désinfluencé	bas débits - influencé
Fouzon amont	-	+2 (+40%)	+1 (+25%)	+1 (+9%)

Fouzon médian	+0 (+0%)	+3 (+60%)	+1 (+11%)	+1 (+8%)
Pozon	+3 (+60%)	+4 (+80%)	+4 (+36%)	+2 (+17%)
Saint-Martin	+2 (+50%)	+3 (+60%)	+4 (+40%)	+4 (+36%)
Renon	+0 (+0%)	+2 (+33%)	+1 (+9%)	+2 (+17%)
Céphons	+1 (+33%)	+1 (+20%)	+1 (+9%)	+2 (+15%)
Nahon	+1 (+50%)	-2 (-29%)	+0 (+0%)	+1 (+8%)
Fouzon aval	+0 (+0%)	+1 (+17%)	-1 (-9%)	-1 (-7%)

Tableau 40

récapitulent les évolutions de durées de période de bas et très bas débits pour les deux horizons.

En régime influencé (scénarios 2 et 3 présentés au paragraphe 2.2.3), des tendances similaires à celles du régime désinfluencé s'observent. Cependant, l'augmentation générale des pressions anthropiques (et notamment de la **surévaporation des plans d'eau** qui joue un rôle prépondérant), entraîne :

- dès l'horizon 2030, une **baisse des QMNA5 au moins deux fois plus marquée qu'en régime désinfluencé** ;
- à l'horizon 2050, une **diminution parfois critique des différents indicateurs annuels d'étiage et des indicateurs mensuels d'étiage en été.**

2.2.3.3.2 Evolution des pressions anthropiques

On constate, pour les deux horizons temporels considérés, que l'évolution projetée des usages n'est pas de nature à impacter substantiellement les débits. **L'effet des usages de l'eau sur les débits est très similaire à ce qu'il serait si les usages restaient au niveau de la période actuelle (moyenne 2014-2018).**

A l'horizon 2030:

- ❖ La majorité des cours d'eau présentent un **accroissement modéré à important (pour le Fouzon amont) de l'écart entre le QMNA5 de régime influencé et désinfluencé** ;
- ❖ On observe une conséquente **diminution des débits mensuels quinquennaux secs** (mois particulièrement sec) sur le **Fouzon amont**, qui augmente l'écart entre régime influencé et désinfluencé pour ces indicateurs ;
- ❖ La durée des périodes de très bas débit (<QMNA5) augmentera pour l'ensemble de unités de gestion à l'exception du Céphons, du Nahon et du Fouzon aval. Il en va de même pour les périodes de bas débit (<QMNA2) (Tableau 39)

A l'horizon 2050:

- ❖ Les valeurs observées à l'horizon 2050 restent très similaires à celles observées à l'horizon 2030. On observe toutefois un allongement substantiel des périodes de bas débit (<QMNA2) (

	très bas débits - désinfluencé	très bas débits - influencé	bas débits - désinfluencé	bas débits - influencé
Fouzon amont	-	+2 (+40%)	+1 (+25%)	+1 (+9%)
Fouzon médian	+0 (+0%)	+3 (+60%)	+1 (+11%)	+1 (+8%)
Pozon	+3 (+60%)	+4 (+80%)	+4 (+36%)	+2 (+17%)
Saint-Martin	+2 (+50%)	+3 (+60%)	+4 (+40%)	+4 (+36%)
Renon	+0 (+0%)	+2 (+33%)	+1 (+9%)	+2 (+17%)

Céphons	+1 (+33%)	+1 (+20%)	+1 (+9%)	+2 (+15%)
Nahon	+1 (+50%)	-2 (-29%)	+0 (+0%)	+1 (+8%)
Fouzon aval	+0 (+0%)	+1 (+17%)	-1 (-9%)	-1 (-7%)

❖ Tableau 40

❖)

Les trois cartes suivantes présentent une classification des pressions anthropiques par unité de gestion, pour chaque horizon temporel considéré.

Les pressions sont classées comme suit :

- ❖ QMNA5 influencé >80% du QMNA5 désinfluencé : **pression faible** ;
- ❖ 66% du QMNA5 désinfluencé < QMNA5 influencé < 80% du QMNA5 désinfluencé : **pression moyenne** ;
- ❖ 50% du QMNA5 désinfluencé < QMNA5 influencé <66% du QMNA5 désinfluencé : **pression forte** ;
- ❖ QMN5 influencé < 50% QMNA5 désinfluencé : **pression très forte**.

