

# **Le changement climatique et ses effets sur les ressources en eau à l'échelle de l'EPAGE Doubs Dessoubre et de l'intégralité du sous-bassin versant du Doubs Médian en vue d'une stratégie d'adaptation**

Etude prospective

## **RAPPORT DE PHASE 1**

EPAGE Doubs Dessoubre



# Le changement climatique et ses effets sur les ressources en eau à l'échelle de l'EPAGE Doubs Dessoubre et de l'intégralité du sous-bassin versant du Doubs Médian en vue d'une stratégie d'adaptation

## Etude prospective

EPAGE Doubs Dessoubre

### Rapport de phase 1

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
0	Rapport de phase 1 – DOCUMENT PROVISoire	VFN / RVX	RVX / CTI	Août 2024
1	Rapport de phase 1 – intégration des éléments prospectifs	VFN / RVX	RVX / CTI	Janvier 2025
2	Rapport de phase 1 – intégration des retours de l'EPAGE	VFN / RVX	CTI	Février 2025
3	Rapport de phase 1 – intégration des retours de l'EPTB	VFN / RVX	RVX	Mars 2025

ARTELIA EAMO – Activité EAU  
16 rue Simone Veil – 93400 Saint-Ouen-sur-Seine

#### Rapport de phase 1

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES EFFETS SUR LES RESSOURCES EN EAU A L'ECHELLE DE L'EPAGE DOUBS DESSOUBRE ET DE L'INTEGRALITE DU SOUS-BASSIN VERSANT DU DOUBS MEDIAN EN VUE D'UNE STRATEGIE D'ADAPTATION

# SOMMAIRE

<b>A.</b>	<b>DESCRIPTION DU TERRITOIRE .....</b>	<b>12</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>13</b>
<b>2.</b>	<b>CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE .....</b>	<b>14</b>
<b>3.</b>	<b>CONTEXTE CLIMATIQUE .....</b>	<b>16</b>
<b>4.</b>	<b>CONTEXTE HYDROLOGIQUE.....</b>	<b>18</b>
4.1.	Bassin versant du Doubs Franco-Suisse et du Doubs Médian ...	18
4.2.	Bassin versant du Dessoubre .....	21
4.3.	Bassin versant du Cusancin.....	22
4.4.	Descriptions des principales stations hydrométriques .....	24
4.5.	Analyse retrospective des débits du Doubs, du Dessoubre et du Cusancin .....	25
4.6.	Influence des éclusées sur le fonctionnement hydrologique....	28
<b>5.</b>	<b>CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE .....</b>	<b>32</b>
5.1.	Géologie.....	32
5.2.	Pertes et résurgences karstiques .....	34
5.3.	Nappe alluviale du Doubs.....	36
5.4.	Ressources karstiques majeures .....	38
<b>6.</b>	<b>USAGES ET MILIEUX .....</b>	<b>41</b>
6.1.	Sous-bassins versants tracés pour la zone d'étude .....	41
6.2.	Prélèvements en eau sur le secteur d'étude .....	42
6.2.1.	Consommation domestique.....	48
6.2.1.1.	Situation actuelle .....	48
6.2.1.2.	Evolution tendancielle.....	51
6.2.2.	Tourisme.....	56
6.2.3.	Agricole.....	58
6.2.3.1.	Situation actuelle .....	59
6.2.3.2.	Evolution tendancielle.....	61
6.2.4.	Industrie .....	62

6.2.4.1.	Situation actuelle .....	62
6.2.4.2.	Evolution tendancielle.....	63
6.2.5.	Rejets.....	63
6.2.6.	Bilan des prélèvements et des consommations par sous-bassins versants	64
6.3.	<b>Hydroélectricité.....</b>	<b>66</b>
6.4.	<b>Pratiques de loisir.....</b>	<b>68</b>
6.5.	<b>Milieu.....</b>	<b>69</b>
6.5.1.	<b>Qualité des eaux superficielles .....</b>	<b>69</b>
6.5.1.1.	Le Doubs .....	70
6.5.1.2.	Le Dessoubre.....	72
6.5.1.3.	Le Cusancin .....	73
6.5.2.	<b>Qualité des eaux souterraines .....</b>	<b>74</b>
6.5.3.	<b>Thermie de l'eau .....</b>	<b>75</b>
6.5.4.	<b>Zones Natura 2000 .....</b>	<b>86</b>
6.5.5.	<b>Zones humides .....</b>	<b>87</b>
6.5.6.	<b>Occupation des sols.....</b>	<b>89</b>
<b>B.</b>	<b>IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA</b>	
	<b>RESSOURCE EN EAU .....</b>	<b>91</b>
<b>7.</b>	<b>EVOLUTION DU CLIMAT .....</b>	<b>92</b>
7.0.	Méthode d'évaluation du changement climatique .....	92
7.1.	Tendances sur les variables hydro-climatiques sur la période 1970-2018 .....	93
7.2.	Evolution récente et future des températures .....	94
7.3.	Evolution récente et future de l'évapo-transpiration.....	96
7.4.	Evolution récente et future des pluies .....	97
<b>8.</b>	<b>IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESSOURCE</b>	
	<b>EN EAU .....</b>	<b>100</b>
8.1.	Construction et calage de l'outil de modélisation .....	100
8.1.1.	Principe de la modélisation .....	100
8.1.2.	Construction des modèles .....	101
8.1.3.	Calage du modèle.....	105

8.2.	Simulations de l'évolution de la ressource en eau sous changement climatique .....	116
8.2.1.	Scénarios climatiques Aladin et IPSL avec usages statu quo.....	117
8.2.2.	Situation sans prélèvements.....	124
8.2.3.	Usages prospectifs .....	129
<b>9.</b>	<b>IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE MILIEU ...</b>	<b>133</b>
9.1.	Qualité chimique, écologique, thermique et sanitaire de l'eau .....	133
9.1.1.	Thermie de l'eau .....	133
9.1.2.	Impact du changement climatique sur la thermie de l'eau vis-à-vis de l'alimentation en eau potable.....	144
9.1.3.	Qualité de l'eau .....	145
9.2.	Biotope des écosystèmes aquatiques et humides.....	146
9.2.1.	Ecosystèmes aquatiques.....	146
9.2.1.1.	Evolutions tendanciennes des débits.....	146
9.2.1.2.	Focus sur l'effet de l'élévation de la température de l'eau sur les espèces aquatiques ...	147
9.2.2.	Espèces invasives .....	150
9.2.3.	Zones humides .....	151
9.2.4.	Agriculture et changement climatique .....	151
9.3.	Ecosystèmes forestiers locaux .....	152
9.4.	Evolution des risques.....	153
<b>10.</b>	<b>IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES USAGES</b>	<b>154</b>
10.1.	Impact sur l'usage eau potable .....	154
10.1.1.	Adéquation ressource-besoins usages prospectifs (hypothèse basse).....	154
10.1.2.	Adéquation ressource-besoins usages prospectifs (hypothèse haute) ...	156
10.1.3.	Conclusions .....	158
10.2.	Impacts sur les usages hors prélèvements .....	158
10.2.1.	Impact sur les activités aquatiques .....	158
10.2.2.	Impact sur la baignade .....	159
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>160</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>161</b>
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>164</b>

A - Présentation des stations hydrométriques .....	164
B - Compte-rendus des entretiens et des ateliers -SEPIA Conseil.....	164
<b>ANNEXE A PRÉSENTATION DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES</b>	
<b>165</b>	
<b>ANNEXE B COMPTE RENDUS DES ENTRETIENS ET DES ATELIERS –</b>	
<b>SEPIA CONSEIL .....</b>	<b>179</b>

## TABLEAUX

Tableau 1 : Débits caractéristiques des cours d'eau du secteur d'étude (Source : Banque Hydro – date de consultation : avril 2024) .....	19
Tableau 2 : Débits caractéristiques du Dessoubre (Source : Banque Hydro – date de consultation : avril 2024) .....	22
Tableau 3 : Débits caractéristiques du Cusancin (Source : Banque Hydro – date de consultation : avril 2024) .....	23
Tableau 4 : Ressources karstiques au sein du territoire d'étude .....	40
Tableau 5 : Récapitulatif des volumes consommés, prélevés, importés, exportés et rejetés par sous-bassin versant, en m <sup>3</sup> /an.....	43
Tableau 6 : Consommation théorique de l'usage domestique pour les sous-bassins versants de l'EPAGE, situation actuelle, calculs ARTELIA. ....	48
Tableau 7 : Synthèses des principales difficultés recensées par l'ARS en 2018.....	51
Tableau 8 : Consommation théorique de l'usage domestique pour les sous-bassins versants du territoire, situation 2050. ....	56
Tableau 9 : Consommation théorique de l'usage agricole pour les sous-bassins versants du secteur d'étude, situation actuelle, calculs ARTELIA. ....	61
Tableau 10 : Projection climatique issue du portail DRIAS pour le modèle climatique CNRM-ALADIN et le scénario climatique RCP 4.5, pour les alentours de Damprichard. ....	61
Tableau 11 : Prélèvements industriels (hors AEP) sur le territoire d'étude entre 2012 et 2021 (Source : BNPE) .....	62
Tableau 12 : Débit des STEP par sous-bassin versant .....	64
Tableau 13 : Recensement des installations d'assainissement non collectif sur le territoire du Doubs Dessoubre (données issues des SDA achevés au 1 <sup>er</sup> janvier 2024) .....	64
Tableau 14 : Récapitulatif des volumes produits, consommés, importés et exportés par sous-bassin versant (données en m <sup>3</sup> /an).....	65
Tableau 15 : Puissance et productible annuel des barrages EDF du Doubs Médian (Contrat de rivière, EPTB Saône et Doubs [17] et Base de données Patrimoine BFC).....	66
Tableau 16 : Indicateur de calage (KGE) pour la période de calage et de contrôle. ....	116
Tableau 17 : Influence du changement climatique sur les débits moyens à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique Aladin et IPSL, par rapport à la situation de référence (1975-2005), pour des usages constants.....	118
Tableau 18 : Evolution des VCN3 sur le territoire pour la simulation avec stabilité des usages (statu quo) .....	124
Tableau 19 : Influence des usages actuels sur le QMNA5 (en m <sup>3</sup> /s) à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique ALADIN par rapport à la situation statu quo.....	125
Tableau 20 : Influence des usages actuels sur le QMNA5 (en m <sup>3</sup> /s) à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique IPSL par rapport à la situation statu quo .....	125
Tableau 21 : Influence de l'évolution du territoire sur les débits d'étiage QMNA5 (en m <sup>3</sup> /s) à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique ALADIN par rapport à la situation statu quo .....	130

Tableau 22 : Influence de l'évolution du territoire sur les débits d'étiage QMNA5 (en m3/s) à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique IPSL par rapport à la situation statu quo.....	130
Tableau 23 : Paramètres issus du calage du modèle thermique.....	134
Tableau 24 : Conditions de développement d'une population de truite commune en fonction de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds (Fédération Pêche Allier, 2021) .....	148
Tableau 25 : Nombre d'apparition d'une sécheresse similaire ou plus sévère que 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le scénario Aladin, pour un usage prospectif hypothèse basse (VCN3) .....	154
Tableau 26 : Nombre d'apparition d'une sécheresse similaire ou plus sévère que 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le scénario IPSL, pour un usage prospectif hypothèse basse (VNC3).....	155
Tableau 27 : Sévérité de la plus forte sécheresse par rapport à celle de 2018 pour les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique ALADIN, pour un usage prospectif avec hypothèse basse (50% correspond à un débit 2 fois plus faible qu'en 2018) .....	155
Tableau 28 : Sévérité de la plus forte sécheresse par rapport à celle de 2018 pour les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique IPSL, pour un usage prospectif avec hypothèse basse (50% correspond à un débit 2 fois plus faible qu'en 2018) .....	156
Tableau 29 : Nombre d'apparitions d'une sécheresse similaire ou plus sévère que 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique ALADIN, pour un usage prospectif hypothèse haute .....	156
Tableau 30 : Nombre d'apparitions d'une sécheresse similaire ou plus sévère que 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique IPSL, pour un usage prospectif hypothèse haute ....	157
Tableau 31 : Sévérité de la plus forte sécheresse par rapport à celle de 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique ALADIN, pour un usage prospectif hypothèse haute (50% correspond à un débit 2 fois plus faible que 2018) .....	157
Tableau 32 : Sévérité de la plus forte sécheresse par rapport à celle de 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique IPSL, pour un usage prospectif hypothèse haute (50% correspond à un débit 2 fois plus faible que 2018).....	157

## FIGURES

Figure 1 : Topographie du secteur étudié .....	14
Figure 2 : Géographie du bassin versant du Doubs (d'après (Université de Franche Comté 2016) .....	15
Figure 3 : Pluviométrie moyenne (mm) 1976-2005 (données DRIAS).....	16
Figure 4 : Climat moyen mensuel (1981-2023) à Fahy-Boncourt (Suisse) (Source : Infoclimat).....	17
Figure 5 : Principaux cours d'eau du territoire EPAGE Doubs Dessoubre (Source : Contrat de territoire 2022-2024 [1]) .....	18
Figure 6 : Localisation du Lac de Moron et du barrage du Châtelot.....	19
Figure 7 : Evolution des VCN sur les stations du Doubs (entre 1980 et 2022) .....	20
Figure 8 : Régime hydrologique du Doubs moyen (Source : Contrat de rivière, [17]) .....	20
Figure 9 : Proportion des types d'écoulement en période d'étiage sur l'ensemble des cours d'eau du bassin versant du Doubs médian (Source : Contrat de rivière [17]) .....	21
Figure 10 : Evolution des VCN sur la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte .....	22
Figure 11 : Evolution des VCN sur la station du Cusancin à Baume-les-Dames .....	23
Figure 12 : Débits moyens mensuels sur le Cusancin à Baume-les-Dames (Source : SCOT du Doubs Central, 2020) .....	24
Figure 13 : Proportion des types d'écoulement en période d'étiage sur les cours d'eau du bassin versant du Cusancin (Source : Contrat de rivière [17]) .....	24
Figure 14 : Carte des stations et des années où les trois VCN <sub>10</sub> les plus bas ont été enregistrés (Source : EPTB, 2022, [18]) .....	26
Figure 15 : Typologie de l'évolution des VCN <sub>10</sub> des stations du territoire d'étude (Source : EPTB, 2023,[19]) .....	27
Figure 16 : Test statistique réalisé sur la recharge à Baume-les-Dames (Source : EPTB, 2022) .....	27
Figure 17 : Situation géographique des aménagements hydroélectriques (vert) sur le Doubs médian et des stations hydrométriques (bleu) (Source : AFB, 2019, [29]).....	28
Figure 18 : Caractéristiques des 8 principaux aménagements hydroélectriques du Doubs médian (Source : AFB, 2019, [29]) .....	29

Figure 19 : Evolution temporelle de la perturbation hydrologique due aux éclusées (Source : AFB, 2019, [29]) .....	30
Figure 20 : Analyse des débits du Doubs en aval de la Goule - évolution de l'occurrence et du nombre d'heure de différents débits de basses eaux (Source : Teleos, SCIMABIO, 2023, [33]) .....	31
Figure 21 : Score de perturbation du régime hydrologique "Courret" du Doubs dans les secteurs soumis à éclusées de janvier 1974 à décembre 2021 (Source : Teleos, SCIMABIO, 2023, [33]) .....	31
Figure 22 : Carte géologique du secteur d'étude (BRGM), les couleurs des formations géologiques sont indiquées dans le log stratigraphique ci-dessous.....	32
Figure 23 : Log géologique du massif du Jura (modifié d'après Chauve, 2006) et localisation des principaux aquifères et aquicludes (Source : Etude NutriKarst, BRGM, 2022, [9]) .....	33
Figure 24 : Liaisons karstiques repérées sur le secteur d'étude et sous-bassins versants hydrogéologiques .....	35
Figure 25 : Estimation du potentiel de la nappe alluviale du Doubs (Source, CPGF-Horizon, 2012, [11])....	37
Figure 26 : Cartographie des ressources karstiques majeures du secteur étudié .....	38
Figure 27 : Délimitation 2024 des RKM avec leurs extensions et des autres karsts structurants du territoire de l'EPAGE, issue du rapport provisoire de l'étude pour la préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable réalisée sur le périmètre de l'EPAGE Doubs Dessoubre (Cabinet Reilé).....	39
Figure 28 : Cartographie des sous-bassins versants sur la zone d'étude .....	42
Figure 29 : Cartographie des prélèvements en eau (source BNPE, 2021) .....	44
Figure 30 : Répartition des prélèvements par sous-bassins versants .....	45
Figure 31 : Représentation des principales zones de prélèvements en eau et exports entre sous-bassins versant associés. ....	47
Figure 32 : Carte des captages et des situations problématiques lors de la sécheresse de 2018 (les couleurs en fond correspondent aux unités de gestion de l'eau). ....	49
Figure 33 : Carte des captages et des situations problématiques lors de la sécheresse de 2022 (les couleurs en fond correspondent aux unités de gestion de l'eau). ....	50
Figure 34 : Périmètres des SCoT au sein du territoire de l'étude .....	52
Figure 35 : Evolution de la population de PMA entre 1968 et 2015 (Source : INSEE, SCOT PMA, 2021, [28]) .....	52
Figure 36 : Evolution démographique depuis 1968 sur le territoire du Doubs central (Source : SCoT du Doubs central, 2022, [27]) .....	53
Figure 37 : Evolution de la population du Pays Horloger : tendances passées et perspectives (Source : Modèle Omphale INSEE 2013, présenté dans le SCOT du Doubs Central, 2022,[26]) .....	54
Figure 38 : Evolution de la population entre 1968 et 2019 dans la CC des Portes du Haut Doubs (Source : SCoT des Portes du Haut-Doubs, 2023).....	55
Figure 39 : Saisonnalité de la fréquentation touristique sur le territoire du Doubs central (Source : PETR Doubs central, 2020, [24]) .....	56
Figure 40 : Nombre de nuitées par territoire (Source : Doubs Tourisme Pro).....	57
Figure 41 : Production brute standard des exploitations agricoles selon leur orientation technico-économique en 2010 (Source : Contrat de territoire EPAGE Doubs Dessoubre [1]) .....	58
Figure 42 : Proportion des types de cultures sur les bassins du Doubs médian et du Cusancin en 2021 (Source : Contrat de rivière [17]) .....	58
Figure 43 : Registre Parcellaire Graphique de 2022 sur le territoire d'étude .....	59
Figure 44 : Consommation d'eau théorique annuelle par les animaux d'élevage (Source : ASSECC) .....	60
Figure 45 : Localisation des STEU au sein du territoire d'étude .....	63
Figure 46 : Localisation des prélèvements en eau liés à la production hydroélectrique (Source : BNPE, 2021) .....	67
Figure 47 : Profil en long du cours du Doubs (Source : EDF, [15]) .....	67
Figure 48 : Carte de l'état écologique des masses d'eau superficielle. ....	69
Figure 49 : Carte de l'état chimique des masses d'eau superficielle.....	70
Figure 50 : Etat écologiques des stations du Doubs (Source : CD Eau Environnement, 2022, [6]) .....	71
Figure 51 : Concentration moyenne annuelle des pesticides sur différentes stations du Doubs .....	72
Figure 52 : Chronique des teneurs en matière phosphorée dans le bassin versant du Dessoubre (Source : CD Eau Environnement, [6]) .....	73