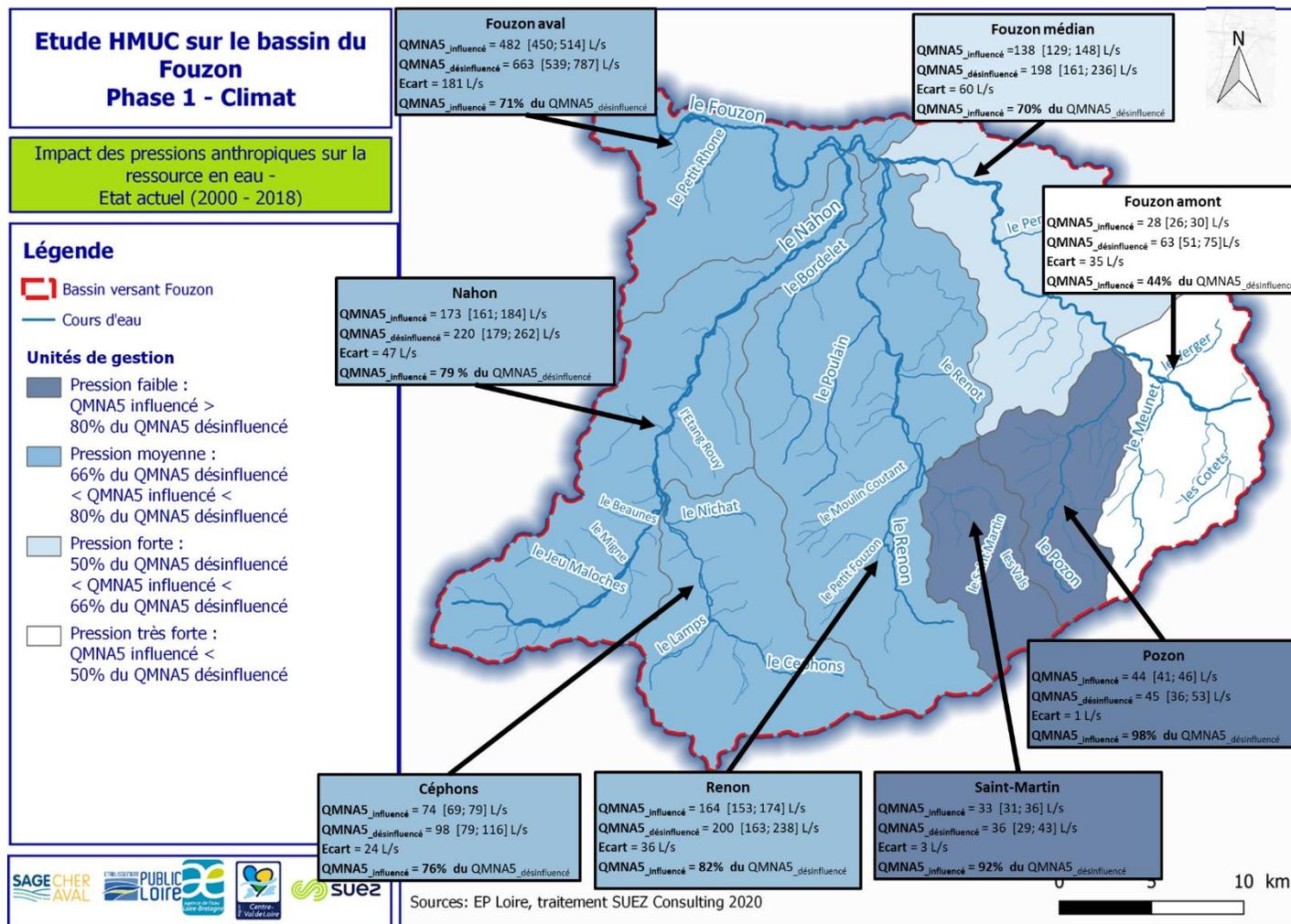


Figure 41 : Bassin du Fouzon - Analyse des pressions anthropiques actuelles par unité de gestion

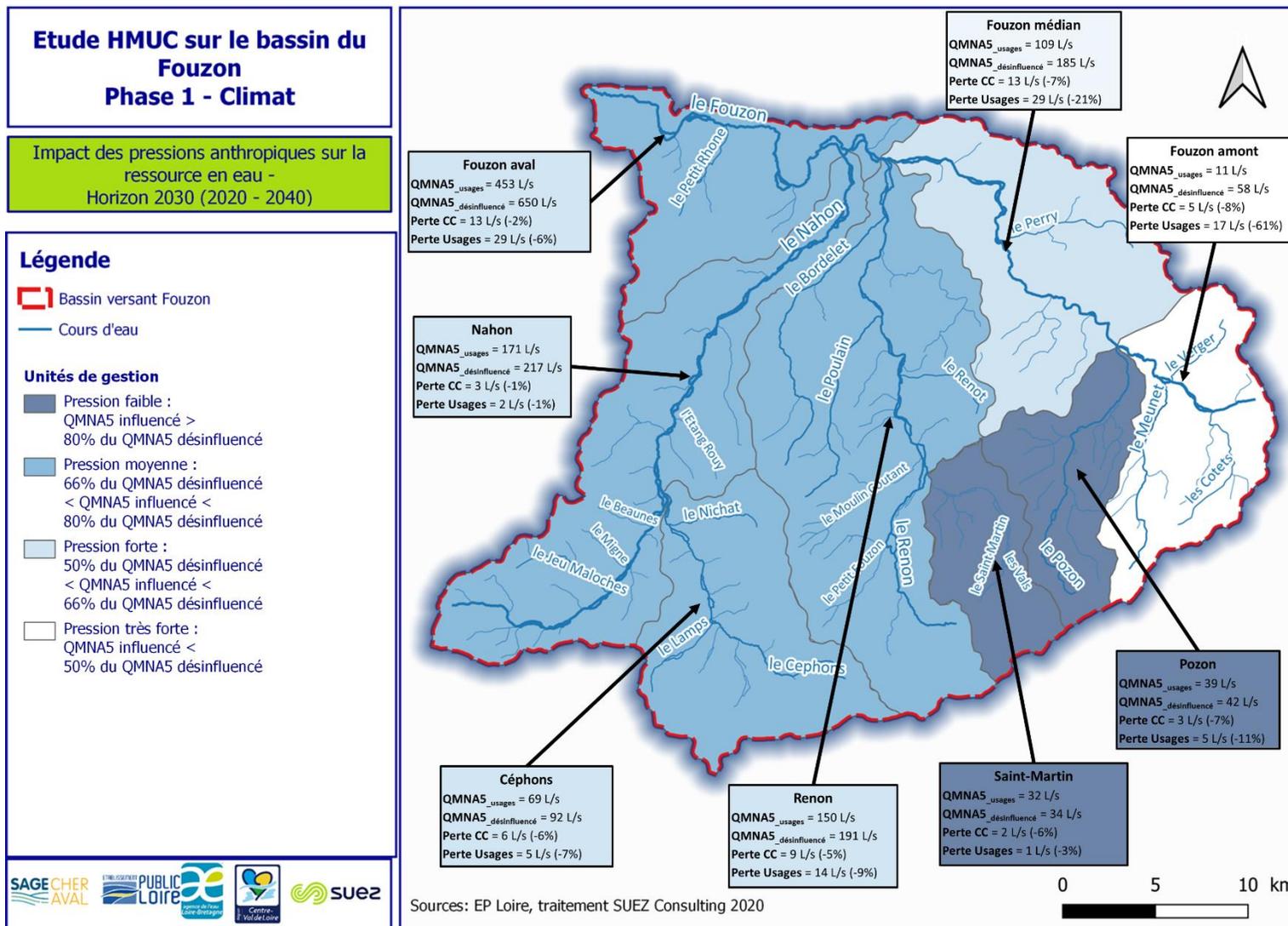


Figure 42 : Bassin du Fouzon - Analyse des pressions anthropiques par unité de gestion à l'horizon 2030

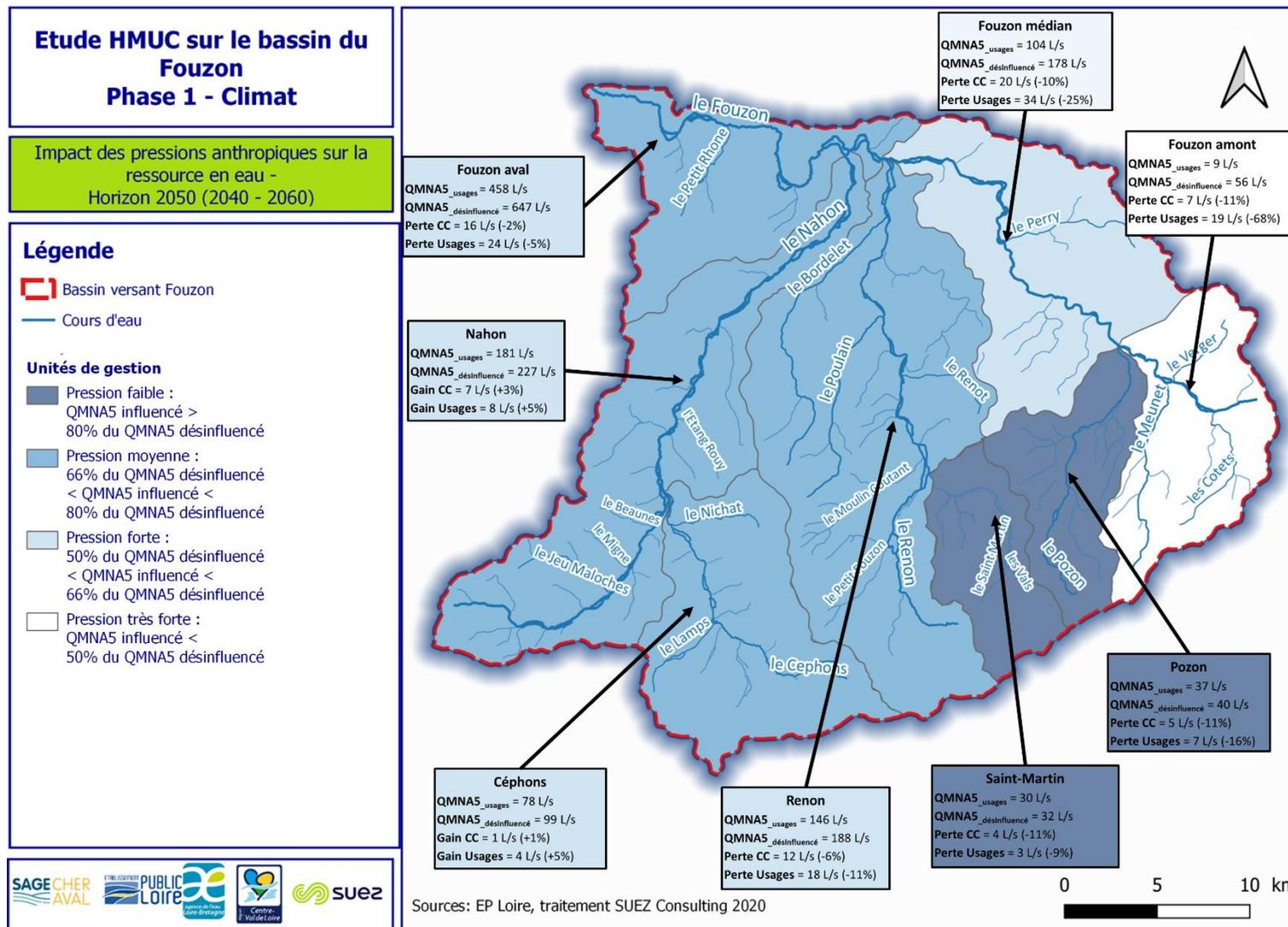


Figure 43 : Bassin du Fouzon - Analyse des pressions anthropiques par unité de gestion à l’horizon 2050

Tableau 38 : Evolution du QMNA5 à travers les différents horizons étudiés

	Etat actuel (2000-2018)		Horizon 2030 (2020-2040)		Horizon 2050 (2040-2060)	
	QMNA5 influencé (l/s)	QMNA5 désinfluencé (l/s)	QMNA5 influencé (l/s)	QMNA5 désinfluencé (l/s)	QMNA5 influencé (l/s)	QMNA5 désinfluencé (l/s)
Fouzon amont	28	63	11 (-61%)	58 (-8%)	9 (-68%)	56 (-11%)
Fouzon médian	138	198	109 (-21%)	185 (-7%)	104 (-25%)	178 (-10%)
Pozon	44	45	39 (-11%)	42 (-7%)	37 (-16%)	40 (-11%)
Saint-Martin	33	36	32 (-3%)	34 (-6%)	30 (-9%)	32 (-11%)
Renon	164	200	150 (-9%)	191 (-5%)	146 (-11%)	188 (-6%)
Céphons	74	98	69 (-7%)	92 (-6%)	78 (5%)	99 (1%)
Nahon	173	220	171 (-1%)	217 (-1%)	181 (5%)	227 (3%)
Fouzon aval	482	663	453 (-6%)	720 (9%)	458 (-5%)	715 (8%)

Légende:	Pression anthropique très forte
	Pression anthropique forte
	Pression anthropique moyenne
	Pression anthropique faible

Tableau 39 : Evolution de la durée des périodes de bas débits (<QMNA2) et de très bas débits (<QMNA5) entre l'état actuel (2000-23018) et l'horizon 2030 (2020-2040)
 (nombre de jours et % d'augmentation)

	très bas débits - désinfluencé	très bas débits - influencé	bas débits - désinfluencé	bas débits - influencé
Fouzon amont	-	+2 (+40%)	+1 (+25%)	+1 (+9%)
Fouzon médian	+0 (+0%)	+3 (+60%)	+1 (+11%)	+1 (+8%)
Pozon	+3 (+60%)	+4 (+80%)	+4 (+36%)	+2 (+17%)
Saint-Martin	+2 (+50%)	+3 (+60%)	+4 (+40%)	+4 (+36%)
Renon	+0 (+0%)	+2 (+33%)	+1 (+9%)	+2 (+17%)
Céphons	+1 (+33%)	+1 (+20%)	+1 (+9%)	+2 (+15%)
Nahon	+1 (+50%)	-2 (-29%)	+0 (+0%)	+1 (+8%)
Fouzon aval	+0 (+0%)	+1 (+17%)	-1 (-9%)	-1 (-7%)

Tableau 40 : Evolution de la durée des périodes de bas débits (<QMNA2) et de très bas débits (<QMNA5) entre l'état actuel (2000-23018) et l'horizon 2050 (2040-2060)
 (nombre de jours et % d'augmentation)

	très bas débits - désinfluencé	très bas débits - influencé	bas débits - désinfluencé	bas débits - influencé
Fouzon amont	-	+1 (+20%)	+0 (+0%)	+9 (+82%)
Fouzon médian	+0 (+0%)	+2 (+40%)	-3 (-33%)	+7 (+54%)
Pozon	-2 (-40%)	+3 (+60%)	+5 (+45%)	+9 (+75%)
Saint-Martin	+1 (+25%)	+3 (+60%)	+8 (+80%)	+10 (+91%)
Renon	+0 (+0%)	+1 (+17%)	+0 (+0%)	+8 (+67%)
Céphons	-2 (-67%)	+1 (+20%)	-3 (-27%)	+4 (+31%)
Nahon	-1 (-50%)	-1 (-14%)	-3 (-27%)	+5 (+38%)
Fouzon aval	-1 (-50%)	+0 (+0%)	-4 (-36%)	+4 (+29%)

3 CONCLUSION

Dans le cadre du présent rapport, l'évolution du climat sur le bassin-versant a été appréciée au travers des études existantes s'y rapportant (Explore 2070, ICC Hydroqual), puis à l'aide des données issues du portail DRIAS concernant la modélisation climatique régionalisée « CNRM2014 » (Météo France) du scénario « RCP 4.5 » (scénario intermédiaire, ni optimiste, ni pessimiste).