**Rapport de phase 1**

Figure 53 : Chroniques de concentration en nitrates sur différents points de mesure au sein du territoire d'étude (Source de données : ADES).....	74
Figure 54 : Evolution de la température de l'eau du Doubs à Ocourt (Suisse) .....	75
Figure 55 : Localisation des stations de thermie de l'eau .....	76
Figure 56 : Evolution des températures journalières des cours d'eau du territoire en plusieurs points de mesures.....	77
Figure 57 : Profil de la température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds le long du Doubs (d'après les suivis de la Fédération de Pêche entre 2014 et 2022), en fonction des conditions de développement d'une population de truite commune (rouge = très défavorable, orange = moyennement défavorable, vert = favorable) .....	78
Figure 58 : Profil thermique du Doubs entre Grand-Combe-des-Bois et le bief de Fuesse (Source : SCIMABIO, 2024,[30]) .....	79
Figure 59 : Profil thermique du Doubs entre Brémoucourt et la confluence avec le Dessoubre (Source : SCIMABIO, 2024, [30]) .....	79
Figure 60 : Evolution rétrospective de la température du Doubs à Goumois depuis les années 1980 (Source : EPTB Saône et Doubs) .....	80
Figure 61 : Evolution rétrospective de la température du Doubs à Mathay depuis les années 1970 (Source : EPTB Saône et Doubs).....	80
Figure 62 : Profil de la température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds le long du Dessoubre (d'après les suivis de la Fédération de Pêche entre 2015 et 2022), en fonction des conditions de développement d'une population de truite commune (rouge = très défavorable, orange = moyennement défavorable, vert = favorable) .....	81
Figure 63 : Localisation sur le profil thermique des principales zones de réchauffement de la température de l'eau du Dessoubre (Source : SCIMABIO, 2024, [30]).....	82
Figure 64 : Localisation sur le profil thermique des principales zones de refroidissement de la température de l'eau du Dessoubre (Source : SCIMABIO, 2024, [30]).....	82
Figure 65 : Evolution rétrospective de la température du Dessoubre à Saint-Hippolyte depuis les années 1980 (Source : EPTB Saône et Doubs) .....	83
Figure 66 : Profil de la température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds le long du Cusancin (d'après les suivis de la Fédération de Pêche entre 2014 et 2022), en fonction des conditions de développement d'une population de truite commune (rouge = très défavorable, orange = moyennement défavorable, vert = favorable) .....	84
Figure 67 : Localisation sur le profil thermique des quatre principales zones de refroidissement recensées sur le Cusancin (Source : SCIMABIO, 2024, [30]) .....	85
Figure 68 : Localisation des quatre principales zones de refroidissement recensées sur le Cusancin (Source : SCIMABIO, 2024, [30]) .....	85
Figure 69 : Sites Natura 2000 sur le territoire de l'EPAGE Doubs Dessoubre (Source : Contrat de territoire, [16]) .....	86
Figure 70 : Milieux humides inventoriés (Source : Pôle Milieux Humides Bourgogne-Franche-Comté).....	87
Figure 71 : Inventaire des milieux humides sur le territoire de l'EPAGE Doubs Dessoubre (Source : Contrat de territoire EPAGE Doubs Dessoubre, 2022,[16]) .....	88
Figure 72 : Cartographie des principales tourbières sur le territoire du Doubs-Dessoubre (Source : Contrat de territoire EPAGE Doubs Dessoubre, 2022, [16]) .....	89
Figure 73 : Occupation du sol au sein du territoire d'étude (Source : Corine Land Cover, 2018).....	90
Figure 74 : Diagramme $\Delta T / \Delta P$ en fonction des modèles climatiques pour le scénario RCP 4.5 .....	92
Figure 75 : Synthèse des tendances observées à l'échelle du massif du Jura sur les variables hydro-climatiques (Source : Etude NUTRI-Karst, BRGM, 2022, [9]) .....	94
Figure 76 : Carte de l'élévation des températures moyennes entre la situation de référence (1976-2005) et la situation future (2040-2070) selon le scénario climatique RCP 4.5 et le modèle climatique ALADIN .....	95
Figure 77 : Graphique de l'évolution de la température moyenne annuelle d'après le scénario climatique RCP 4.5 .....	96
Figure 78 : Graphique de l'évolution de l'évapotranspiration moyenne annuelle d'après le scénario climatique RCP 4.5.....	97
Figure 79 : Comparaison des précipitations entre la situation de référence (1976-2005) et la situation future (2040-2070) d'après le scénario climatique RCP 4.5 et le modèle climatique ALADIN .....	98

Rapport de phase 1

Figure 80 : Graphique de l'évolution de pluviométrie moyenne annuelle d'après le scénario climatique RCP 4.5 .....	98
Figure 81 : Graphique de l'évolution de pluviométrie moyenne sur les mois de juillet, août et septembre d'après le scénario climatique RCP 4.5 .....	99
Figure 82 : Schéma de fonctionnement de GR4J de l'Irstéa .....	101
Figure 83 : Cartographie des stations hydrométriques utilisées dans la modélisation hydrologique et les sous-bassins versants associés. ....	103
Figure 84 : Synoptique du fonctionnement du modèle hydrologique chaîné. ....	104
Figure 85 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Cusancin à Cusance (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	106
Figure 86 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Cusancin à Baume-les-Dames (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	107
Figure 87 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Dessoubre à Rosureux (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	108
Figure 88 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	109
Figure 89 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Goumois (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	110
Figure 90 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Glère (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	111
Figure 91 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Villars (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	112
Figure 92 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Mathay (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	113
Figure 93 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Voujeaucourt modifiée pour retirer l'influence de l'Allan sur les débits (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	114
Figure 94 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Gland à Meslières (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite .....	115
Figure 95 : Exemple de chronique obtenue avec la prise en compte des données des modèles climatiques DRIAS. ....	117
Figure 96 : Représentation schématique de l'évolution du débit d'étiage (QMNA5) par rapport à la situation actuelle, d'après le modèle climatique ALADIN, scénario en Statu Quo.....	119
Figure 97 : Représentation schématique de l'évolution du débit d'étiage (QMNA5) par rapport à la situation actuelle, d'après le modèle climatique IPSL, scénario en Statu Quo .....	119
Figure 98 : Evolution du QMNA 5 aux stations hydrométriques modélisées, avec usage statu quo et modèles climatiques Aladin et IPSL .....	120
Figure 99 : Préviation des débits minimums annuels en fonction des modèles climatiques d'après le scénario climatique RCP 4.5.....	122
Figure 100 : Evolution du mois de début d'étiage pour la période simulée pour le modèle Aladin – Statu Quo .....	123
Figure 101 : Représentation schématique de l'importance des prélèvements (en rouge), des rejets (en orange) et des débits d'étiage (en bleu) dans chaque sous-bassins versants. ....	127
Figure 102 : Evolution du QMNA4 aux stations hydrométriques modélisées sans prélèvements, par rapport au scénario avec usages statu quo, pour les modèles climatiques Aladin et IPSL.....	128

Figure 103 : Evolution du QMNA5 pour les scénarios prospectifs (hypothèse basse et haute) par rapport à la situation avec statu quo, pour les modèles climatiques ALADIN et IPSL .....	132
Figure 104 : Température du Doubs (en aval du barrage de Châtelot) depuis 2010 (source Fédération de Pêche, en bleu) et de l'air (source MétéoFrance, en orange), et évolution probable future (source DRIAS) .....	133
Figure 105 : Modèle thermique de l'eau sur le Cusancin à Pont-les-Moulins .....	135
Figure 106 : Modèle thermique de l'eau sur le Dessoubre à Consolation-Maisonnettes.....	135
Figure 107 : Modèle thermique de l'eau sur le Dessoubre à Vaucluse .....	136
Figure 108 : Modèle thermique de l'eau sur le Dessoubre à Saint-Hippolyte .....	136
Figure 109 : Modèle thermique de l'eau sur le Doubs à Grand'Combe-des-Bois.....	137
Figure 110 : Modèle thermique de l'eau sur le Doubs à Soulce-Cernay.....	137
Figure 111 : Modèle thermique de l'eau sur le Doubs à Villars-sous-Dampjoux.....	138
Figure 112 : Modèle thermique de l'eau sur le Gland à Seloncourt.....	138
Figure 113 : Evolution de la température du Cusancin à Pont-les-Moulins (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite).....	140
Figure 114 : Evolution de la température du Gland à Seloncourt (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite).....	140
Figure 115 : Evolution de la température du Dessoubre à Consolation-Maisonnettes (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite) .....	141
Figure 116 : Evolution de la température du Dessoubre à Vaucluse (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite).....	141
Figure 117 : Evolution de la température du Dessoubre à Saint-Hippolyte (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite).....	142
Figure 118 : Evolution de la température du Doubs à Grand'Combe-des-Bois (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite).....	142
Figure 119 : Evolution de la température du Doubs à Soulce-Cernay (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite).....	143
Figure 120 : Evolution de la température du Doubs à Villars-sous-Dampjoux (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite).....	143
Figure 121 : Nombre de jours dans l'année où la température du Doubs à la station de Soulce-Cernay dépasse les 25°C .....	144
Figure 122 : Nombre de jours dans l'année où la température du Doubs à la station de Villars-sous-Dampjoux dépasse les 25°C .....	145
Figure 123 : Evolution de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds sur la station modélisée du Cusancin .....	148
Figure 124 : Evolution de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds sur les stations modélisées du Dessoubre.....	149
Figure 125 : Evolution de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds sur les stations modélisées du Doubs .....	149
Figure 126 : Evolution de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds sur la station modélisée du Gland.....	150
Figure 127 : Effets du changement climatique sur les indicateurs agricoles – scénario climatique RCP 4.5 / modèle climatique ALADIN.....	152
Figure 128 : Evolution du débit à la station "Le Doubs à Goumois - U212 2010" entre 1956 et 2023 (Source : Hydroportail).....	166
Figure 129 : Evolution du débit à la station "Le Doubs à Glère - U214 2010" entre 1959 et 2023 (Source : Hydroportail).....	167
Figure 130 : Evolution des débits à la station « Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux – U222 2005 » depuis 2008 (Source : Hydroportail).....	168
Figure 131 : Evolution du débit à la station du "Doubs à Mathay - U222 2010" depuis 1975 (Source : Hydroportail).....	170
Figure 132 : Localisation de la station du Doubs à Voujeaucourt et des stations sur le Rupt et l'Allan .....	171
Figure 133 : Evolution des débits à la station « Le Doubs à Voujeaucourt – U240 2010 » depuis 1969 (Source : Hydroportail) – données brutes et données corrigées avec les débits du Rupt et de l'Allan.....	172

Figure 134 : Evolution des débits à la station « Le Gland à Meslières – U222 5410 » depuis 1987 (Source : Hydroportail).....	173
Figure 135 : Evolution des débits à la station « Le Dessoubre à Rosureux – U221 5015 » depuis 2008 (Source : Hydroportail) .....	174
Figure 136 : Evolution du débit à la station « Le Dessoubre à Saint-Hippolyte – U215 5020 » entre 1958 et 2023 (Source : Hydroportail).....	175
Figure 137 : Evolution du débit d'étiage (VNC 10) au droit de la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte - tendance à la baisse non stationnaire (Source : Pôle Karst, 2022, [14]) .....	176
Figure 138 : Evolution des débits à la station « Le Cusancin à Cusance – U242 5250 » depuis 1986 (Source : Hydroportail).....	177
Figure 139 : Evolution des débits à la station "Le Cusancin à Baume-les-Dames - U242520" depuis 1969 (Source : Hydroportail) .....	178

# A. DESCRIPTION DU TERRITOIRE

# 1. INTRODUCTION

L'étude prospective sur le changement climatique et ses effets sur la ressource en eau comprend la réalisation d'un état des lieux et d'une approche prospective sur l'ensemble du périmètre d'étude, visant à l'atténuation des effets du changement climatique, permettre une résilience accrue des milieux naturels, et définir une stratégie d'adaptation qui concerne tous les usages et acteurs de l'eau.

Le rapport suivant présente la première phase de cette étude : l'état des lieux actuel et l'analyse prospective du changement climatique.

La description du territoire, et notamment les enjeux liés aux usages et aux milieux, s'est appuyée sur les études bibliographiques menées sur le territoire d'étude, ainsi que sur les discussions réalisées lors des entretiens et des ateliers. Cela a permis de définir la situation initiale de chaque sous-bassin versant et d'identifier les données d'entrée du modèle. Les comptes rendus des entretiens et des ateliers sont présentés en annexe.

L'analyse prospective du changement climatique s'est basée sur les projections de modèles climatiques dont les résultats sont fournis par DRIAS. L'effet du changement climatique a été traduit en termes d'effet sur la ressource en eau à l'aide notamment d'un modèle hydrologique, d'un modèle de la thermie de l'eau ainsi que de l'analyse de la bibliographie et des retours des acteurs de l'eau lors des entretiens réalisés et du premier atelier de l'étude (3 octobre 2024).

## 2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Le secteur d'étude recouvre l'intégralité des bassins versants du Dessoubre, du Cusancin, du Doubs franco-suisse, du Doubs médian et une portion du Doubs moyen. Ces bassins versants sont reliés entre eux par des circulations souterraines (circulations karstiques). Le secteur recouvre le périmètre de l'EPAGE Doubs Dessoubre et le bassin versant du Doubs Médian. Il s'étend sur environ 1490 km<sup>2</sup>, majoritairement dans le département du Doubs, et pour partie en Suisse.

Le secteur d'étude est majoritairement caractérisé par un relief de moyenne montagne, composé :

- d'une chaîne montagneuse proprement dite au sud-est du territoire, en Suisse ou frontalière avec la Suisse (la limite de partage des eaux ne correspondant pas toujours à la frontière) ;
- de haut-plateaux typiques des reliefs jurassiens, étagés entre 500 et 1 000 mètres (m) d'altitude, entre la crête montagneuse et le cours aval du Doubs, qui traverse Besançon. des vallées entaillées du Doubs, du Dessoubre et du Cusancin.

Le sol est très majoritairement occupé par des forêts (de conifères et de feuillus) et des prairies (tournées vers l'élevage laitier, pour la production fromagère de Comté et de Morbier essentiellement). On note également une présence de tourbières et de zones humides sur le territoire. Les zones urbanisées représentent seulement 2,5 % du territoire de l'EPAGE Doubs-Dessoubre.

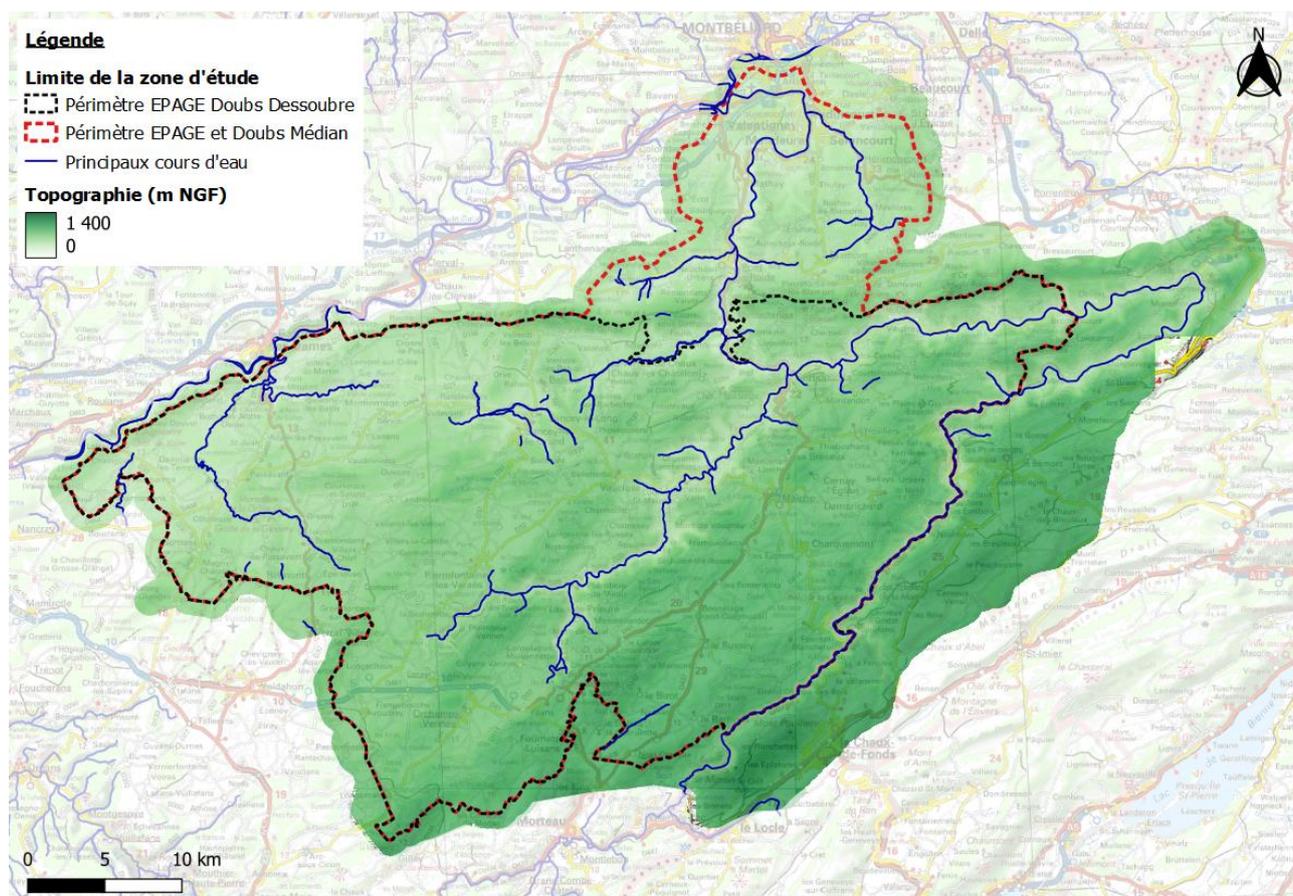


Figure 1 : Topographie du secteur étudié

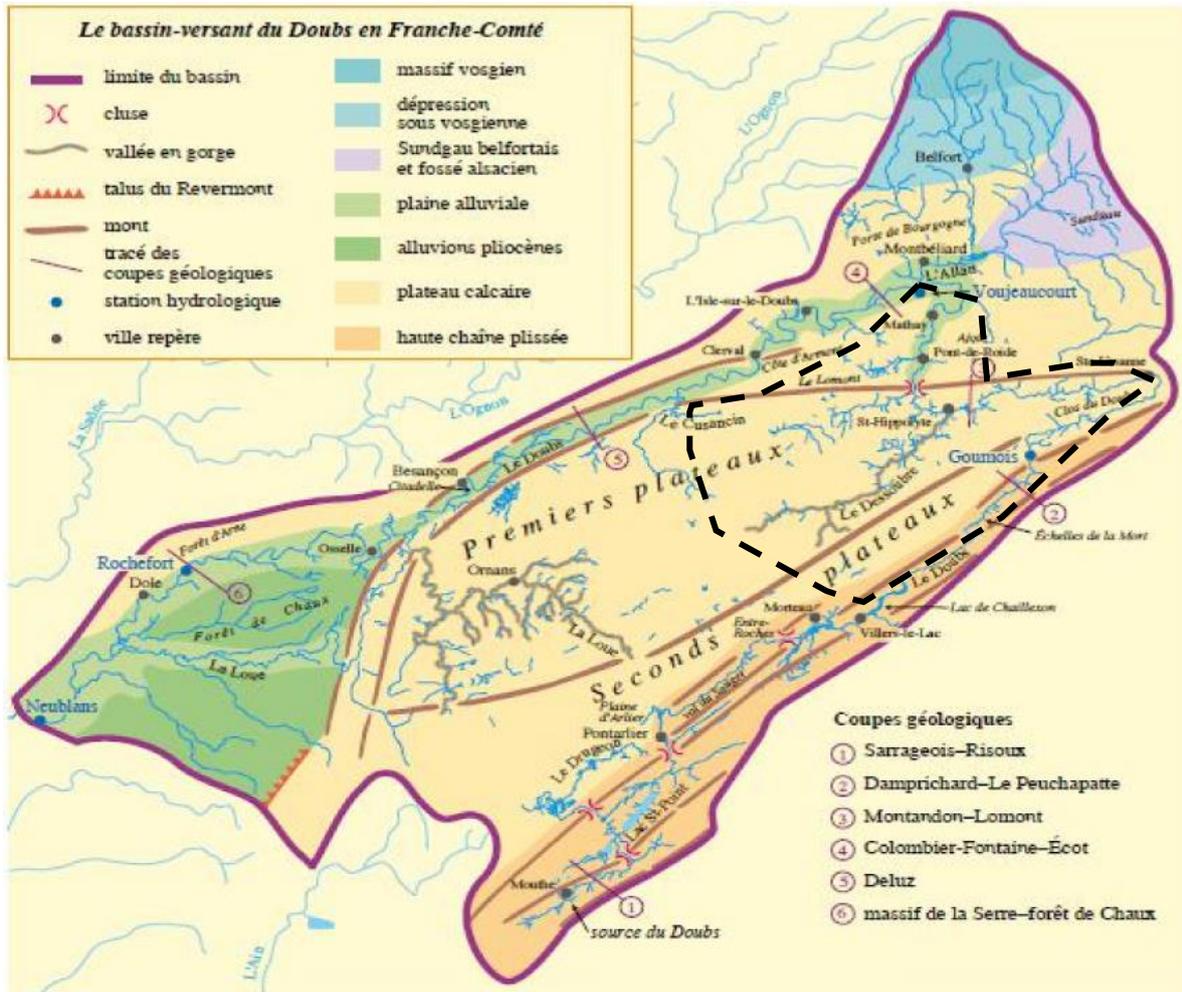


Figure 2 : Géographie du bassin versant du Doubs (d'après (Université de Franche Comté 2016)

Les principaux centres urbains sont ceux de Montbéliard, Mathay, Pont-de-Roide et Saint-Hippolyte.

En 2020, le territoire de la zone d'étude compte environ 108 000 habitants. Sur la majorité du territoire, la démographie suit celle du département du Doubs, à savoir une augmentation de la population depuis les années 60. Une croissance démographique est donc attendue au moins jusqu'en 2050 . Au contraire, le territoire de PMA (Pays de Montbéliard Agglomération) connaît une décroissance démographique depuis les années 70 et espère stabiliser la population à 140 000 habitants en 2040 (Cf. section 6).

### 3. CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat du Doubs est de type semi-continentale voire montagnard, qui subit une influence océanique nette.

Il s'agit d'une des régions de France avec la pluviométrie la plus importante, avec des cumuls annuels des précipitations qui vont de 1000 millimètres (mm) (au nord de la zone étudiée) à plus de 1500 mm (au sud du secteur).

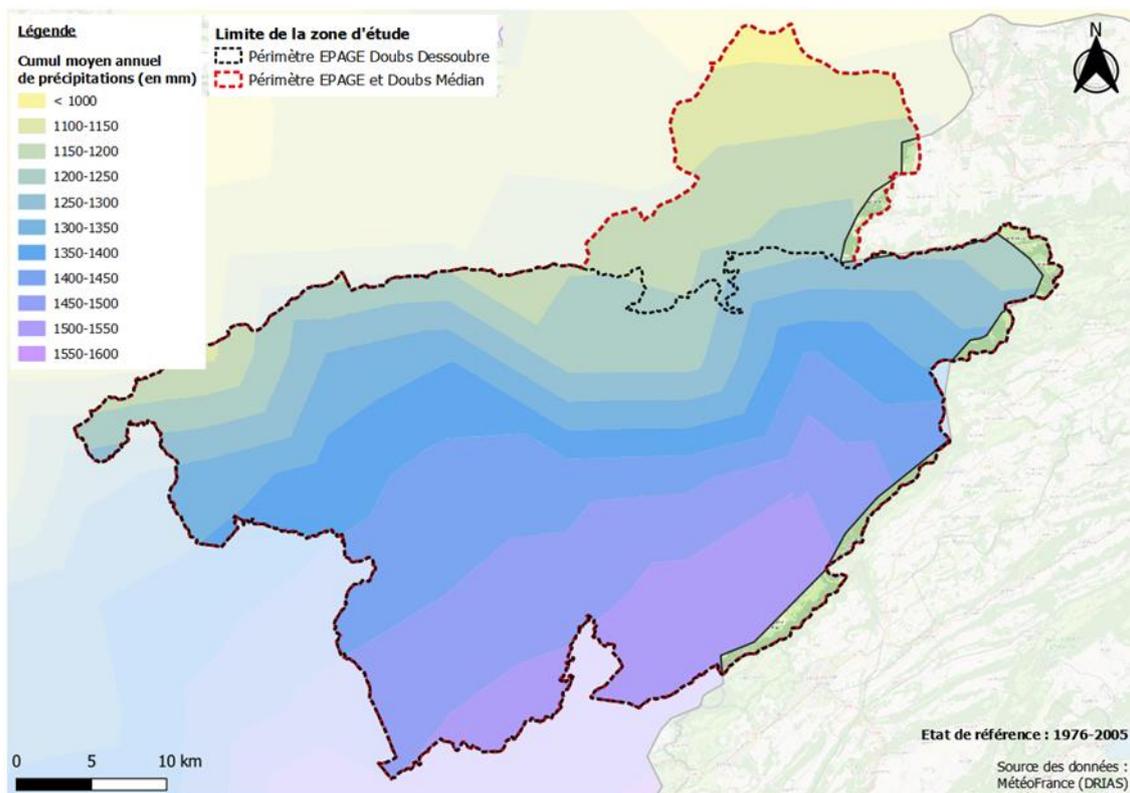


Figure 3 : Pluviométrie moyenne (mm) 1976-2005 (données DRIAS)

Les précipitations sont plutôt bien réparties sur toute l'année, mais le caractère continental s'exprime par des orages d'été et des contrastes thermiques de grande amplitude.

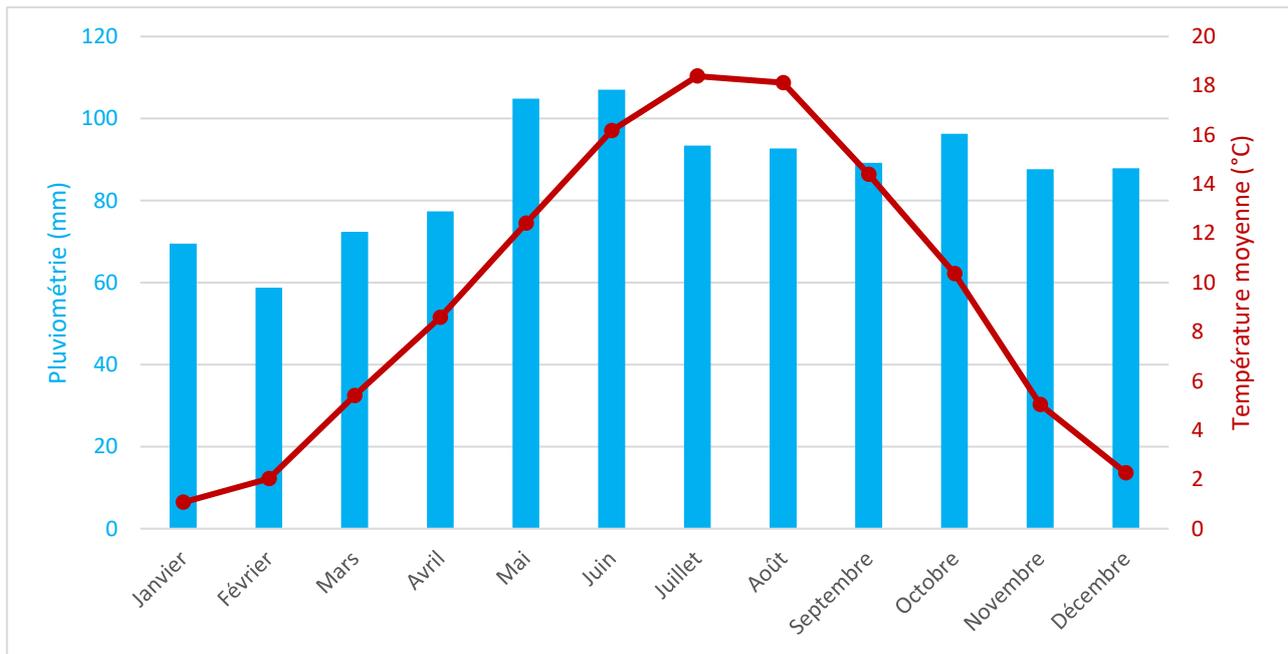


Figure 4 : Climat moyen mensuel (1981-2023) à Fahy-Boncourt (Suisse) (Source : Infoclimat)

Le diagnostic actualisé en 2023 dans le cadre du bilan du contrat de rivière Vallée du Doubs, qui intègre entre autres les sous-bassins du Doubs médian et du Cusancin [17] rappelle quelques tendances récentes de l'évolution du climat (sur la base du projet de recherche HYCARRE Bourgogne – avril 2016) :

- Une diminution des précipitations en été ainsi qu'une diminution du couvert neigeux ;
- Une augmentation des pluies extrêmes ;
- Une hausse de l'évapotranspiration potentielle ;
- Une baisse des débits des cours d'eau : diminution des débits d'étiage estivaux et aggravation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de sécheresse ;
- Une augmentation de la température de l'eau > L'élévation de la température de l'eau impacte directement les espèces aquatiques (ex. : fragilisation des espèces sensibles comme la truite fario).

## 4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

La zone d'étude comporte 4 sous-bassins versants, 15 masses d'eau et 376 km (kilomètre) de cours d'eau référencés, et environ 300 km de chevelus (Cf. Figure 5).

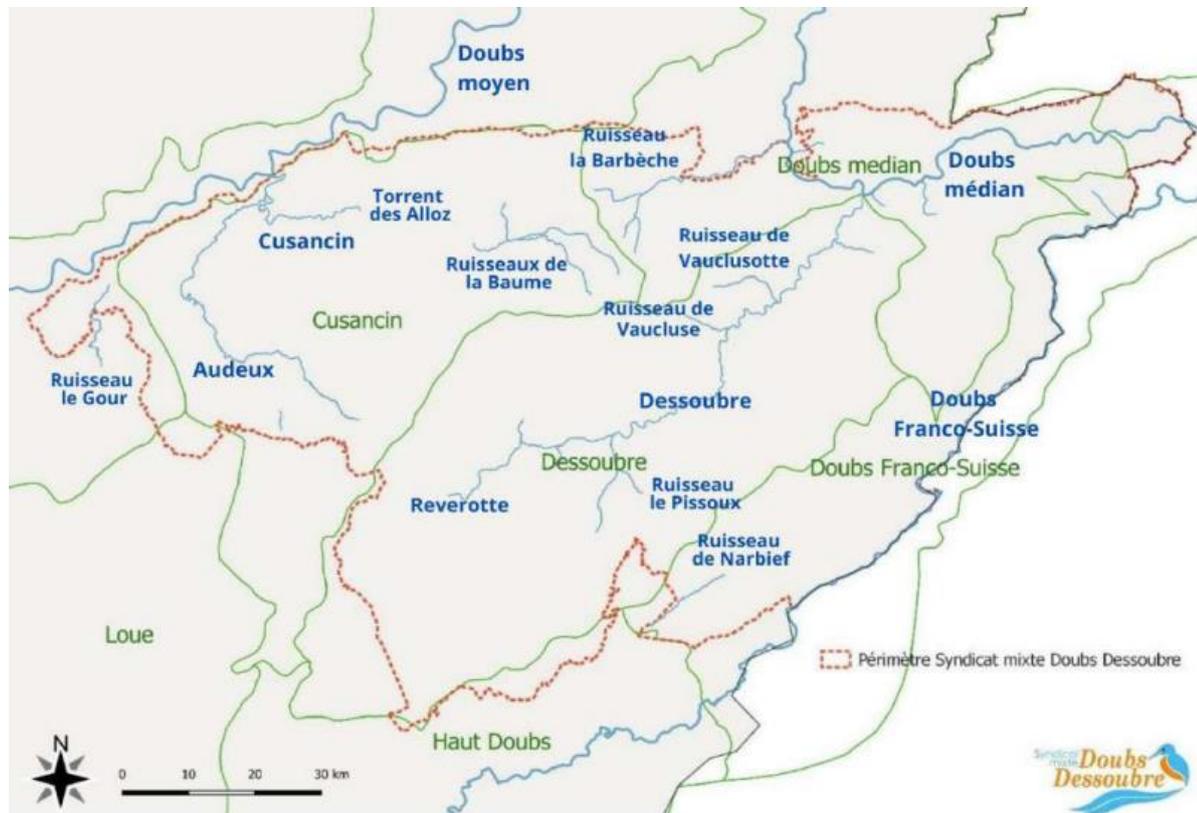


Figure 5 : Principaux cours d'eau du territoire EPAGE Doubs Dessoubre (Source : Contrat de territoire 2022-2024 [1])

### 4.1. BASSIN VERSANT DU DOUBS FRANCO-SUISSE ET DU DOUBS MEDIAN

Le Doubs prend sa source à Mouthe, à 945 m d'altitude. Il s'écoule globalement vers le nord-est, suivant l'orientation générale des reliefs du massif du Jura, en longeant la frontière suisse à l'aval de Morteau. Il prend ensuite une direction opposée (vers le sud-ouest), d'abord au niveau de Saint-Ursanne en Suisse puis de Montbéliard : il suit son cours en traversant notamment Besançon et Dôle avant de confluer avec la Saône après un parcours d'environ 450 km.

Les bassins versants du Doubs Franco-Suisse et du Doubs Médian (ceux étudiés) correspondent à la section du cours d'eau qui va du Saut du Doubs, sur la commune de Villiers-le-lac jusqu'à Voujeaucourt, à l'endroit où l'Allan se jette dans le Doubs.

Sur le cours du Doubs, on trouve le lac de Moron, à la frontière entre la Suisse et la France. Il s'agit d'un lac artificiel formé par le barrage du Châtelot (Cf. Figure 6). Le volume turbiné par ce barrage en 2021 est de l'ordre de 330 000 000 m<sup>3</sup> (mètres cubes). L'hydroélectricité étant un enjeu fort sur cette partie du Doubs, de nombreux barrages sont présents. Les trois plus grands barrages (exploités par EDF) sont situés sur la partie amont du bassin versant du Doubs médian (Cf. section 6).

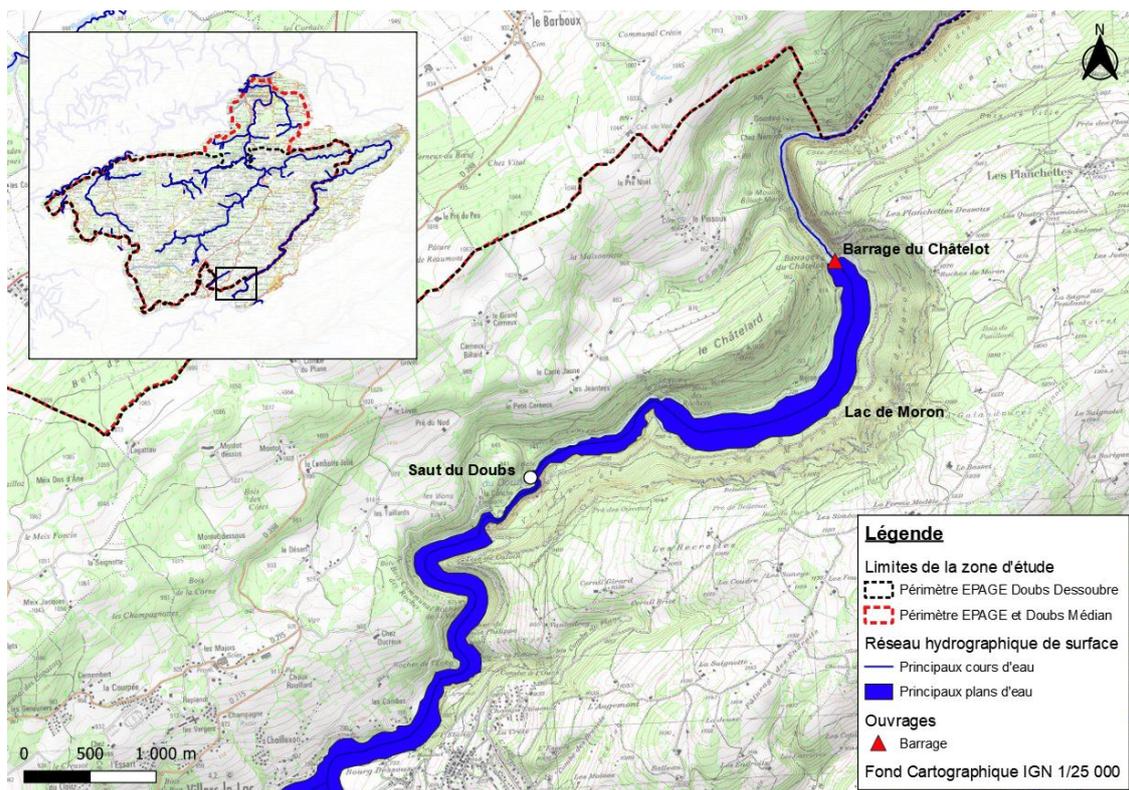


Figure 6 : Localisation du Lac de Moron et du barrage du Châtelot

Les débits caractéristiques des cours d'eau aux stations hydrométriques (issus de la Banque Hydro) sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Débits caractéristiques des cours d'eau du secteur d'étude (Source : Banque Hydro – date de consultation : avril 2024)

	N° Station	Période d'observation	QMNA5 <sup>1</sup> observé (banque Hydro) en m <sup>3</sup> /s	Module <sup>2</sup> (banque Hydro) en m <sup>3</sup> /s
<b>DoubsGoumois</b>	U2122010	1956-2023	4,33	28,7
<b>DoubsGlère</b>	U2142010	1959-2023	4,94	32,7
<b>DoubsMathay</b>	U2222010	1975-2023	7,49	53
<b>DoubsVillars</b>	U2222005	2008-2023	5,44	48,2
<b>DoubsVoujeaucourt</b>	U2402010	1969-2023	9,29	79,5
<b>DoubsVoujeaucourt (sans Allan)<sup>3</sup></b>		1982-2023	4,69	57,0
<b>GlandMeslières</b>	U2225410	1987-2023	0,089	1,02

<sup>1</sup> QMNA5 = débit mensuel minimal quinquennal calculé par ajustement statistique

<sup>2</sup> Module = Débit moyen interannuel

<sup>3</sup> Calcul à partir de la chronique de débit de la station du Doubs à Voujeaucourt corrigée avec les chroniques de l'Allan et du Rupt (Cf. Annexe A)

L'évolution du plus faible débit enregistré sur une période de 10 jours consécutifs (VCN10) et de 30 jours consécutifs (VCN30) est présentée dans les graphiques ci-dessous sur les stations du Doubs à Mathay et à Goumois. Ce dernier varie fortement en fonction des années. Les débits les plus bas ont été enregistrés en 2018, correspondant à la période de forte sécheresse ayant touché la région.