On constate que :

- ❖ En volume annuel, les précipitations devraient faiblement évoluer, sans que l'on puisse déceler une tendance particulière (hausse ou baisse). En revanche, le nombre de jours de pluie devrait conséquemment diminuer (jusqu'à -20% par rapport à la période actuelle). Ceci présage des événements pluviométriques plus rares ou plus courts, et plus intenses ;
- ❖ Les températures devraient augmenter, de manière spécifiquement marquée durant la période estivale ;
- ❖ L'évapotranspiration potentielle, suivant la tendance de la température, devrait également connaître une augmentation généralisée avec un accent sur la période estivale.

Concernant les débits, l'étude Explore indique une tendance généralisée à la baisse entre la période 1961-1990 et la période 2045-2065. Cette tendance est modérée, mais elle est issue d'une modélisation hydrologique globalisée n'ayant pas été spécifiquement calée sur le bassin-versant.

Toujours au sujet des débits, les projections climatiques⁶, le modèle hydrologique construit pour le volet « hydrologie » de la présente étude et les perspectives d'évolution des usages de l'eau ont été exploités pour évaluer l'évolution des étiages des cours d'eau du bassin versant.

On observe que globalement, les étiages estivaux seront plus sévères et plus longs aux horizons 2030 et 2050 sur l'ensemble du territoire, autant par l'effet du changement climatique que par celui des pressions anthropiques.

L'effet du scénario d'évolution des pressions anthropiques envisagée par les acteurs du territoire se fait peu ressentir, lorsqu'on compare les résultats obtenus à ceux correspondant à une stabilisation des usages à leur niveau actuel.

Concernant le niveau des nappes, l'étude Explore 2070 prévoit une diminution d'environ 30% de la recharge de nappe entre la période 1961-1990 et la période 2045-2065.

Finalement, il convient de rappeler qu'au vu de l'incertitude inhérente aux projections climatiques et aux évolutions d'usages de l'eau, ainsi qu'au vu des corrections de biais réalisées, les valeurs présentées ne doivent en aucun cas être considérées comme des prévisions. Leur objectif est bien d'afficher les tendances générales et d'en analyser les origines. Lorsqu'il s'agit d'évaluer le futur du climat, les climatologues s'appuient toujours sur une approche multi-modèle permettant d'apprécier l'étendue des évolutions possibles associées à un scénario climatique donné. Il convient de garder à l'esprit qu'une telle approche n'a pas pu être mise en œuvre dans le cadre de la présente étude pour des raisons opérationnelles. Ainsi, les résultats présentés constituent une fraction de l'image que l'on pourrait se faire de l'évolution des débits. Cependant, il a pu être établi que les résultats du modèle CNRM2014 seraient plutôt médians, lorsqu'on les compare à ceux des autres modèles de projection climatique. Ce constat permet de consolider l'approche adoptée.

⁶ Modélisation CNRM2014 (Météo France) du scénario RCP 4.5 (scénario intermédiaire, ni optimiste, ni pessimiste)

4 GLOSSAIRE

Les définitions présentées ci-dessous proviennent des sites <http://www.glossaire-eau.fr/glossaire>, <https://www.sandre.eaufrance.fr/>, <http://www.hydro.eaufrance.fr/glossaire.php> et du SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021.

- ❖ **Affluent** : Se dit d'un cours d'eau qui rejoint un autre cours d'eau, généralement plus important, en un lieu appelé confluence ;
- ❖ **Amont** : Partie d'un cours d'eau qui, par rapport à un point donné, se situe entre ce point et sa source ;
- ❖ **Aquifère** : Formation géologique, continue ou discontinue, contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formation poreuses, karstiques ou fissurées) et capable de la restituer naturellement ou par exploitation (drainage, pompage, ...) ;
- ❖ **Assec** : Assèchement temporaire d'un cours d'eau ou d'un tronçon de cours d'eau ou d'un plan d'eau ;
- ❖ **Aval** : Partie d'un cours d'eau qui, par rapport à un point donné, se situe après ce point, dans le sens de l'écoulement de l'eau ;
- ❖ **Banque hydro** (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>) : Service français d'accès à des données hydrologiques fournies par des services de l'Etat (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement - DREAL, Voies navigables de France - VNF) et d'autres producteurs ;
- ❖ **Basses eaux** : Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;
- ❖ **Bassin versant** : Surface d'alimentation d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte des eaux, considérée à partir d'un exutoire : elle est limitée par le contour à l'intérieur duquel toutes les eaux s'écoulent en surface et en souterrain vers cet exutoire. Ses limites sont les lignes de partage des eaux. ;
- ❖ **Calage** (modèle) : ajustement des paramètres d'un modèle ayant pour objectif de représenter au mieux la réalité qu'il a pour but de reproduire ;
- ❖ **Centré-normé** : synonyme de « centré-réduit ». Processus de calcul statistique permettant d'ajuster l'ordre de grandeur et l'amplitude de variation d'une série de données, afin de pouvoir la comparer à une autre qui possède un ordre de grandeur et une variabilité différente ;
- ❖ **Courbe de tarage** : Courbe décrivant la relation expérimentale entre les hauteurs d'eau et les débits correspondants d'un cours d'eau ou d'un canal, établie à partir de mesures de vitesses à travers une section de référence ;
- ❖ **Critère ou coefficient de Nash** : Le coefficient de Nash est un indicateur communément employé pour indiquer le degré d'ajustement du modèle et évaluer la capacité prédictive des modèles hydrologiques.
- ❖ **Débit** : Volume d'eau qui traverse une section transversale d'un cours d'eau dans un laps de temps déterminé. Les débits des cours d'eau sont exprimés en m³/s ou, pour les petits cours d'eau, en l/s ;
- ❖ **Débit biologique** : débit minimum à conserver dans le lit d'un cours d'eau afin de garantir en permanence la vie, la reproduction et la circulation des espèces aquatiques ;
- ❖ **Débit caractéristique d'étiage** : Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;