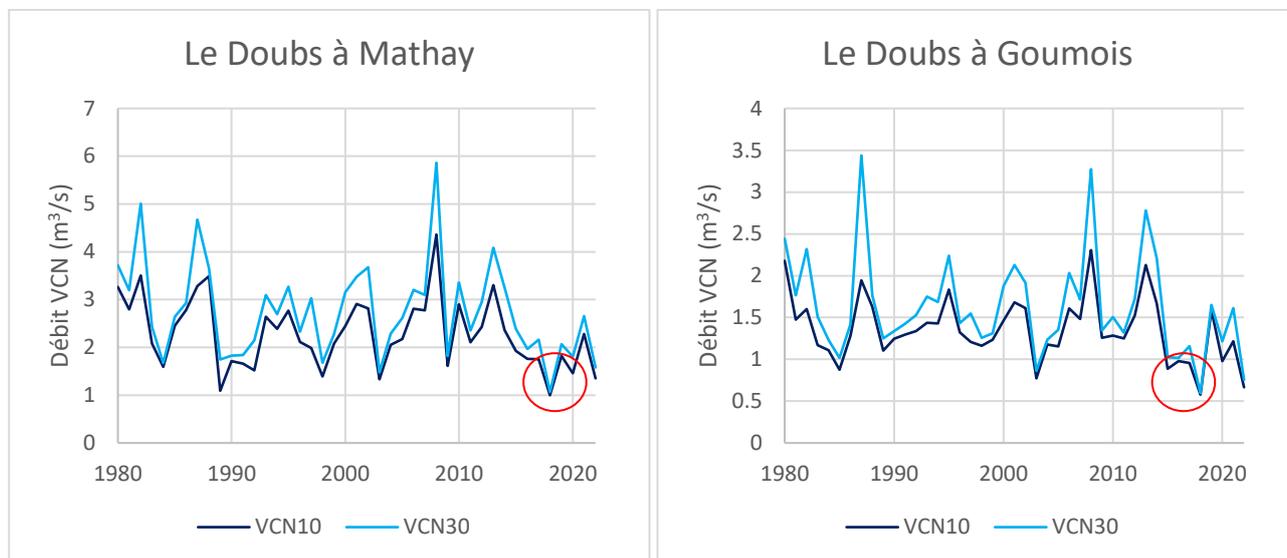


Figure 7 : Evolution des VCN sur les stations du Doubs (entre 1980 et 2022)

Le régime hydrologique du Doubs est de type pluvial à pluvionival : une seule période de hautes eaux est observée dans l'année entre novembre et avril. Le régime est également influencé par la fonte des neiges avec un débit plus important en mars par rapport au débit de janvier et février. Les basses eaux se concentrent en été entre juin et septembre (Cf. Figure 8).

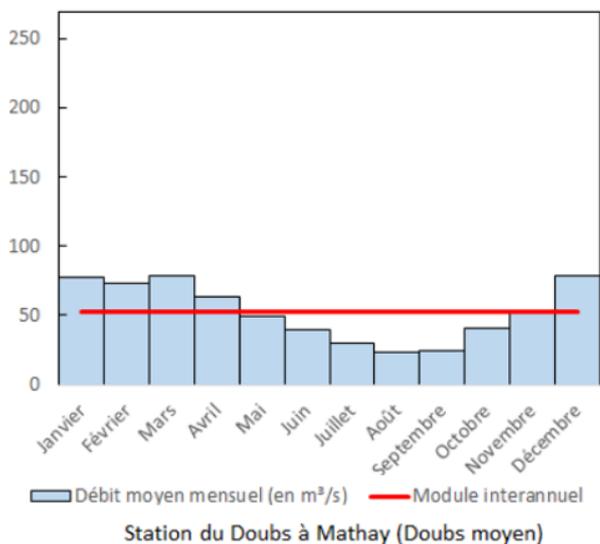


Figure 8 : Régime hydrologique du Doubs moyen (Source : Contrat de rivière, [17])

Le réseau ONDE (Observatoire Nationale des Etiages) réalise des observations sur différentes stations du territoire entre mai et septembre afin de caractériser visuellement l'écoulement des cours d'eau en période d'étiage.

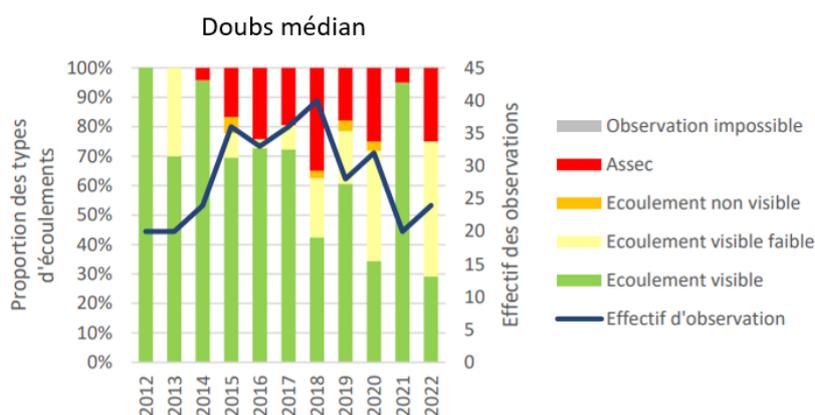


Figure 9 : Proportion des types d'écoulement en période d'étiage sur l'ensemble des cours d'eau du bassin versant du Doubs médian (Source : Contrat de rivière [17])

Ces observations mettent en évidence une diminution de la proportion des « Ecoulements visibles » et au contraire, une augmentation des « écoulements visibles faibles » et des « assecs ».

Le Gland est un affluent du Doubs compris dans l'emprise du bassin versant du Doubs médian. Ce dernier naît de la confluence de la Doue qui prend sa source à Abbevillers et la Creuse qui coule depuis Blamont. D'une longueur de 12 km, le Gland rejoint le Doubs à Audincourt. Le régime de ce cours d'eau est pluvio-nival avec une période de crue vers mars.

Il existe d'autres affluents du Doubs au sein du territoire d'étude, notamment la Barbèche et la Ranceuse. La Barbèche, d'une longueur de 14,5 km, prend sa source dans la commune de Provenchère et rejoint le Doubs en amont du village de Villars-sous-Dampjoux. La Ranceuse, d'une longueur de 8,4 km, prend sa source dans la commune de Dambelin et se jette dans le Doubs dans la commune de Pont-de-Roide-Vermondans. Il n'existe cependant aucune station hydrométrique qui pourraient permettre de suivre le débit dans ces deux cours d'eau.

Il est à noter que le régime hydrologique du Doubs est influencé par la nature karstique des terrains qu'ils traversent, tout particulièrement dans le secteur situé à l'amont de la zone d'étude où des pertes sont observées au profit de la Loue notamment (jusqu'à des pertes totales en période d'étiage). Ces pertes évoluent dans le temps de manière non-linéaire, avec des volumes plus ou moins important dans le temps. Dans le cadre de l'étude sur le Haut-Doubs (Artelia 2024), un test de sensibilité a été étudié en considérant des pertes telles qu'elles étaient estimées avant la période 2016-2017 : le débit d'étiage à l'entrée du secteur d'étude du Doubs-Dessous serait alors 20% supérieur, ce qui illustre la sensibilité de l'hydrologie du Doubs à ces pertes. L'évolution de ces pertes étant hautement imprévisible à moyen terme (c'est-à-dire à très court terme au regard de l'échelle des temps géologiques), donc cet exercice reste simplement une mise en perspective.

## 4.2. BASSIN VERSANT DU DESSOUBRE

Le Dessoubre prend sa source à Consolation-Maisonnettes, à 600 mètres d'altitude. Quatre sources lui donnent naissance dans le Cirque de la Consolation : la source du Dessoubre, la source de Lançot, la source Taboureau et la source Noire.

Le Dessoubre s'écoule du sud-ouest vers le nord-est suivant l'orientation générale des reliefs du massif du Jura. D'une longueur de 33,7 km, il rejoint le Doubs à Saint-Hippolyte. Le régime de ce cours d'eau est pluvio-nival.

Le Dessoubre reçoit sept affluents au cours de son tracé : le ruisseau du Lançot, le Pissoux, la Reverotte, le bief de Vau, le ruisseau de la Combe Foulot, Bief de Vau et le ruisseau de la Forge.

La Reverotte est son principal affluent : il s'agit d'une rivière karstique de 12,5 km de long qui prend sa source à Loray.

Les débits caractéristiques des cours d'eau aux stations hydrométriques (issus de la Banque Hydro) sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Débits caractéristiques du Dessoubre (Source : Banque Hydro – date de consultation : avril 2024)

	N° Station	Période d'observation	QMNA5 observé (banque Hydro) en m <sup>3</sup> /s	Module (banque Hydro) en m <sup>3</sup> /s
<b>DessoubreRosureux</b>	U2215015	1969-1977	0,503	8,6
<b>DessoubreStHippolyte</b>	U2215020	1958-2023	0,662	13,6

L'évolution du plus faible débit enregistré sur une période de 10 jours consécutifs (VCN10) et de 30 jours consécutifs (VCN30) est présentée dans le graphique ci-dessous sur la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte. Ce dernier varie fortement en fonction des années. Les débits les plus bas ont été enregistrés en 2018, correspondant à la période de forte sécheresse ayant touché la région.

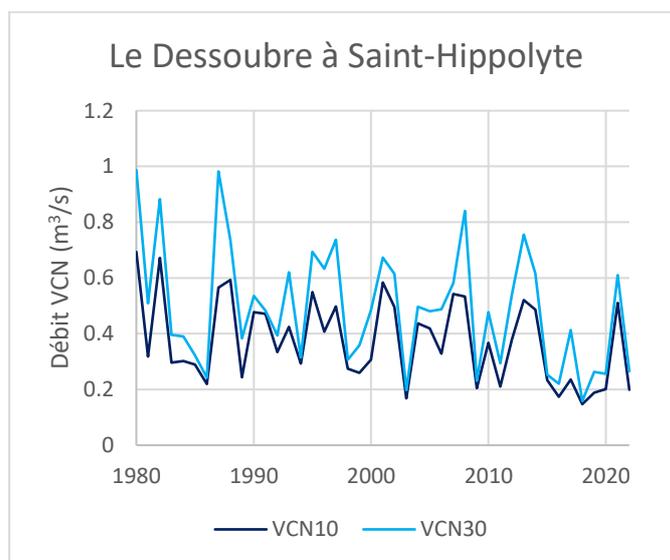


Figure 10 : Evolution des VCN sur la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte

### 4.3. BASSIN VERSANT DU CUSANCIN

Le Cusancin prend sa source à Cusance à 320 mètres d'altitude. Il est alimenté par deux résurgences : la source bleue et la source noire. Il s'écoule globalement de l'est vers l'ouest. D'une longueur de 13 km, il rejoint le Doubs à Baume-les-Dames. Le régime de ce cours d'eau est pluvial.

Le Cusancin reçoit trois affluents, notamment le Torrent des Alloz, la Glaie Noire et le Sesserant.

Long de 2,7 km, le Sesserant est le principal affluent du Cusancin. Il prend sa source à Silley-Bléfond. Il est rejoint par l'Audeux, un cours d'eau en partie intermittent, d'une longueur de 25 km qui s'écoule du sud vers le nord.

Les débits caractéristiques des cours d'eau aux stations hydrométriques (issus de la Banque Hydro) sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Débits caractéristiques du Cusancin (Source : Banque Hydro – date de consultation : avril 2024)

	N° Station	Période d'observation	QMNA5 observé (banque Hydro) en m <sup>3</sup> /s	Module (banque Hydro) en m <sup>3</sup> /s
<b>CusancinCusance</b>	U2425250	1986-2023	0,402	4,37
<b>CusancinBaume</b>	U2425260	1969-2023	0,643	7,7

L'évolution du plus faible débit enregistré sur une période de 10 jours consécutifs (VCN10) et de 30 jours consécutifs (VCN30) est présentée dans le graphique ci-dessous sur la station du Cusancin à Baume-les-Dames. Ce dernier varie fortement en fonction des années. En 2018, période de forte sécheresse ayant touché la région, les débits enregistrés étaient parmi les plus bas.

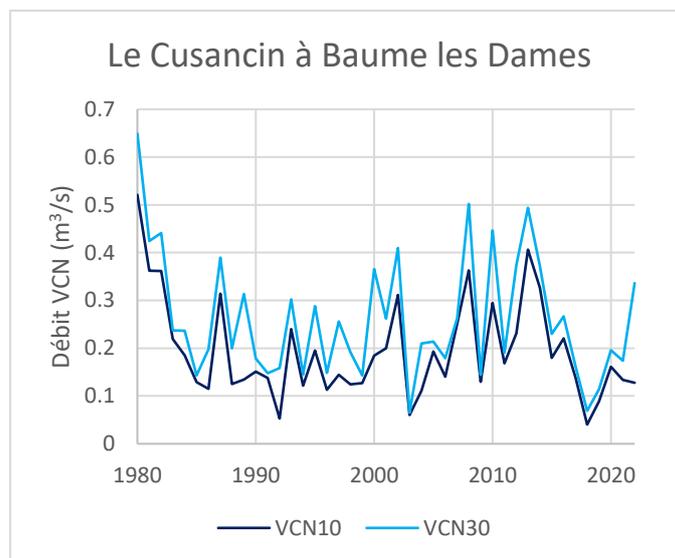


Figure 11 : Evolution des VCN sur la station du Cusancin à Baume-les-Dames

Le Cusancin est alimenté par le plateau calcaire du Sancey. Son débit présente d'importantes fluctuations saisonnières, avec un étiage enregistré sur les mois de juillet à septembre et un débit maximal atteint en décembre.

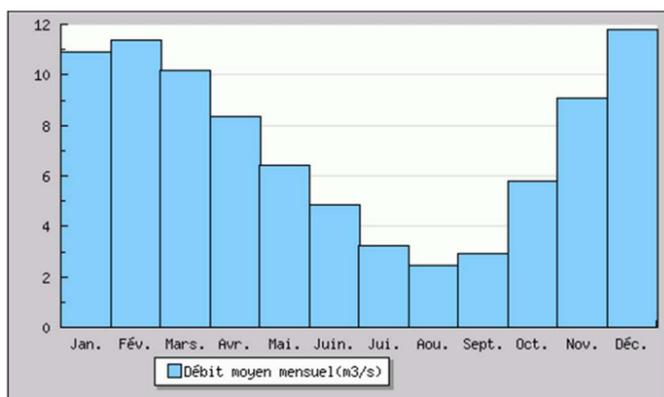


Figure 12 : Débits moyens mensuels sur le Cusancin à Baume-les-Dames (Source : SCoT du Doubs Central, 2020)

Par ailleurs, le bassin du Cusancin est équipé de stations appartenant au réseau de surveillance ONDE réalisant des observations sur différentes stations du territoire entre mai et septembre afin de caractériser l'écoulement des cours d'eau en période d'étiage

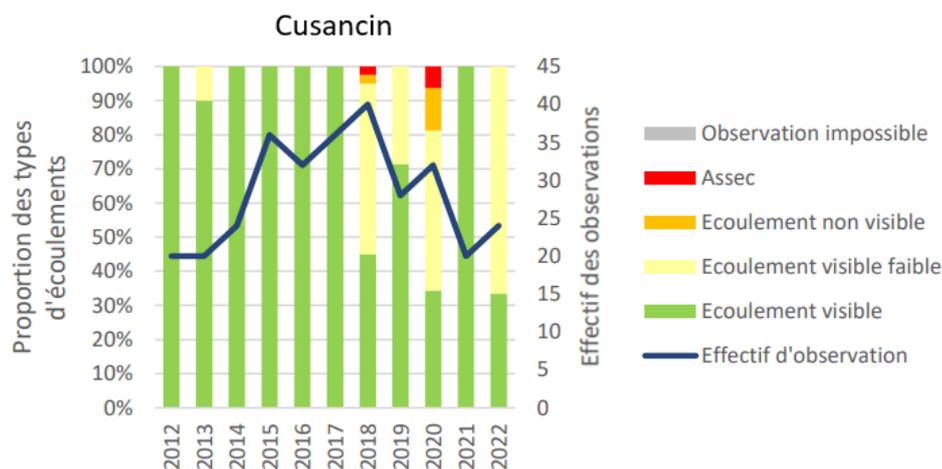


Figure 13 : Proportion des types d'écoulement en période d'étiage sur les cours d'eau du bassin versant du Cusancin (Source : Contrat de rivière [17])

Ces observations mettent en évidence une diminution des « écoulements visibles » et une augmentation des « écoulements visibles faibles ».

#### 4.4. DESCRIPTIONS DES PRINCIPALES STATIONS HYDROMETRIQUES

Sur le territoire d'étude, il existe 31 stations qui suivent le débit et le niveau des différents cours d'eau.

Dans le cadre de la présente étude, 10 stations ont été retenues pour la délimitation des sous-bassins versants :

- Cinq stations sur le Doubs :
  - o Le Doubs à Goumois (U212 2010),
  - o Le Doubs à Glère (U214 2010),

- Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux (U222 2005),
- Le Doubs à Mathay (U222 5410),
- Le Doubs à Voujeaucourt, modifiée pour retirer l'influence de l'Allan sur les débits (U240 2010),
- Deux stations sur le Dessoubre :
  - Le Dessoubre à Rosureux (U221 5015),
  - Le Dessoubre à Saint-Hippolyte (U221 5020),
- Deux stations sur le Cusancin
  - Le Cusancin à Cusance (U242 5250)
  - Le Cusancin à Baume-les-Dames (U242 5260)
- Une station sur le Gland :
  - Le Gland à Meslières (U222 5410).

Les stations retenues sont toutes des stations encore actives, qui continuent de suivre le niveau et le débit des cours d'eau, et qui présentent les chroniques de suivi les plus longues (entre 15 et 67 années de mesures).

Chaque station est décrite en Annexe A.

## 4.5. ANALYSE RETROSPECTIVE DES DEBITS DU DOUBS, DU DESSOUBRE ET DU CUSANCIN

L'étude sur les débits d'étiage des rivières du Jura (EPTB, 2022, [18]) évalue l'évolution des débits d'étiage à partir des chroniques de débit des différentes stations hydrométriques du territoire.

Cette étude recense les années où les trois VCN<sub>10</sub><sup>4</sup> les plus bas ont été enregistrés au droit des stations du territoire d'étude (Cf. Figure 14) ; La comparaison des chroniques de ces stations n'étant pas jugée pertinente compte tenu des périodes de mesures qui diffèrent en fonction des stations. On note cependant que les années 2003 et 2018 ont été enregistrées sur plusieurs stations comme années à très faible débit. + "Les années 2003 et 2018 se distinguent par des sécheresses exceptionnelles : 2003 a été marquée par une canicule historique et un déficit hydrique sévère, tandis que 2018 a connu une sécheresse prolongée impactant fortement les débits.

---

<sup>4</sup> Le VCN<sub>10</sub> correspond au débit moyen minimum de l'année calculé sur 10 jours consécutifs.

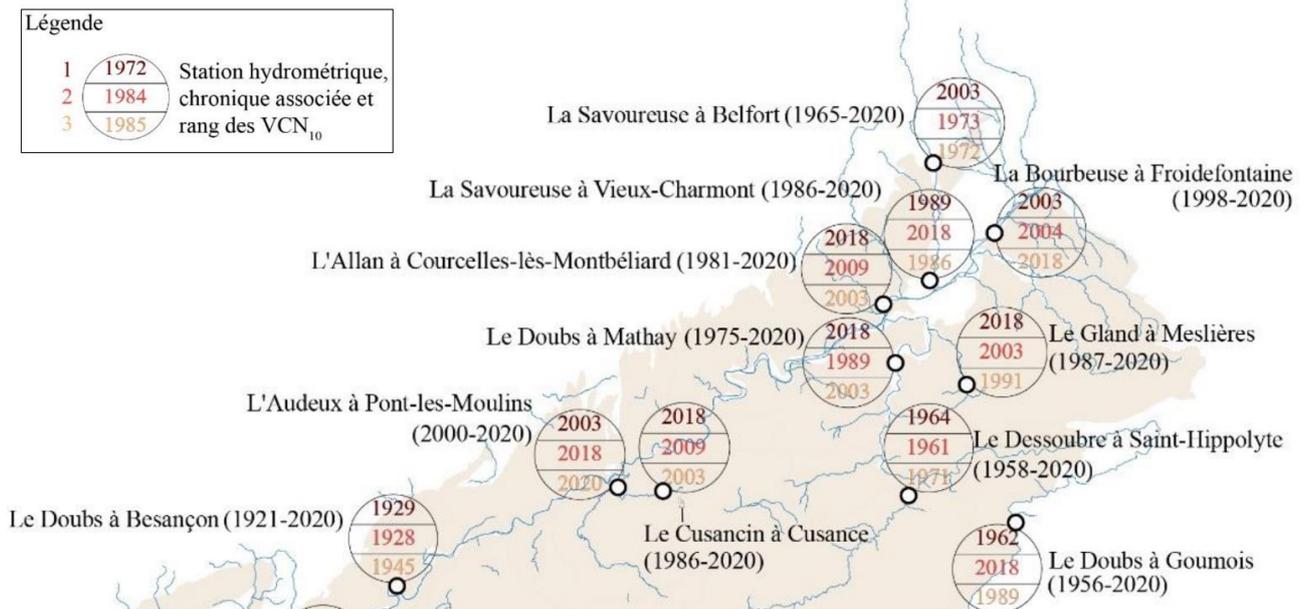


Figure 14 : Carte des stations et des années où les trois VCN<sub>10</sub> les plus bas ont été enregistrés (Source : EPTB, 2022, [18])

La stationnarité des étiages a également été évaluée sur ces stations par des tests statistiques. Quatre stations comprises dans le périmètre d'étude ont été étudiées (Le Doubs à Goumois, le Doubs à Mathay, le Dessoubre à Saint-Hippolyte et le Cusancin à Baume-les-Dames).

Ces quatre stations présentent des évolutions récentes différentes (Cf. Figure 15) :

- La station du Dessoubre à Saint-Hippolyte présente une tendance à la baisse pour les débits d'étiage (VCN<sub>10</sub>) d'après le test de Mann-Kendall ;
- La station du Cusancin à Baume-les-Dames présente une configuration stationnaire des débits d'étiage, d'après les tests de Mann-Kendall et Pettit;
- Les stations du Doubs à Goumois et du Doubs à Mathay présentent une configuration non stationnaire des débits d'étiage, avec une rupture et une baisse de la moyenne d'après le test de Pettit. Cela suggère une influence marquée des étiages récents (2018, 2022). + "Ces résultats s'inscrivent dans une tendance plus large observée dans d'autres bassins du massif jurassien, où les étiages deviennent plus fréquents et plus marqués sous l'effet du changement climatique."

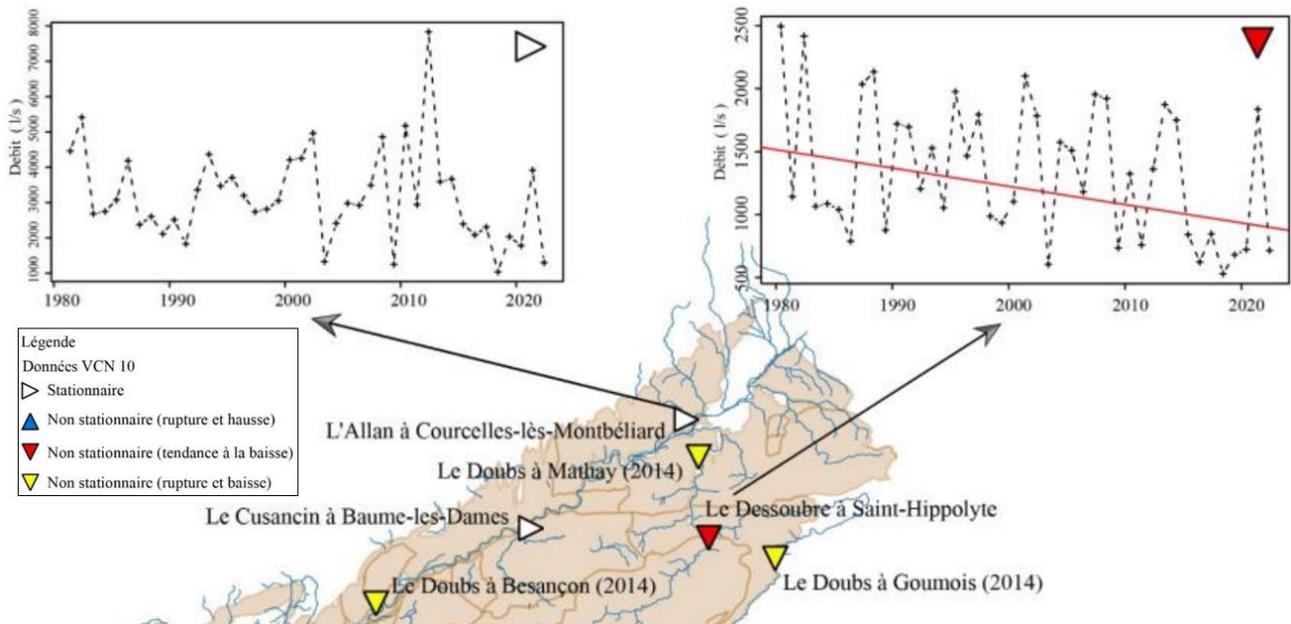


Figure 15 : Typologie de l'évolution des VCN<sub>10</sub> des stations du territoire d'étude (Source : EPTB, 2023,[19])

Une analyse statistique a également été réalisée sur la recharge dans le secteur de Baume-les-Dames. La recharge a été calculée à partir de la formule de Thornthwaite entre 1980 et 2022. Les analyses statistiques mettent en évidence une nette tendance à la baisse de la recharge (Cf. Figure 16) :

- Le test de Mann-Kendall évalue une diminution de la recharge moyenne annuelle de 4,98 mm/an ;
- Le test de Buishand identifie une rupture en 2002. La recharge moyenne annuelle serait de 657 mm avant la rupture et seulement de 532 mm après la rupture.

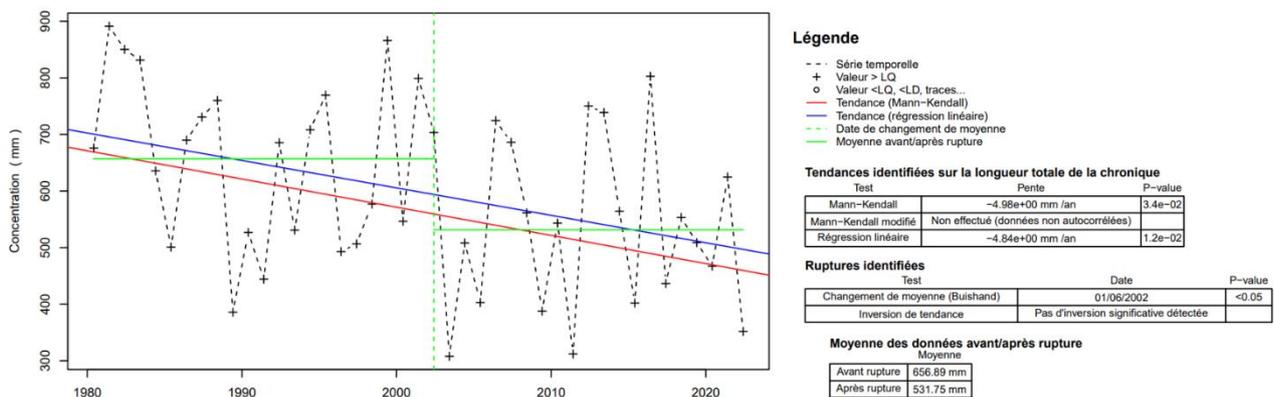


Figure 16 : Test statistique réalisé sur la recharge à Baume-les-Dames (Source : EPTB, 2022)

Ces tendances pluriannuelles récentes des débits d'étiage sont à mettre en regard du changement climatique déjà à l'œuvre (évapotranspiration et pluie efficace notamment, cf. §7). L'évolution de ces tendances dans les années à venir reste donc à analyser avec l'évolution prévue (modélisée) du climat.

## 4.6. INFLUENCE DES ECLUSEES SUR LE FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE

L'étude menée en 2019 par l'AFB [29] s'attache à caractériser l'impact des éclusées<sup>5</sup> des centrales du Doubs médian sur le régime hydrologique du cours d'eau.

Dans le cadre de cette étude, quatre stations ont été étudiées, en entrée de système à Glère, en milieu de système à Villars-sous-Dampjoux et à Mathay et en sortie de système à Voujeaucourt.

Les centrales et les stations hydrométriques prises en compte dans le cadre de cette étude de l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité) sont présentées dans la figure ci-dessous :

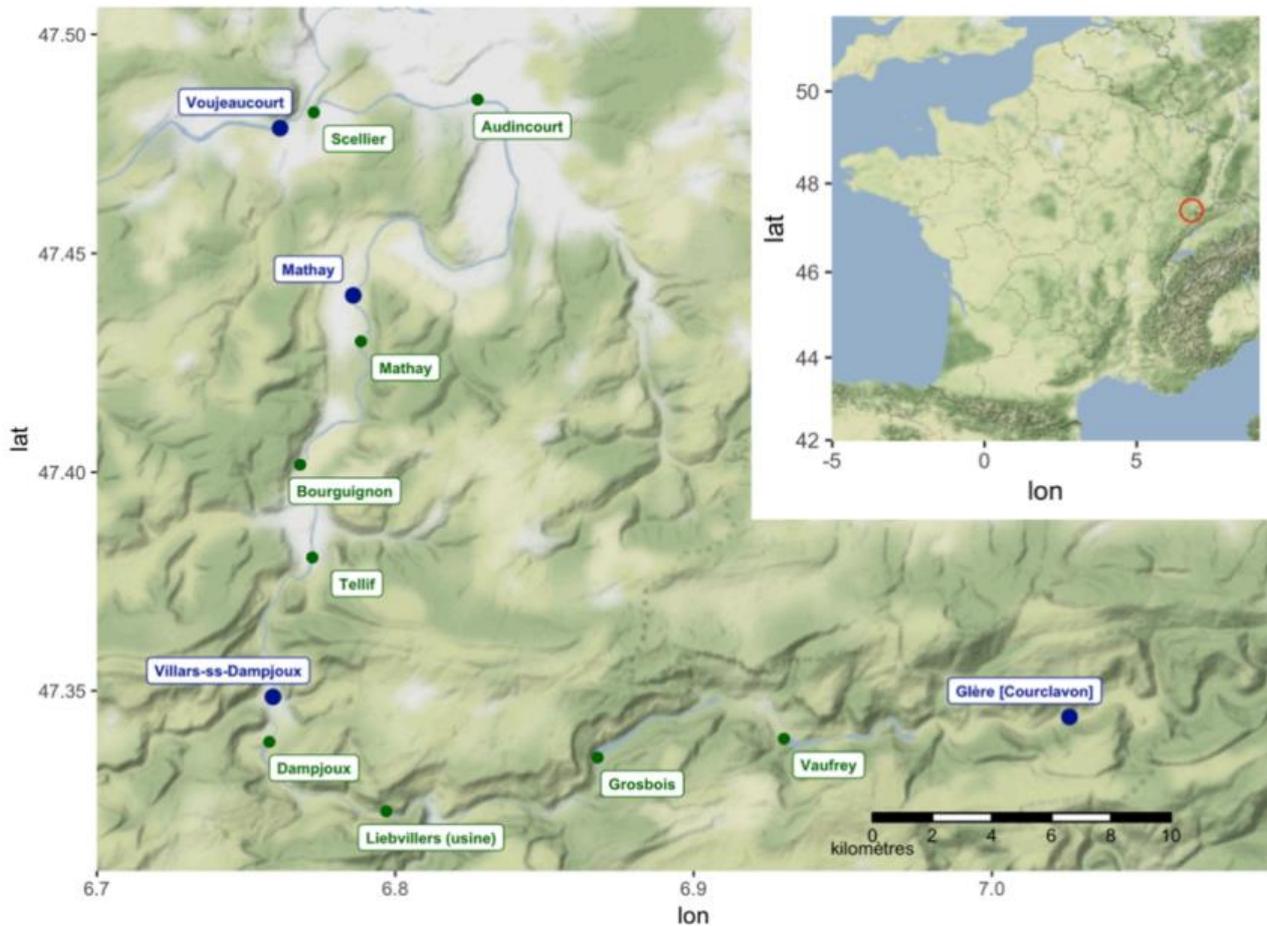


Figure 17 : Situation géographique des aménagements hydroélectriques (vert) sur le Doubs médian et des stations hydrométriques (bleu) (Source : AFB, 2019, [29])

Les caractéristiques des huit centrales situées sur le Doubs médian sont présentées dans la Figure 18.

<sup>5</sup> Lâchures d'une réserve d'eau pour la production d'électricité d'une courte durée (généralement quelques heures)

Aménagements	Cours d'eau		Centrales							Barrage - Retenue					
	Module (m³/s)	Hauteur de chute brute (m)	Débit maximum turbiné		Puissance nominale (MW)	Production moyenne (GWh)	Nb de groupes	Débit d'équipement par groupe (m³/s)	Type turbines	Longueur du remous amont (m)	Hauteur barrage (m)	Largeur en crête (m)	Volume (Mm³)		Temps de séjour moyen (jours) <sup>1</sup>
			(m³/s)	% module									Total	Utile	
Aménagement EDF Vaufrey	35,00	12,60	70,00	200%	6,30	21,50	2	35,00	Kaplan	-5900	26,50	229,00	3,20	1,60	1,06
Aménagement EDF Grosbois	35,00	10,80	15,00	43%	1,10	2,80	2	7,50	Francis	-5800	19,64	93,00	3,00	1,50	0,99
		39,10	44,00	126%	9,00	47,00	4	11,00	Francis						
Aménagement EDF Dampjoux	49,00	7,20	105,00	214%	3,70	16,20	3	35,00	Kaplan	-4200	16,00	122,00	0,60	0,49	0,14
Centrale Tellif	49,6	5,20	52,50	106%	2,678	7,96	3	17,50	Kaplan	-2000	-	-	-	-	-
Centrale Bourguignon	52	4,90	49,50	95%	0,980	5	3	16,50	Francis	-1800	-	-	-	-	-
Centrale Mathay	52	4,2	38	73%	1,73	5,5	3	Gr1 : 14 ; Gr2 : 20 ; Gr3 : 4	2 Francis, 1 THEE type Kaplan	-2300	-	-	-	-	-
Centrale Audincourt	55,6	3,46	48	86%	1	5	5	Gr1 : 12 ; Gr2 : 6 ; Gr3 : 6, Gr4 et Gr5 : 12	1 Kaplan, 1 Francis, 3 bulbes	-1000	-	-	-	-	-
Centrale Scellier	55,9	?	6	11%	?	?	1	6	1 Francis	-1200	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> : calculé en divisant le volume total de la retenue par le module

Figure 18 : Caractéristiques des 8 principaux aménagements hydroélectriques du Doubs médian (Source : AFB, 2019, [29])

L'incidence des éclusées sur le régime hydrologique est définie par un « indicateur éclusées » défini par Courret (2014, [12]) qui introduit cinq niveaux de perturbations hydrologiques : sensible (1), marquée (2), très marquée (3), sévère (4) et très sévère (5) (Cf. Figure 19). Il est considéré que l'hydrologie d'une station est perturbée dès lors que le nombre cumulé de hausses et de baisses de débit sélectionné durant une année est supérieur à 20. Ainsi, plus le régime hydrologique réel diffère du régime naturel, plus le score de perturbation est élevé. A titre d'exemple, les perturbations sont présentées sur les stations du Doubs à Glère, Villars-sous-Dampjoux, Mathay et Voujeaucourt.

En entrée de système (station du Doubs à Glère), la perturbation était « très marquée » jusqu'en 2010, puis s'est atténuée du fait des modifications de gestion du barrage du Châtelot afin de réduire l'impact de ses éclusées. A noter qu'en 2017, un règlement a été instauré afin de définir les mesures de gestion des barrages en amont de la station de Glère.

Plus en aval, au niveau des stations de Villars-sous-Dampjoux et Mathay, la perturbation est « marquée » à « sévère ».