- ❖ **Débit d'alerte renforcée** : Débit intermédiaire entre le débit seuil d'alerte et le débit d'étiage de crise, permettant d'introduire des mesures de restriction progressives des usages. Ce débit d'alerte renforcée est défini de manière à laisser un délai suffisant avant le passage du seuil de crise, pour la mise en place de mesures effectives ;
- ❖ **Débit Objectif d'Etiage (DOE)** : Les DOE (débits d'objectif d'étiage) sont les débits « permettant de satisfaire l'ensemble des usages en moyenne huit années sur dix et d'atteindre le bon état des eaux ». Le Glossaire sur l'eau apporte les précisions suivantes : Valeur de débit moyen mensuel au point nodal (point clé de gestion) au-dessus de laquelle, il est considéré qu'à l'aval du point nodal, l'ensemble des usages (activités, prélèvements, rejet...) est en équilibre avec le bon fonctionnement du milieu aquatique. C'est un objectif structurel, arrêté dans les SDAGE, SAGE et documents équivalents, qui prend en compte le développement des usages à un certain horizon. Il peut être affecté d'une marge de tolérance et modulé dans l'année en fonction du régime (saisonnalité). L'objectif DOE est atteint par la maîtrise des autorisations de prélèvements en amont, par la mobilisation de ressources nouvelles et des programmes d'économies d'eau portant sur l'amont et aussi par un meilleur fonctionnement de l'hydrosystème ;
- ❖ **Débit seuil d'alerte (DSA)** : Valeur "seuil" de débit d'étiage qui déclenche les premières mesures de restriction pour certaines activités. Ces mesures sont prises à l'initiative de l'autorité préfectorale, en liaison avec une cellule de crise et conformément à un plan de crise. En dessous de ce seuil, l'une des fonctions (ou activités) est compromise. Pour rétablir partiellement cette fonction, il faut donc en limiter temporairement une autre : prélèvement ou rejet (premières mesures de restrictions). En cas d'aggravation de la situation, des mesures de restrictions supplémentaires sont progressivement mises en œuvre pour éviter de descendre en dessous du débit de crise (DCR) ;
- ❖ **Débit de crise (DCR)** : Le DCR (débit de crise) est le débit moyen journalier en dessous duquel seules les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité publique et de l'alimentation en eau de la population et les besoins des milieux naturels peuvent être satisfaits. À ce niveau, toutes les mesures de restriction des prélèvements et des rejets doivent donc avoir été mises en œuvre ;
- ❖ **Débit mensuel quinquennal sec** : Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;
- ❖ **Débit spécifique** : Débit par unité de superficie de bassin versant exprimé généralement en litres/seconde/km². Permet la comparaison entre des cours d'eau sur des bassins versants différents ;
- ❖ **Désinfluencée (hydrologie)** : L'hydrologie désinfluencée englobe l'ensemble des processus hydrologiques qui auraient lieu en l'absence d'actions anthropiques de prélèvements et de rejets d'eau dans le milieu naturel ;
- ❖ **Etiage** : Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;
- ❖ **Evapotranspiration** : Emission de la vapeur d'eau résultant de deux phénomènes : l'évaporation, qui est un phénomène purement physique, et la transpiration des plantes. La recharge des nappes phréatiques par les précipitations tombant en période d'activité du couvert végétal peut être limitée. En effet, la majorité de l'eau est évapotranspirée par la végétation. Elle englobe la perte en eau due au climat, les pertes provenant de l'évaporation du sol et de la transpiration des plantes ;
- ❖ **Exutoire** : En hydrologie on utilise ce terme pour désigner l'issue (ou l'une des issues) d'un système physique (élémentaire ou complexe) traversé par un fluide en mouvement ;
- ❖ **Hautes eaux** : La période des hautes eaux correspond (dans le cadre de la présente étude) à la période où le débit du cours d'eau est supérieur à son module ;

Analyse HMUC et propositions d'actions pour une gestion équilibrée et durable des ressources en eau sur le bassin du Fouzon dans le cadre du SAGE Cher aval

- ❖ **Influencée (hydrologie)** : L'hydrologie influencée englobe l'ensemble des processus hydrologiques qui ont lieu en présence d'actions anthropiques de prélèvements et de rejets d'eau dans le milieu naturel. Il s'agit des processus hydrologiques ayant réellement lieu ;
- ❖ **Interpolation linéaire** : L'interpolation linéaire est la méthode la plus simple pour estimer la valeur prise par une fonction continue entre deux points déterminés
- ❖ **Isohyète** : Une isohyète est, sur une carte météorologique, une ligne reliant des points d'égale quantité de précipitations tombées en une période déterminée ;
- ❖ **Masse d'eau souterraine** : La Directive Cadre sur l'Eau (DCE-2000/60/CE) introduit la notion de « masses d'eaux souterraines » qu'elle définit comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères ». La délimitation des masses d'eaux souterraines est fondée sur des critères hydrogéologiques, puis éventuellement sur la considération de pressions anthropiques importantes. Ces masses d'eau sont caractérisées par six types de fonctionnement hydraulique, leur état (libre/captif) et d'autres attributs. Une masse d'eau correspond d'une façon générale sur le district hydrographique à une zone d'extension régionale représentant un aquifère ou regroupant plusieurs aquifères en communication hydraulique, de taille importante ;
- ❖ **Masse d'eau superficielle** : Il s'agit d'un découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE-2000/60/CE). Une masse d'eau de surface est une partie distincte et significative des eaux de surface, telles qu'un lac, un réservoir, une rivière, un fleuve ou un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, une eau de transition ou une portion d'eaux côtières. Pour les cours d'eau, la délimitation des masses d'eau est basée principalement sur la taille du cours d'eau et la notion d'hydro-écorégion ;
- ❖ **Modèle hydrologique (ou pluie/débit)** : Outil numérique de représentation de la relation pluie-débit à l'échelle d'un bassin versant. Il permet de transformer des séries temporelles décrivant le climat d'un bassin versant donné (séries de précipitations et de températures par exemple, séries qui sont les entrées du modèle hydrologique) en une série de débits (sortie du modèle hydrologique) ;
- ❖ **Module** : Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;
- ❖ **NAM** : Le modèle NAM est un modèle conceptuel, global et déterministe à réservoir prenant en compte le stockage d'eau dans le sol et intégré au logiciel MIKE Hydro Basin ;
- ❖ **Nappe souterraine** : Ensemble de l'eau contenue dans une fraction perméable de la croûte terrestre totalement imbibée, conséquence de l'infiltration de l'eau dans les moindres interstices du sous-sol et de son accumulation au-dessus d'une couche imperméable ;
- ❖ **Nappe captive** : Volume d'eau souterraine généralement à une pression supérieure à la pression atmosphérique car isolée de la surface du sol par une formation géologique imperméable. Une nappe peut présenter une partie libre et une partie captive. Les nappes captives sont souvent profondes, voire très profondes (1000 m et plus) ;
- ❖ **Nappe libre** : Volume d'eau souterraine dont la surface est libre, c'est-à-dire à la pression atmosphérique. La surface d'une nappe libre fluctue donc sans contrainte. Ces nappes sont souvent peu profondes ;
- ❖ **Nappe d'accompagnement** : Nappe d'eau souterraine voisine d'un cours d'eau dont les propriétés hydrauliques sont très liées à celles du cours d'eau. L'exploitation d'une telle nappe induit une diminution du débit d'étiage du cours d'eau, soit parce que la nappe apporte moins d'eau au cours d'eau, soit parce que le cours d'eau se met à alimenter la nappe ;