Les centrales au fil de l'eau du Doubs médian semblent donc engendrer une aggravation de la perturbation hydrologique. En modifiant la morphologie du lit, en perturbant la reproduction des espèces sensibles et en limitant la disponibilité des habitats aquatiques

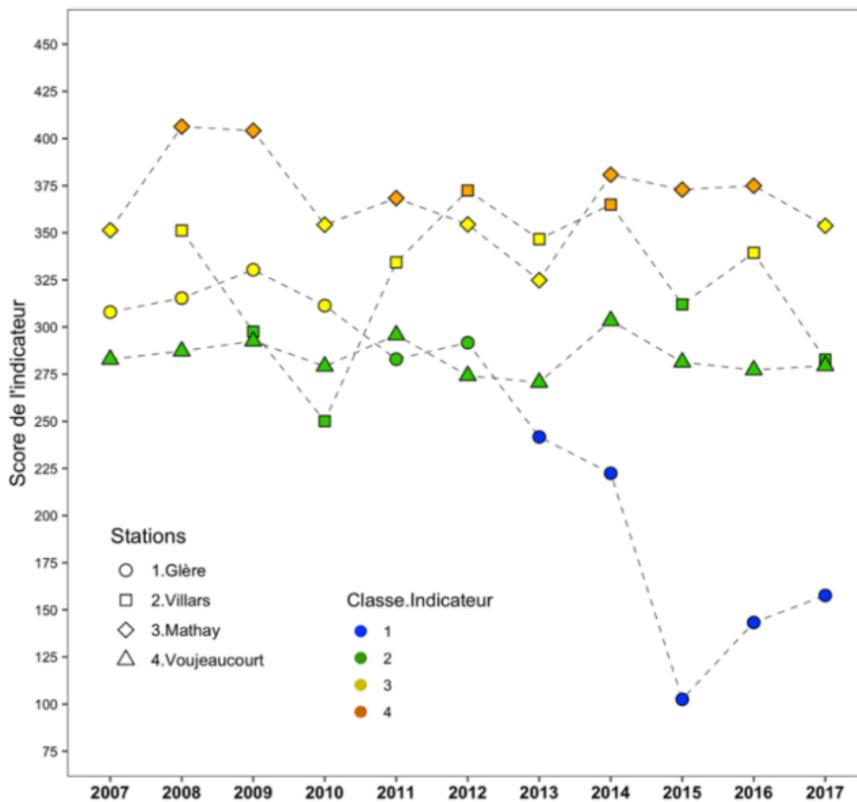


Figure 19 : Evolution temporelle de la perturbation hydrologique due aux éclusées (Source : AFB, 2019, [29])

Par ailleurs, l'étude sur le monitoring du Doubs franco-suisse entre 2017 et 2021 [33] estime les perturbations engendrées par les 3 barrages hydroélectriques présents sur cette portion du Doubs (barrages du Châtelot, de la Goule et du Refrain) sur le débit et sur la biocénose du Doubs. L'étude compare deux périodes : entre 2000 et 2004 comme période de référence et entre 2017 et 2021, à la suite du changement de règlement de fonctionnement des barrages.

Cette étude met en évidence que les écarts au règlement ne peuvent être évités. Ainsi, entre 2017 et 2021, le nombre d'heures pendant lesquelles le débit restitué en aval de la Goule n'est pas atteint est compris entre 1 500 et 3 500 heures sur une année (soit respectivement 62 et 146 journées par an. Globalement, l'occurrence et la durée des faibles débits en aval du barrage de la Goule ne semblent pas avoir changé depuis les années 1970 (Cf. Figure 20).

En aval du barrage du Châtelot, le débit de dotation de 2 m<sup>3</sup>/s est respecté la plupart du temps à l'exception des périodes de sécheresses extrêmes. Le débit est bien supérieur au débit mesuré entre 2000 et 2004 et met en évidence que la situation hydrologique du Doubs entre le barrage du Châtelot et la retenue du Refrain semble meilleure qu'au début des années 2000.

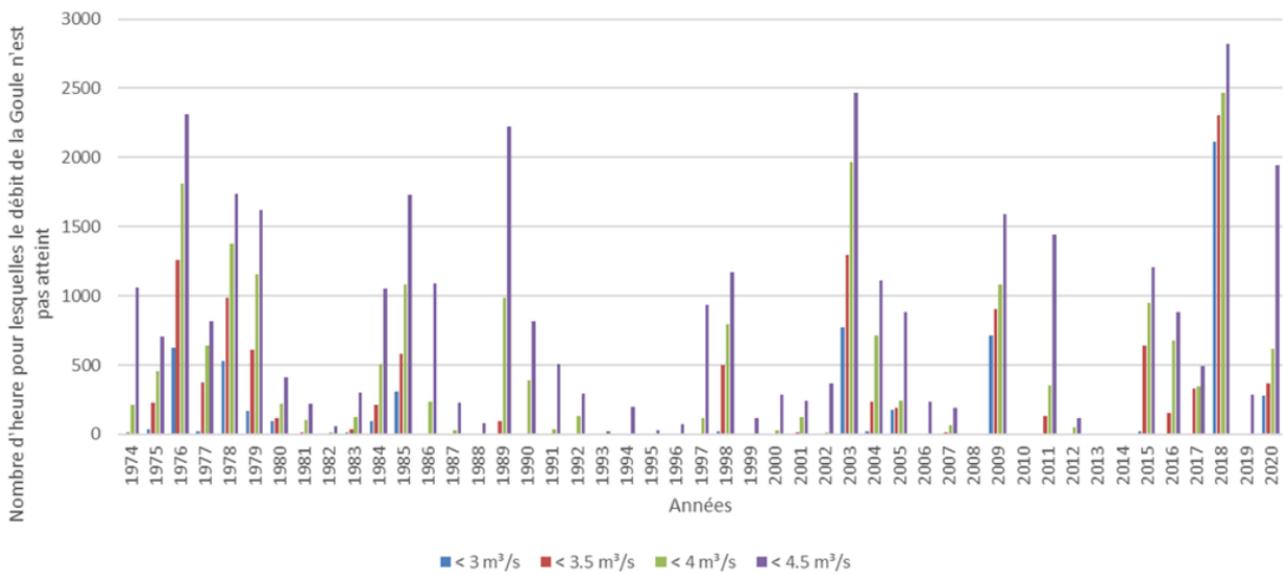


Figure 20 : Analyse des débits du Doubs en aval de la Goule - évolution de l'occurrence et du nombre d'heure de différents débits de basses eaux (Source : Teleos, SCIMABIO, 2023, [33])

La perturbation hydrologique des éclusées sur le débit du Doubs franco-suisse a également été définie par les scores de perturbation définis par Courret (Cf. Figure 21). Cette étude met en évidence que les éclusées perturbent moins le débit du Doubs depuis 2012, à savoir depuis le début des essais de mise en place du nouveau règlement d'eau, validé en 2017. En effet, depuis 2012, les perturbations sont de classe 1 ou 2, alors qu'elles pouvaient atteindre la classe 5 avant le changement de régime.

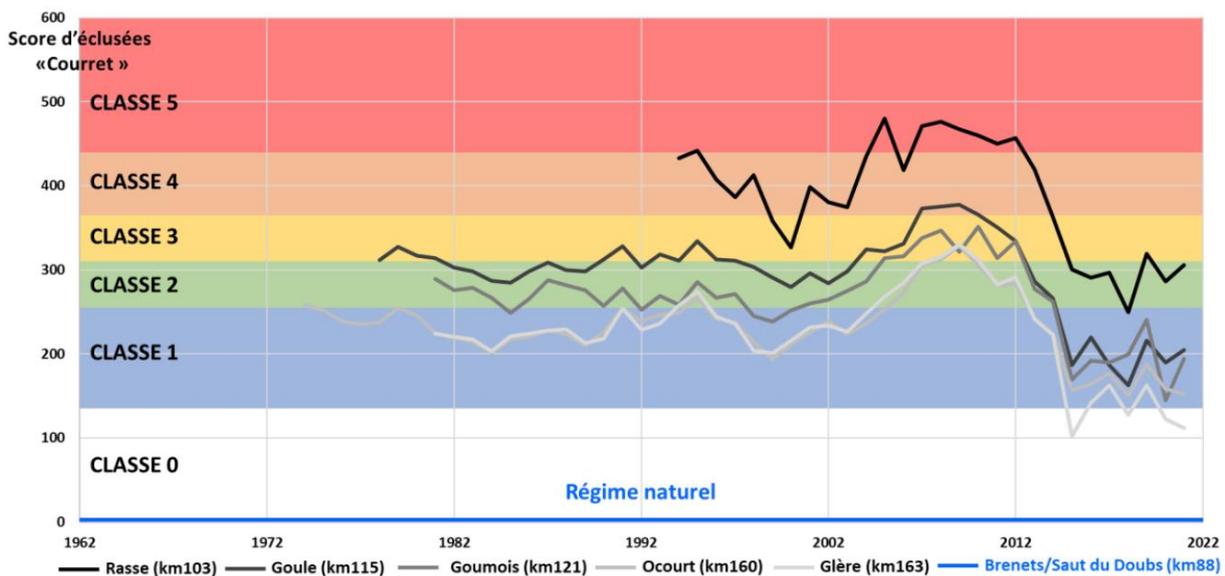


Figure 21 : Score de perturbation du régime hydrologique "Courret" du Doubs dans les secteurs soumis à éclusées de janvier 1974 à décembre 2021 (Source : Teleos, SCIMABIO, 2023, [33])

## 5. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

### 5.1. GEOLOGIE

Le massif montagneux du Jura est majoritairement composé de formations calcaires qui ont été déformées par la compression alpine, sous forme de plissements caractéristiques et affecté par d'importantes failles.

Au-dessus de ces formations calcaires, essentiellement d'âge jurassique, des sédiments d'origine glaciaire ou alluviale se sont déposés lors du Quaternaire.

D'un point de vue de la géologie structurale, on distingue :

- Une zone au nord avec les plateaux d'Ornans et de Leviers, qui est une région légèrement faillée et peu marquée par le relief, à l'exception des entailles que constitue les vallées du Dessoubre et du Doubs. Les plateaux d'Ornans et de Levier sont séparés par une zone de plis d'axe nord-est sud-ouest au droit desquels affleurent les terrains du Crétacé ;
- La Haute Chaîne au sud, qui consiste en une succession de plis bien développés et des failles chevauchantes (toujours orientés nord-est sud-ouest), qui font apparaître alternativement des terrains du jurassique et du crétacé.

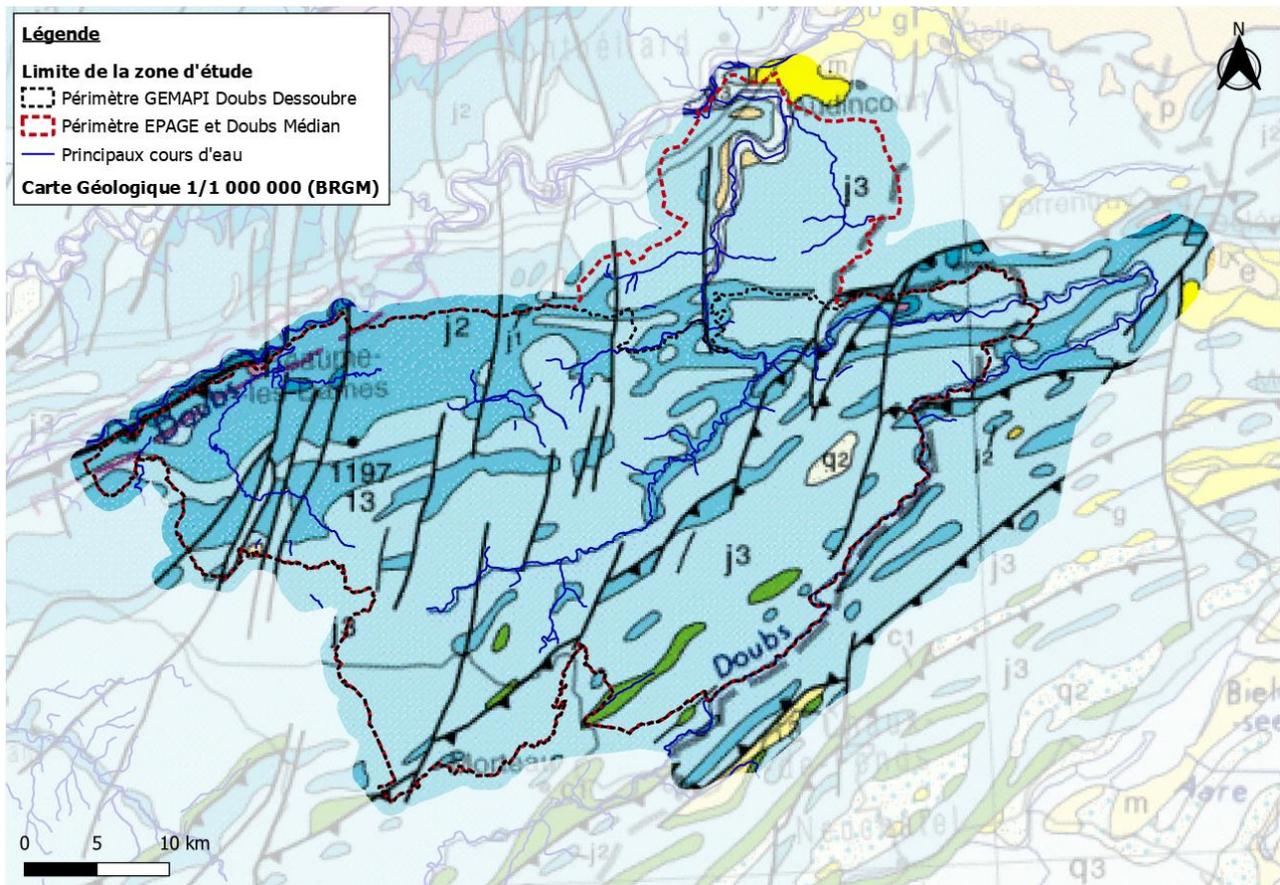


Figure 22 : Carte géologique du secteur d'étude (BRGM), les couleurs des formations géologiques sont indiquées dans le log stratigraphique ci-dessous.

Les formations jurassiques et crétacées sont constituées sur plusieurs centaines de mètres de calcaires, avec quelques passages marno-calcaires voire de marnes. Ces calcaires ont été altérés et érodés au fil des temps géologiques, plutôt à l'occasion de circulations souterraines préférentielles (failles, etc.) pour former une géomorphologie particulière et notamment des cavités de taille variable (typiquement décimétrique à métrique) appelés karst.

Le long des cours d'eau, on trouve des formations alluviales quaternaires (le long du Doubs, du Dessoubre et du Cusancin), mais elles sont généralement peu étendues.

Dans les vallées encaissées du Doubs et du Dessoubre, des éboulis sont également présents. Il s'agit généralement d'éboulis anciens plus ou moins cimentés ou liés par des argiles de décalcification.

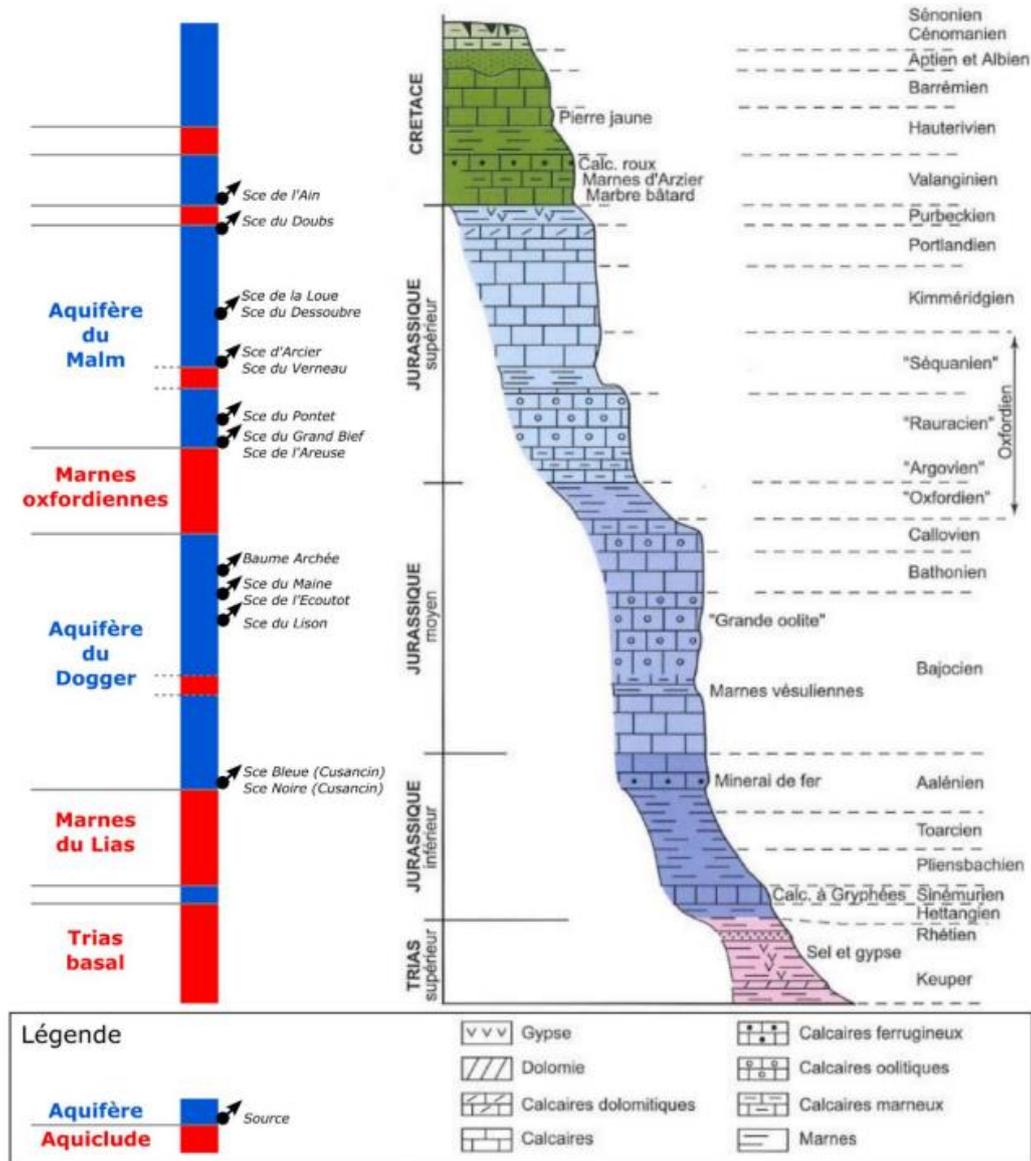


Figure 23 : Log géologique du massif du Jura (modifié d'après Chauve, 2006) et localisation des principaux aquifères et aquicludes (Source : Etude NutriKarst, BRGM, 2022, [9])

La localisation des sources les plus importantes du bassin du Doubs met en évidence que les principaux aquifères sont localisés dans les deux grandes séries carbonatées du Malm et du Dogger, séparées par les marnes oxfordiennes.

## 5.2. PERTES ET RESURGENCES KARSTIQUES

Le caractère karstique du secteur étudié, se traduit d'abord par des infiltrations totales des précipitations dans le sol (souvent au niveau de dolines) et par des liaisons hydrauliques souterraines rapides vers les principaux cours d'eau. Une conséquence de cette infiltration rapide des eaux météoriques, est la quasi-absence de réseau hydrographique pérenne en dehors des principaux cours d'eau cités ci-avant.

Les circulations souterraines de l'eau liées aux phénomènes karstiques font que les bassins versants hydrogéologiques peuvent être différents des bassins versants topographiques. La figure suivante présente le découpage des bassins versants hydrogéologiques réalisé à partir des informations données par les opérations de traçages des eaux (base de données DREAL). A noter que le découpage des bassins versants a été réalisé au niveau des stations hydrométriques principales de la zone d'étude tout en intégrant les données hydrogéologiques, et ces derniers sont appelés sous-bassins versants par la suite (Cf. section 8).

Aucune perte majeure du Doubs n'a été recensée sur le secteur d'étude.

Les pertes karstiques de la Reverotte ont été étudiée par le Cabinet REILE, [5]. Cette étude a mis en évidence que ces pertes étaient liées au substrat de la vallée constitué des calcaires du Rauracien et à la fracturation importante du plateau liée à la traversée de la vallée par une faille majeure du plateau. Ces pertes sont englobées dans le même sous-bassin versant et ne seront donc pas prises en compte pour le reste de l'étude.

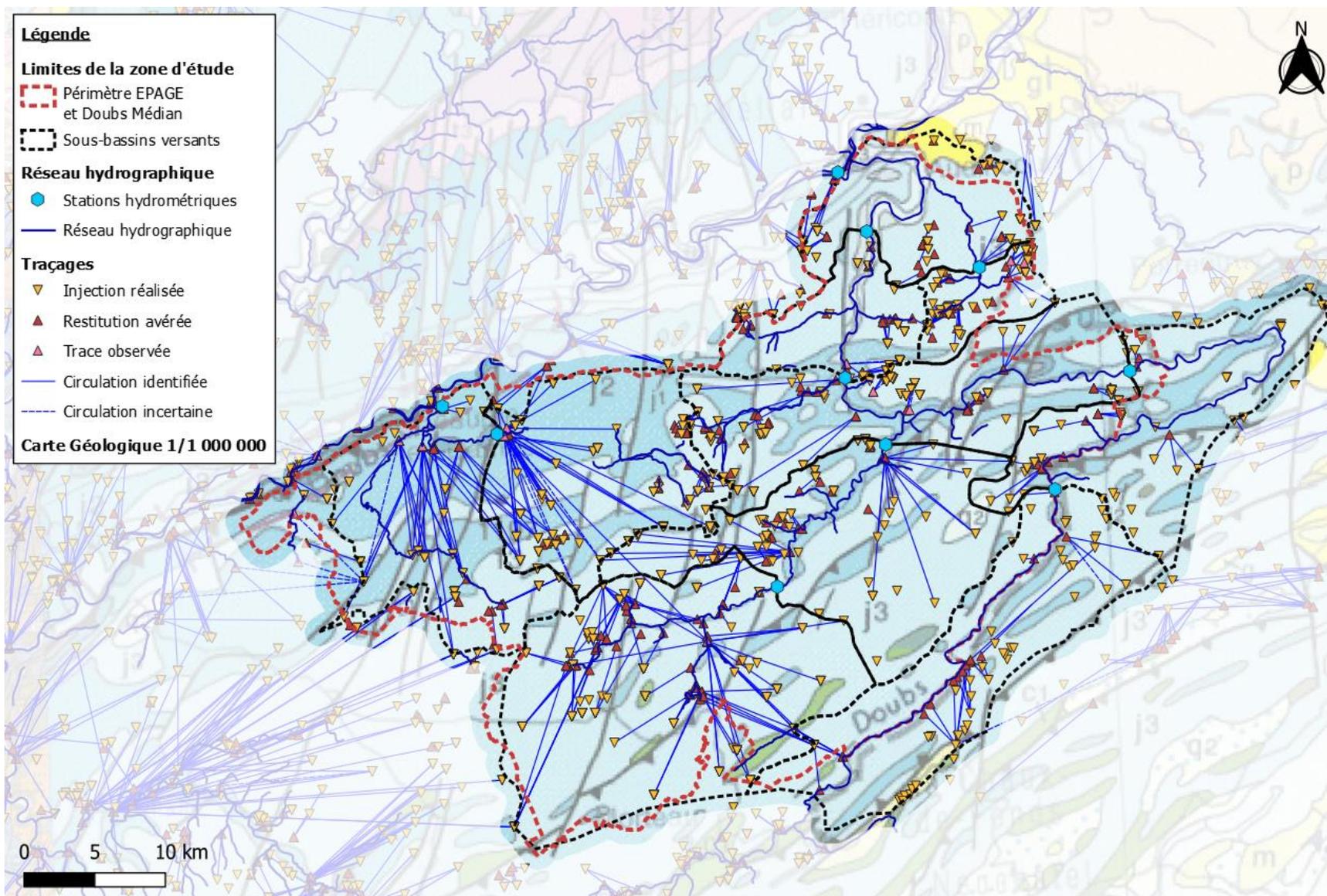


Figure 24 : Liaisons karstiques repérées sur le secteur d'étude et sous-bassins versants hydrogéologiques

### 5.3. NAPPE ALLUVIALE DU DOUBS

Entre Pont-de-Roide et Montbéliard, le Doubs s'écoule dans des alluvions récentes quaternaires déposées sur les formations calcaires du Jurassique supérieur [11].

Les alluvions du Doubs sont hétérogènes et constituées de sables et graviers. Elles peuvent être recouvertes de limons d'inondation peu perméables. La base de ces alluvions est généralement composée de gros galets.

L'épaisseur de ces alluvions varie généralement entre 3 et 5 mètres, mais peut atteindre une dizaine de mètres localement. L'épaisseur de la couverture varie de 1 m en amont de Montbéliard à 1,5 à 3 mètres entre Montbéliard et Clerval.

La nappe des alluvions est alimentée par :

- Les précipitations, bien qu'il ne s'agisse pas du mode d'alimentation le plus important compte tenu de la faible extension de ces formations ;
- Des aquifères karstiques drainés par le Doubs dont certains exutoires peuvent se déverser dans les alluvions ;
- Le Doubs en période de crue, lorsque le niveau du cours d'eau est plus haut que le niveau piézométrique de la nappe.

L'étude des ressources majeurs pour l'AEP menées par CPGF-Horizon en 2012 [11] a conclu à un potentiel mauvais ou moyen de la ressource avec débits d'exploitation globalement estimés inférieurs à 50 m<sup>3</sup>/h<sup>6</sup> (mètres cubes par heure) (calcul de débit d'après la formule de Dupuit) (Cf. Figure 25). Cette même étude n'identifie pas de ressource majeure future dans le secteur d'étude.

On notera tout de même que malgré la relative faible productivité, l'exploitation de la nappe des alluvions peut présenter un avantage vis-à-vis des prélèvements d'eau superficielle (plus grande stabilité de la ressource en période d'étiage, meilleure qualité, stabilité thermique notamment vis-à-vis des problématiques du captage de Mathay, etc.).

---

<sup>6</sup> Un captage de 50 m<sup>3</sup>/h représente un prélèvement potentiel de l'ordre de 400 000 m<sup>3</sup>/ an

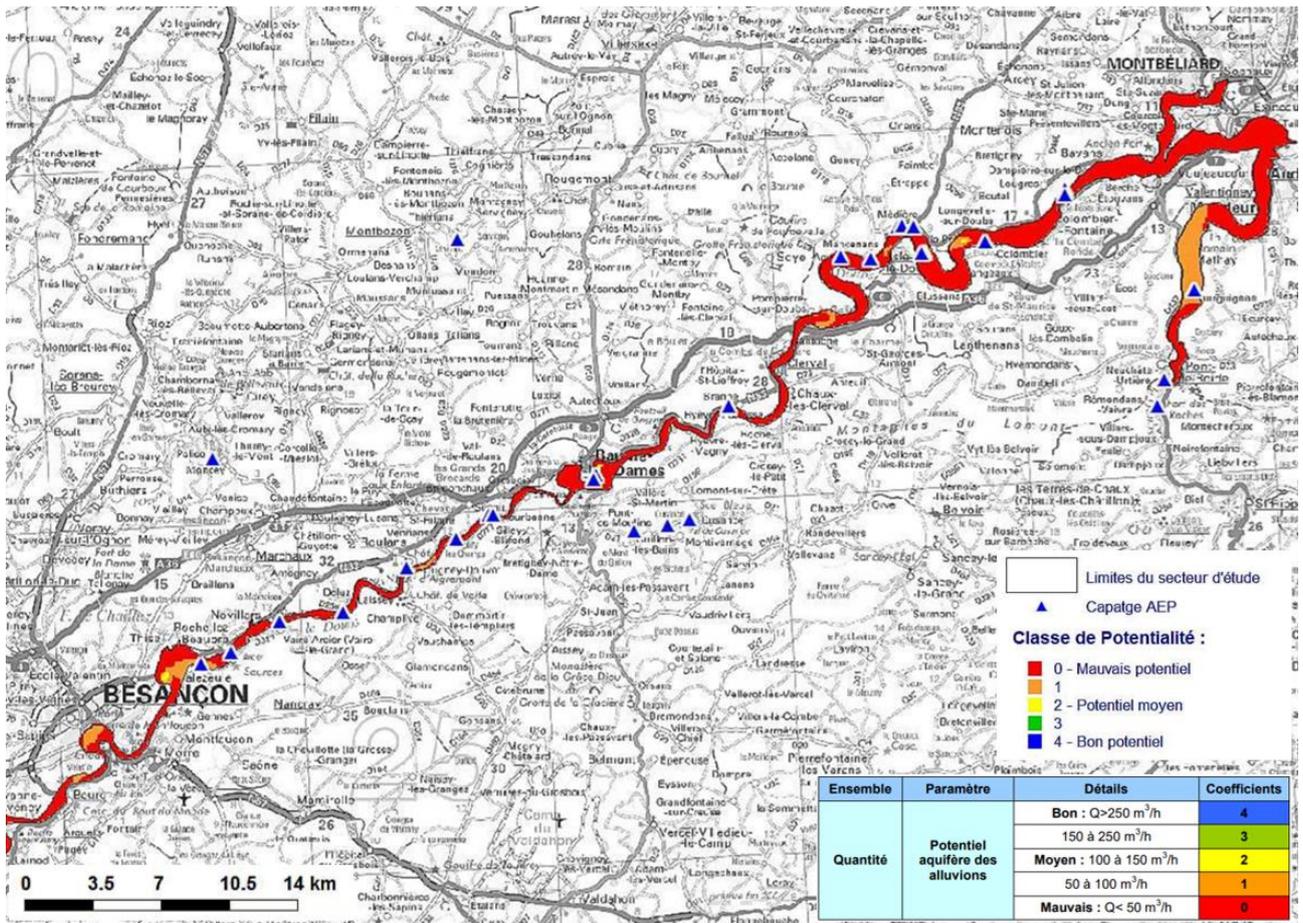


Figure 25 : Estimation du potentiel de la nappe alluviale du Doubs (Source, CPGF-Horizon, 2012, [11])

## 5.4. RESSOURCES KARSTIQUES MAJEURES

Une étude d'identification des ressources karstiques majeures pour l'alimentation a été réalisée en 2013 par Idées-Eaux Caille, MFR et CPIE, et a identifié des ressources potentiellement intéressantes pour l'alimentation en eau potable (IdéesEaux et al. 2013, [21]). Plusieurs critères ont été intégrés à l'analyse et au choix des ressources stratégiques : la quantité et la qualité potentielle, la proximité des usages, etc.

Les ressources identifiées sont présentées dans la cartographie suivante.

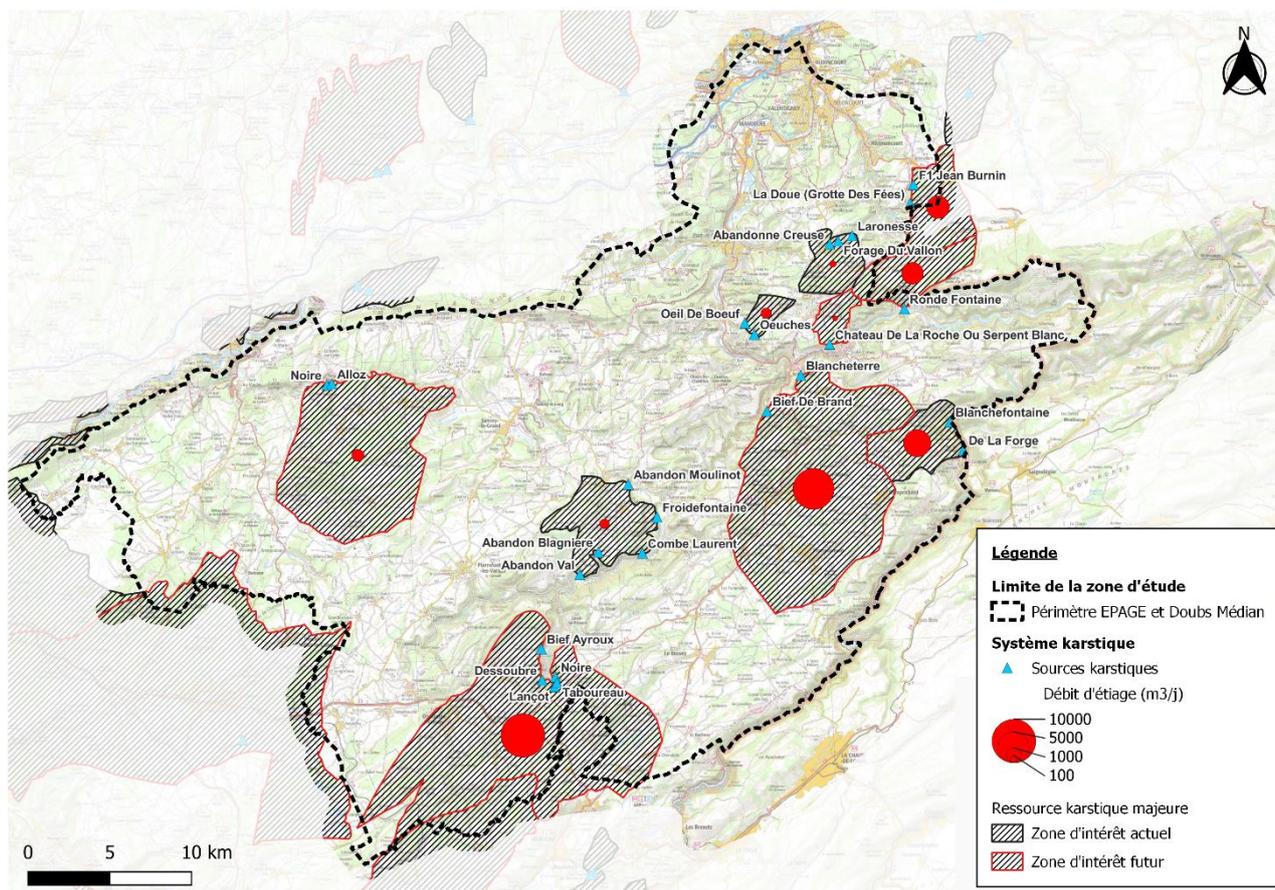


Figure 26 : Cartographie des ressources karstiques majeures du secteur étudié

Elles sont dans l'ensemble mal connues. Leur développement en tant que ressources alternatives nécessite des études de reconnaissance qui devront s'étaler sur plusieurs années. A noter que l'étude sur les Ressources Karstiques Majeures est en cours (Cabinet REILE mandaté par l'EPAGE). L'identification et la caractérisation de ces ressources pourra être complétée en fonction de l'avancement de l'étude. Des premières informations ont néanmoins permis de définir les délimitations 2024 des RKM avec leurs extensions et des autres karsts structurants du territoire de l'EPAGE (cf. figure ci-dessous) mettant ainsi en évidence notamment de nouvelles RKM.

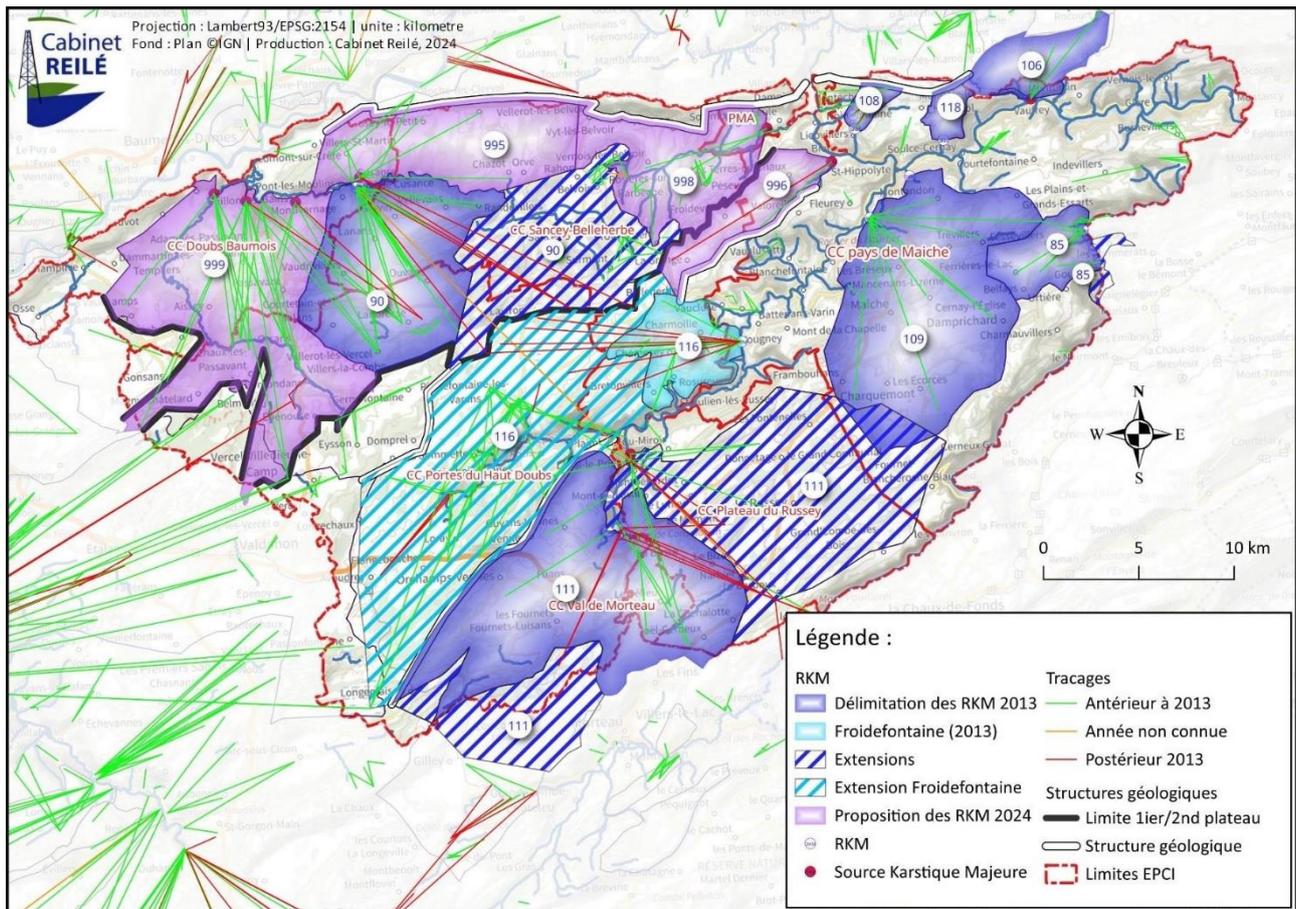


Figure 27 : Délimitation 2024 des RKM avec leurs extensions et des autres karsts structurants du territoire de l'EPAGE, issue du rapport provisoire de l'étude pour la préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable réalisée sur le périmètre de l'EPAGE Doubs Dessoubre (Cabinet Reilé).