- ❖ **Overfitting** : En statistique, le sur-apprentissage, ou sur-ajustement, ou encore surinterprétation (en anglais « overfitting »), est une analyse statistique qui correspond trop précisément à une collection particulière d'un ensemble de données. Ainsi, cette analyse peut ne pas correspondre à des données supplémentaires ou ne pas prévoir de manière fiable les observations futures ;
- ❖ **Piézométrie** : Hauteur du niveau d'eau dans le sol. Elle est exprimée soit par rapport au sol en m, soit par rapport à l'altitude zéro du niveau de la mer en m NGF (Nivellement Général Français). La surface de la nappe correspond au niveau piézométrique ;
- ❖ **Polygones de Thiessen** (ou diagramme de Voronoï) : En mathématiques, un diagramme de Voronoï est un pavage du plan en cellules à partir d'un ensemble discret de points appelés « germes ». Chaque cellule enferme un seul germe, et forme l'ensemble des points du plan plus proches de ce germe que d'aucun autre ;
- ❖ **QMNA** : Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;
- ❖ **QMNA5** : Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;
- ❖ **Recharge de nappe ou d'aquifère** : La réalimentation des aquifères ou infiltration résulte naturellement d'un processus hydrologique par lequel les eaux de surface percolent à travers le sol et s'accumulent sur le premier horizon imperméable rencontré ;
- ❖ **Socle** : Les domaines de « socle » en géologie concernent les régions constituées d'un ensemble rocheux induré, composé de roches cristallines, plutoniques (granite, roches basiques...) et de celles résultant du métamorphisme de roches sédimentaires (gneiss, schistes, micaschistes...) ;
- ❖ **Station hydrologique ou hydrométrique** : Une station hydrologique, également appelée station hydrométrique, sert à l'observation d'un ou de plusieurs éléments déterminés en vue de l'étude de phénomènes hydrologiques. Dans le cadre de la présente étude, l'élément concerné est le débit ;
- ❖ **Station limnimétrique** : Un limnimètre ou station limnimétrique est un équipement qui permet l'enregistrement et la transmission de la mesure de la hauteur d'eau (en un point donné) dans un cours d'eau. Les hauteurs sont souvent exprimées soit en mètres, soit en centimètres ;
- ❖ **Stationnarité** : Une des grandes questions dans l'étude de séries temporelles (ou chronologiques) est de savoir si celles-ci suivent un processus stationnaire. On entend par là le fait que la structure du processus sous-jacent supposé évolue ou non avec le temps. Si la structure reste la même, le processus est dit alors stationnaire ;
- ❖ **Surévaporation** : La surévaporation désigne la portion de la quantité d'eau évaporée par un plan d'eau artificiel qui n'aurait pas été évaporée si ce plan d'eau n'existait pas ;
- ❖ **Tension de vapeur** : La pression de vapeur saturante est la pression à laquelle la phase gazeuse d'une substance est en équilibre avec sa phase liquide ou solide à une température donnée dans un système fermé ;
- ❖ **Unité de gestion** : Dans le cadre de cette étude, une unité de gestion désigne une zone géographique dont les délimitations sont hydrologiquement cohérentes, au sein de laquelle des caractéristiques spécifiques ont été identifiées, du point de vue de l'hydrologie, des milieux, des usages et du climat ;
- ❖ **Validation (modèle)** : Processus par lequel on s'assure que le modèle représente bien la réalité. En général, ceci se fait en exploitant le modèle sur une situation distincte de celle qui a servi au calage de ce dernier ;
- ❖ **VCNd** : Cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;

- ❖ **Volume prélevable** : le volume prélevable est le volume que le milieu est capable de fournir dans des conditions écologiques satisfaisantes, pour satisfaire tous les usages ;
- ❖ **Zone de répartition des eaux** : Zone comprenant les bassins, sous-bassins, fractions de sous-bassins hydrographiques et systèmes aquifères définis dans le décret du 29 avril 1994. Les zones de répartition des eaux (ZRE) sont des zones où est constatée une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins. Elles sont définies afin de faciliter la conciliation des intérêts des différents utilisateurs de l'eau. Les seuils d'autorisation et de déclaration du décret nomenclature y sont plus contraignants. Dans chaque département concerné, la liste de communes incluses dans une zone de répartition des eaux est constatée par arrêté préfectoral.

5 ANNEXES

5.1 Annexe 1 : Scénarios climatiques du GIEC

5.1.1 Scénarios SRES

Jusqu’à récemment, les études réalisées sur l’évolution du climat s’appuyaient largement sur l’état de connaissance réalisé en 2007 (désigné par l’acronyme **AR4** pour « **fourth assessment report** »).

Lors de cet état de connaissance, la stratégie suivie était séquentielle. Le point de départ était une synthèse des travaux de modélisation économique qui conduisit à définir un **ensemble de scénarios d’évolution possible de nos sociétés et modes de vie**, prenant en compte des choix en matière d’énergie et de rapports à la mondialisation : développements démographiques et économiques futurs, régionalisation, production et utilisation d’énergie, technologie, agriculture, gestion forestière et occupation du sol. Ces scénarios, appelés **SRES** (du nom du rapport spécial publié en 2000 pour les présenter, **Special Report on Emissions Scenarios**) proposaient plusieurs évolutions (cf. Figure 44) :

- ❖ **Scénario A1** : Réduction des inégalités Nord-Sud avec un développement économique sur le schéma actuel. La famille de scénarios A1 se scinde **en trois groupes** qui décrivent des directions possibles de l’évolution technologique dans le système énergétique. Les trois groupes A1 se distinguent par leur accent technologique :
 - Forte intensité de combustibles fossiles (**A1FI**),
 - Sources d’énergie autres que fossiles (**A1T**),
 - Equilibre entre les sources (**A1B**)
- ❖ **Scénario B1** : Réduction des inégalités Nord-Sud avec un développement soucieux de l’environnement et du développement durable.
- ❖ **Scénario A2** : Développement hétérogène avec un développement économique sur le schéma actuel.
- ❖ **Scénario B2** : Développement hétérogène avec un développement soucieux de l’environnement et du développement durable.

Scénario	Population	Economie	Environ.	Equité	Technologie	Mondial.
A1FI						
A1B						
A1T						
B1						
A2						
B2						

Figure 44 : Scénarios SRES - Principales hypothèses prises pour les différents scénarios (Source : Portail DRIAS)

Ces scénarios se traduisaient ensuite en termes **d'émission de gaz à effet de serre**. Ces évolutions d'émissions de GES étaient alors utilisées par les climatologues comme données d'entrée des modèles de projections climatiques. Enfin, les projections climatiques alimentent les modèles d'impact (sur l'hydrosystème, les écosystèmes, la socio-économie...).

5.1.2 Scénarios RCP

Depuis l'AR4, les déterminants socio-économiques tels que l'économie, les technologies, les politiques publiques, et la connaissance du système climatique ont évolué.

Le GIEC a décidé de définir des **nouveaux scénarios** pour mieux prendre en compte ce nouveau contexte et permettre aux économistes et aux climatologues de ne plus travailler de manière séquentielle mais parallèle. Il s'agit de **quatre scénarii de trajectoire de forçage radiatif** dits « **RCP** » (Representative Concentration Pathways).

En comparaison avec les SRES, Les scénarios RCP présentent les caractéristiques principales suivantes :

- ❖ Ils ne sont pas nécessairement plus capables de représenter les développements futurs que les scénarios SRES (en raison des très fortes incertitudes liées à ces derniers), mais permettent une meilleure prise en compte des informations disponibles à ce jour ;
- ❖ Contrairement aux scénarios SRES, ils ne sont pas basés sur des pronostics socio-économiques. Les RCP peuvent ainsi représenter toute une gamme de politiques climatiques pour le XXI^e siècle ;
- ❖ Ils intègrent une meilleure prise en compte des gaz à effet de serre de courte durée de vie et des changements de l'occupation du territoire, des évolutions démographiques, du développement des pays émergents et des politiques climatiques envisageables ;
- ❖ Ils n'ont pas été définis par le GIEC lui-même, mais lui ont été soumis par la communauté scientifique internationale Enfin, contrairement aux scénarios SRES, ces nouveaux scénarios ne sont pas définis par le GIEC lui-même, mais ont été établis par la communauté scientifique pour répondre aux besoins du GIEC.

Ces scénarii sont détaillés ci-dessous :

- ❖ RCP2.6 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO₂ afin de limiter le réchauffement planétaire à 2°C en 2100. Il exige que l'on investisse dans l'atténuation sans tarder et que l'on adopte des techniques à émissions négatives plus tard au cours du présent siècle (pic puis déclin) ;
- ❖ RCP4.5 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO₂ avant 2100 (stabilisation sans dépassement) ;
- ❖ RCP6.0 : correspond à un scénario avec une politique climatique visant à stabiliser les concentrations en CO₂ après 2100 (stabilisation sans dépassement) ;
- ❖ RCP8.5 : Scénario sans politique climatique (concentration en CO₂ croissante).

Analyse HMUC et propositions d'actions pour une gestion équilibrée et durable des ressources en eau sur le bassin du Fouzou dans le cadre du SAGE Cher aval

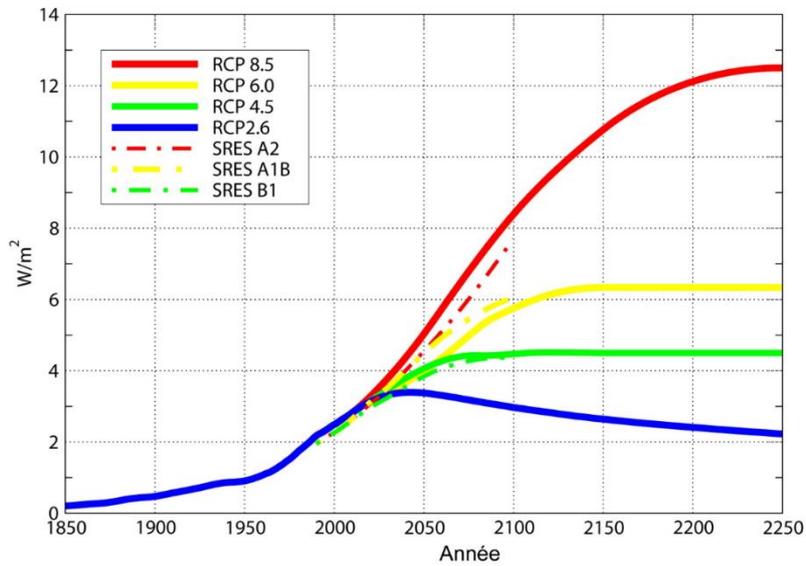


Figure 45 : Comparaison des évolutions du forçage radiatif associé aux différents scénarios climatiques

5.2 Annexe 2 : Explore 2070 – Fiches station du Fouzon à la station de Meusnes et à la station de Selles-sur-Cher

Analyse HMUC et propositions d'actions pour une gestion équilibrée et durable des ressources en eau sur le bassin du Fouzon dans le cadre du SAGE Cher aval



ORDRE DE GRANDEUR DES DÉBITS FUTURS POSSIBLES À L'HORIZON 2050-2070 SOUS SCÉNARIO A1B D'ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Avertissement : ces résultats comportent de très nombreuses incertitudes. Ils sont donnés à titre indicatif. Il ne s'agit pas de prévisions mais d'indications d'évolutions possibles. Une note d'accompagnement contient des indications de lecture et d'interprétation de la fiche. Elle détaille de plus la méthodologie utilisée ainsi que les limites de l'exercice.

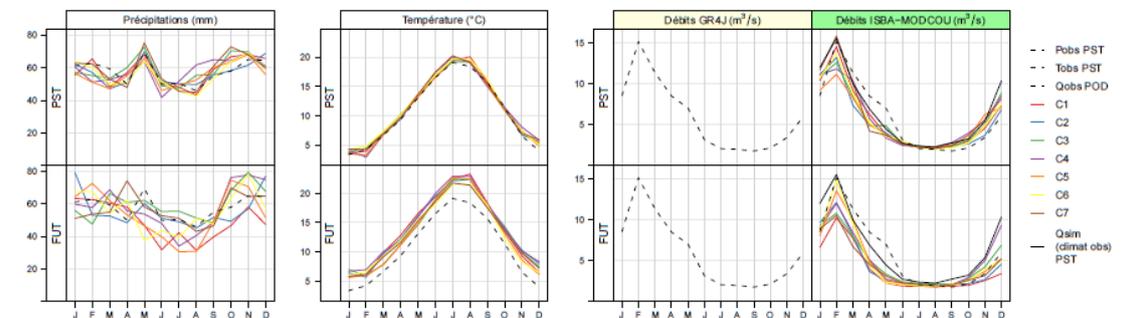
Nom **Le Fouzon à Meusnes [Le gué de Meusnes]**
 Identifiant **Explore2070**
 Code Banque Hydro **K6593010**
 Surface du bassin versant **1009 km²**
 Période d'observation des débits **POD : 1970-1990**
 Période de simulation temps présent **PST : 1961-1990**
 Période de simulation temps futur **FUT : 2046-2065**
 Modèles hydrologiques utilisés **GR4J ISBA-MODCOU**

Les évolutions climatiques et hydrologiques sont calculées entre des simulations de référence en climat présent (1961-1990) et des simulations en climat futur (2046-2065) à partir de 7 modèles climatiques (C1 à C7). Les résultats sont présentés sous forme de Δ entre présent et futur : (FUT-PST) pour T, (FUT-PST)/PST pour P, ETP et Q. Δ minimum, Δ médian et Δ maximum sont calculés sur les 7 modèles climatiques. Selon les stations, un ou deux modèles hydrologiques ont été utilisés.



CLIMAT													
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
Precipitations obs PST (mm)	61	63	99	50	69	50	50	46	55	58	65	64	691
min (%)	-19	-14	+4	-5	-41	-37	-38	-41	-33	-30	-15	-28	-15
Δ med (%)	+5	-4	+24	+1	-23	-1	-12	-9	-18	-3	+4	+8	-1
max (%)	+27	+42	+32	+55	-14	+15	+17	+20	-7	+18	+14	+23	+2
Température obs PST (°C)	3,4	4,3	6,7	9,4	13,1	16,5	19,1	18,4	15,7	11,4	6,6	4,0	10,7
min (°C)	+1,5	+1,4	+0,7	+1,0	+1,3	+1,1	+1,5	+1,9	+1,6	+1,3	+1,0	+0,8	+1,6
Δ med (°C)	+2,3	+2,0	+2,2	+1,9	+1,8	+2,3	+2,9	+3,1	+2,6	+2,5	+2,0	+1,6	+2,3
max (°C)	+3,1	+4,0	+3,2	+3,0	+2,8	+2,8	+3,1	+3,8	+3,0	+3,1	+3,6	+2,5	+2,8
Évapotransp. potentielle obs PST (mm)	16	22	30	59	77	97	119	99	67	39	20	15	699
min (%)	+9	+11	+4	+6	+15	+8	+11	+9	+18	+27	+13	+14	+15
Δ med (%)	+17	+14	+28	+15	+21	+15	+21	+25	+34	+49	+43	+29	+24
max (%)	+45	+60	+39	+34	+31	+26	+29	+39	+45	+59	+58	+58	+33

DÉBITS													
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
Qobs POD (m ³ /s)	8,56	15,2	11,4	8,52	7,04	3,17	2,08	1,99	1,79	2,16	3,43	6,03	5,91
Qsim (climat obs) POD (m ³ /s)	10,1	17,8	10,7	8,05	5,28	2,95	2,5	2,18	2,38	3,16	5,35	8,67	6,56
min (%)	-36	-33	-33	-36	-40	-34	-17	-18	-27	-32	-43	-53	-32
Δ med (%)	-19	-8	-6	-11	-31	-14	-15	-7	-16	-22	-27	-33	-12
max (%)	-13	+22	+21	+8	-15	-7	+1	-2	-3	-7	-9	+10	-9
Qobs POD (m ³ /s)	2,51	4,76	3,65	2,93	2,31	1,76	0,837	0,548	0,572	0,908	1,1	1,95	2,64
Qsim (climat obs) POD (m ³ /s)	4,03	6,54	4,35	2,92	2,53	2,17	1,95	1,88	1,86	2,03	2,28	2,93	3,82
min (%)	-42	-50	-24	-18	-21	-12	-11	-14	-14	-24	-23	-48	-36
Δ med (%)	-16	-22	-10	+2	-13	-1	-3	-8	-7	-2	-5	-22	-19
max (%)	+9	+35	+34	+13	+5	+13	+1	-1	-6	+9	+10	+11	+1



PERFORMANCE DES MODÈLES HYDROLOGIQUES sur la période POD						
NSEQ	NSEInQ	NSEIQ	R-QA	R-VCN30-2	R-QMNA5	R-QJKA10
---	0,80	---	0,78	---	0,50	---
---	---	---	1,11	---	2,24	---
---	---	---	---	---	3,68	---
---	---	---	---	---	---	0,74

ÉTIAGES			
	VCN10	VCN30	QMNA
Qobs POD (m ³ /s)	0,734	0,825	0,922
Qsim (climat obs) POD (m ³ /s)	1,75	1,85	1,94
min (%)	-6	-8	-9
Δ med (%)	-2	-6	-7
max (%)	-0	-3	-4
Qobs POD (m ³ /s)	0,409	0,448	0,484
Qsim (climat obs) POD (m ³ /s)	1,7	1,77	1,78
min (%)	-6	-8	-9
Δ med (%)	-2	-3	-4
max (%)	-0	-1	-2
Qobs POD (m ³ /s)	0,302	0,325	0,345
Qsim (climat obs) POD (m ³ /s)	1,67	1,72	1,71
min (%)	-7	-9	-10
Δ med (%)	-2	-2	-3
max (%)	+2	+3	+1

FORTES PRECIPITATIONS			
	PJJA2	PJJA10	PJJA20
P PST (mm)	27	40	44
min (%)	-10	-6	-17
Δ med (%)	-2	-6	-6
max (%)	+6	+5	+7

CRUES			
	QJKA2	QJKA10	QJKA20
Qobs POD (m ³ /s)	45	96	115
Qsim (climat obs) POD (m ³ /s)	39	70	82
min (%)	-33	-31	-30
Δ med (%)	-6	-4	-3
max (%)	+14	+21	+23

OCCURENCE DES ÉTIAGES	
Qobs POD	sept.
Qsim (climat obs) POD	+
min (jours)	+0
Δ med (jours)	+13
max (jours)	+24

DÉBITS CLASSÉS		
	Q95	Q10
Qobs POD (m ³ /s)	0,57	13
Qsim (climat obs) POD (m ³ /s)	1,73	17
min (%)	-8	-43
Δ med (%)	-2	-21
max (%)	+2	-8

OCCURENCE DES CRUES	
Qobs POD	févr.
Qsim (climat obs) POD	+
min (jours)	-14
Δ med (jours)	+2
max (jours)	+25

5.3 Annexe 3 : Méthode de calcul de l'ETP selon la formule de Oudin et al.

Source : Inrae

L'évaluation de 27 formulations d'évapotranspiration potentielle (ETP) pour des applications de modélisation pluie-débit (Oudin, 2004; Oudin et al., 2005) a conduit à la mise au point d'une formule d'ETP simple et efficace permettant d'obtenir de meilleurs résultats que l'ensemble des formulations testées, en termes de restitution des débits.

La formulation est détaillée par Oudin et al. (2005). Elle utilise comme seule donnée d'entrée la température. Elle utilise également le calcul de la radiation extraterrestre détaillée par Morton (1983).

Des fichiers d'utilisation de la formule peuvent être téléchargés à l'adresse suivante :

<https://webgr.inrae.fr/modeles/modele-devapotranspiration/>