Le débit d'étiage des sources karstiques identifiées est variable en fonction des sources. Il peut atteindre 8600 m<sup>3</sup>/j (mètres cubes par jour) (source du Bief de Brand).

La source de la Ronde Fontaine a la caractéristique d'être vaclusienne, c'est-à-dire de posséder des volumes de vides ennoyés sous le niveau de la source (c'est-à-dire possédant un volume de ressource potentiellement important) permettant d'être temporairement surexploitée par rapport au débit d'étiage.

Les ressources karstiques concernées pas le site d'étude sont précisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Ressources karstiques au sein du territoire d'étude

N°	Nom ressource	Superficie	Nom source	Exploitation AEP
7	Source de la Doue et forage Jean Burnin	18,6 km <sup>2</sup>	Source de la Doue (exurgence se jetant dans le Gland)	Non exploitée
			Forage Jean Burnin (≈100 m de profondeur)	SIE d'Abbévillers
8	Sources de la Laronesse – Creuse – Forage du Vallon	12 km <sup>2</sup>	Source de la Creuse (source de déversement)	Non exploitées
			Source de la Laronesse (source vauclusienne)	
			Forage du Vallon (captage vauclusien)	SIE d'Abbévillers
9	Source de la Ronde Fontaine	16,9 km <sup>2</sup>	Source de la Ronde Fontaine (exurgence vauclusienne, se déverse dans le Doubs)	Non exploitée
10	Sources Œil de Bœuf et Œuches	4,1 km <sup>2</sup>	Source Œil de Boeuf	Commune de Noirefontaine
			Sources de Œuches	SIE du Lormont
11	Source du Château de la Roche	6 km <sup>2</sup>	Source du Château de la Roche (se jette dans le Doubs)	Non exploitée
13	Sources Noire et Alloz	76 km <sup>2</sup>	Source Noire	Non exploitées
			Source Alloz (trop plein du système)	
14	Plateau de Chamesey – Source de Froidefontaine	24 km <sup>2</sup>	Source de Froidefontaine	SIE de Froidefontaine
			Source Combe	Commune de Rosureux
			Source du Moulinot	Abandonnées
			Source Blagnière	
15	Source du Bief de Brand	108 km <sup>2</sup>	Source du Bief de Brand (se jette dans le Dessoubre)	Non exploitée
			Source de Blancheterre	Commune de St-Hippolyte
16	Source de Blanchefontaine et de la Forge	17,6 km <sup>2</sup>	Source de Blanchefontaine	SIVU du plateau Maîchois
			Source de la Forge	Goumois
20	Sources du Dessoubre et du Bief Ayroux	123 km <sup>2</sup>	Source du Dessoubre	Non exploitées (donnent naissance au Dessoubre)
			Source du Tabourot	
			Source du Lançot	
			Source Noire	Non exploitée
23	Plateau de Gilley – les Combes	69,4 km <sup>2</sup>	Source de la Colombière (source vauclusienne)	Non exploitées
			Source du Pont du Diable (source vauclusienne)	

## 6. USAGES ET MILIEUX

### 6.1. SOUS-BASSINS VERSANTS TRACES POUR LA ZONE D'ETUDE

Sur la base du contexte hydrologique (y compris l'évaluation des stations hydrométriques) et du contexte hydrogéologique, dix sous-bassins versants ont été tracés sur la zone d'étude :

- Le Doubs à Goumois ;
- Le Doubs à Glère ;
- Le Doubs à Villars ;
- Le Doubs à Mathay ;
- Le Doubs à Voujeaucourt ;
- Le Dessoubre à Rosureux ;
- Le Dessoubre à St-Hippolyte ;
- Le Cusancin à Cusance ;
- Le Cusancin à Baume-les-Dames ;
- Le Gland à Meslières.

La figure ci-dessous présente les dix sous-bassins versants.

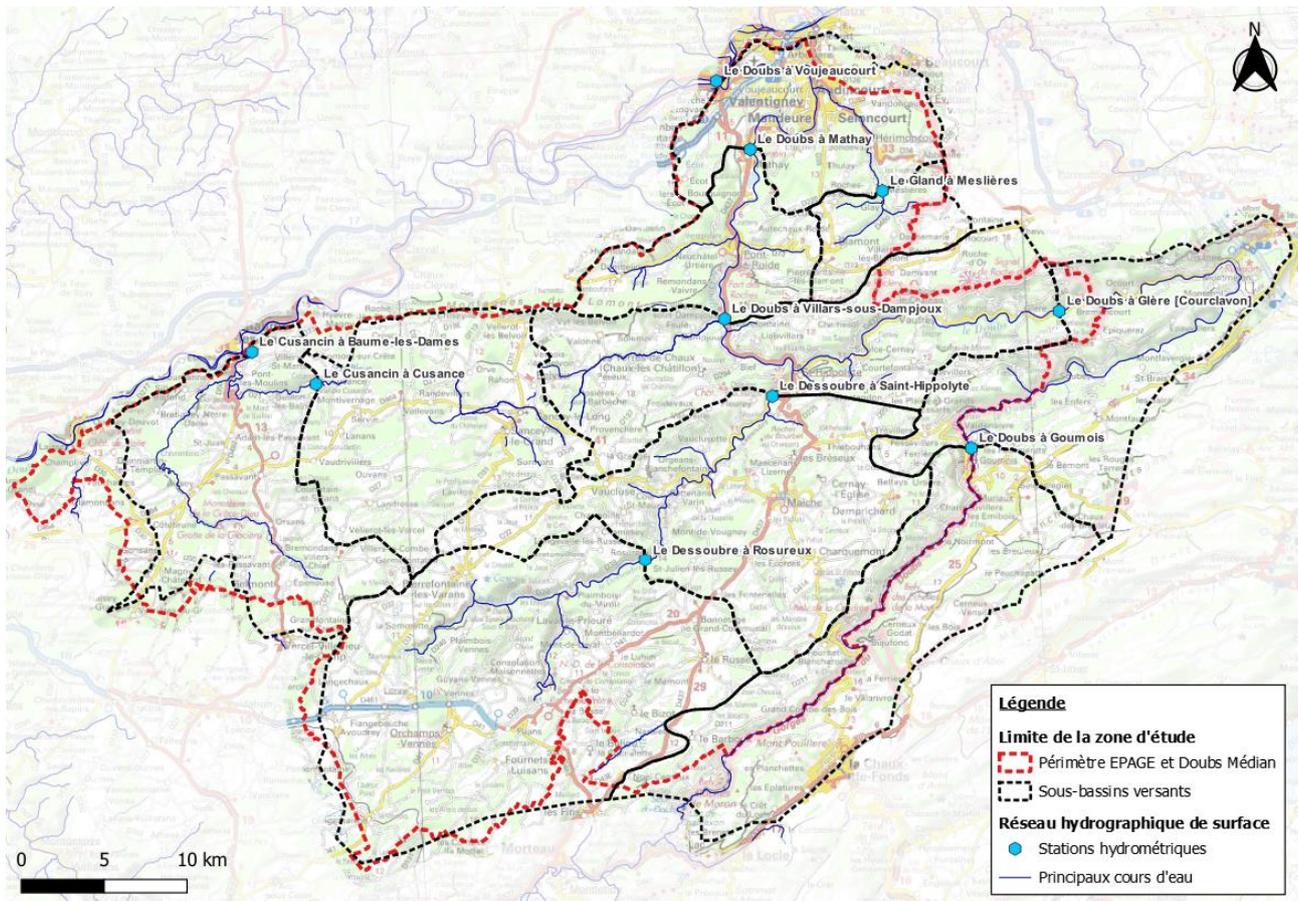


Figure 28 : Cartographie des sous-bassins versants sur la zone d'étude

## 6.2. PRELEVEMENTS EN EAU SUR LE SECTEUR D'ETUDE

Dans les usages de l'eau, on distingue les prélèvements en eau (qui impliquent un usage dans un lieu différent du lieu de prélèvement) et les usages au fil de l'eau tels que les usages de loisir par exemple (baignade, etc.). L'usage de l'eau pour l'hydroélectricité est traité à part puisque qu'il s'agit d'un prélèvement, mais avec un rejet généralement très proche de son point de prélèvement.

Les données de prélèvements ont été récupérées auprès de la base de données BNPE (lien en bibliographie). La Figure 29 présente la localisation des prélèvements recensés pour l'année 2021. A noter que l'année 2021 constitue l'année la plus récente pour laquelle les données sont disponibles et que les données de prélèvements sur les années précédentes sont du même ordre de grandeur depuis 2012.

Un récapitulatif des volumes consommés, produits (tous usages, y compris l'industrie), importés, exportés et rejetés par sous-bassin versant est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Récapitulatif des volumes consommés, prélevés, importés, exportés et rejetés par sous-bassin versant, en m<sup>3</sup>/an

Bassin versant	Consommation théorique (Population + UGB)	Prélèvement (BNPE 2021 – tous usages)	Import	Export	Rejet
BV Cusancin Baume Les Dames	469 529	139 685	275 090	-	68 985
BV Cusancin Cusance	514 320	389 287	157 424	-	181 040
BV Dessoubre Rosureux	1 502 992	122 905	1 130 647	-	638 020
BV Dessoubre Saint-Hippolyte	1 221 912	703 280	989 766	467 451	881 475
BV Doubs Glère	95 937	1 192 712	-	1 030 879	12 775
BV Doubs Goumois	181 545	49 514	119 627	-	27 375
BV Doubs Mathay	439 864	642 857	63 616	5 068	458 805
BV Doubs Villars	539 881	887 583	173 529	5 158	116 070
BV Doubs Voujeaucourt	2 617 764	10 753 728	107 449	4 425 402	3 764 975
BV Le Gland Meslières	151 752	368 617	-	207 833	154 030

Chaque usage est décrit plus en détail dans les paragraphes suivants.

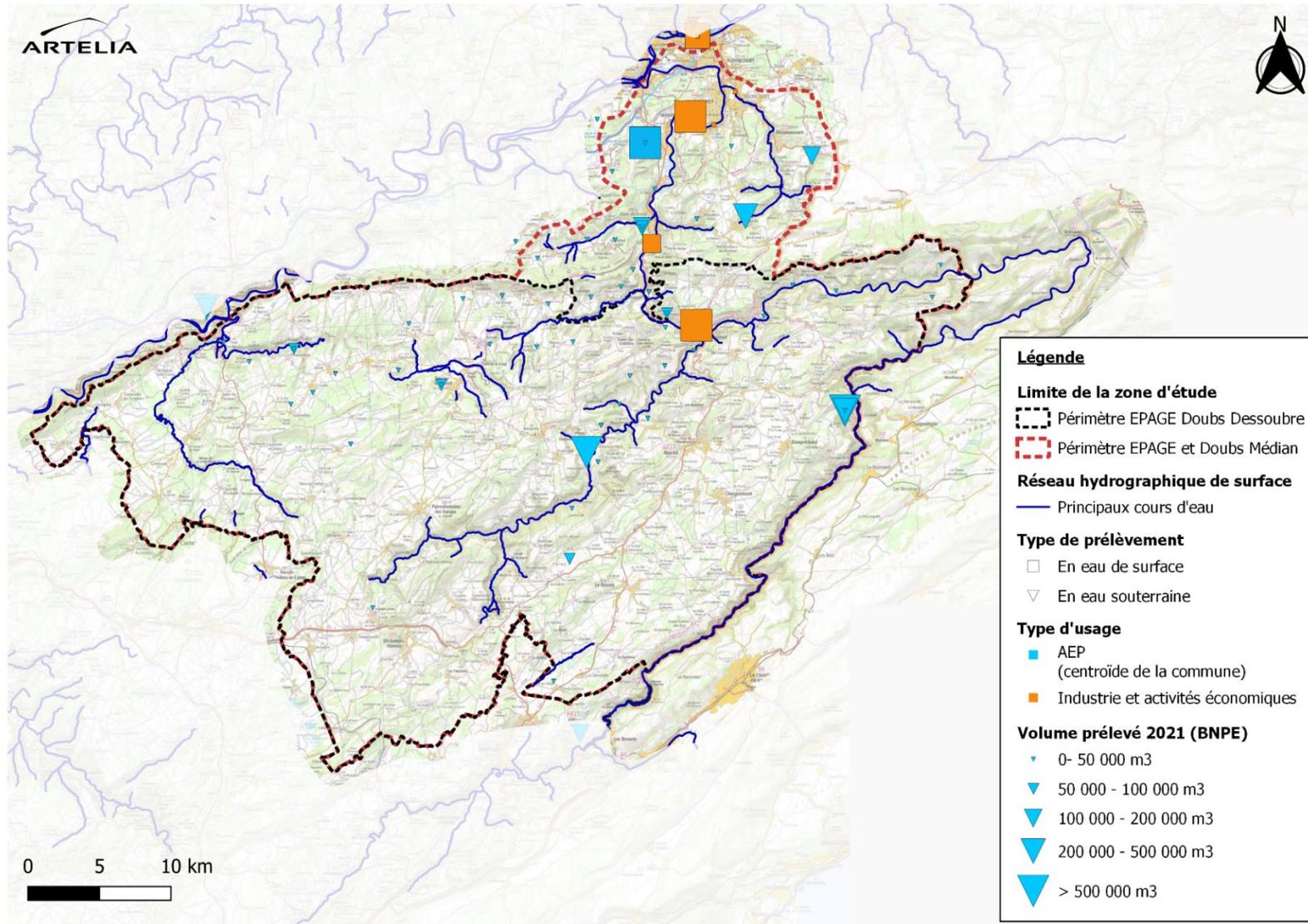


Figure 29 : Cartographie des prélèvements en eau (source BNPE, 2021)

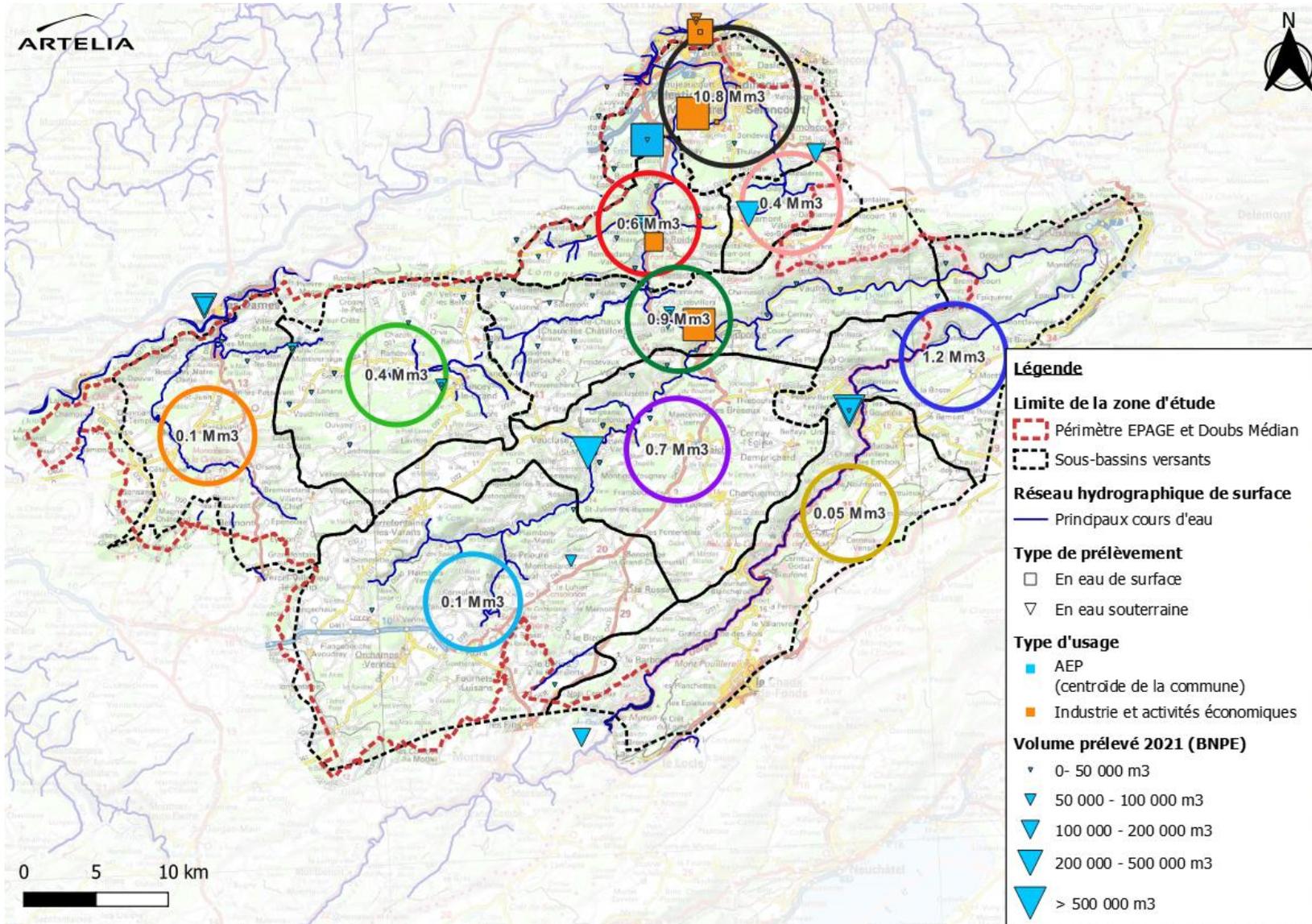


Figure 30 : Répartition des prélèvements par sous-bassins versants

Les captages sont très majoritairement liés à des prélèvements pour l'alimentation en eau potable (AEP, en bleu sur la carte), dont l'usage peut être domestique, agricole (pour l'abreuvement essentiellement) ou industriel (par exemple pour les industries agro-alimentaires).

A noter que les prélèvements déclarés correspondent à des usages pour l'eau potable, les canaux, l'industrie, mais aucun prélèvement pour l'irrigation n'est déclaré sur le département du Doubs.

L'organisation de la distribution de l'eau potable sur le territoire est relativement complexe et implique que les lieux de l'utilisation de l'eau peuvent être assez éloignés des lieux de production. Ceci implique également qu'il existe des transferts inter-bassins sur le secteur : à la fois des transferts entre sous-bassins à l'intérieur de la zone d'étude mais également à l'extérieur de la zone d'étude. Connaître ces transferts d'eau est important pour anticiper comment vont évoluer les besoins en eau dans le futur (cf. paragraphes suivants), cette évolution n'étant pas homogène sur le territoire.

La sollicitation des syndicats de production d'eau potable, la consultation du schéma directeur départemental d'eau potable (Safege 2016), et des schémas directeurs des syndicats (CCPHD, CCPM, CCPR, CCPSB, SIEHL), ont permis de recenser les principaux transferts d'eau entre bassins versants (voir figure suivante). On remarque également qu'en termes de volumes prélevés, les prélèvements se concentrent principalement sur quatre zones : la prise d'eau sur le Doubs à Mathay (qui constitue le plus gros prélèvement du territoire), les captages à Goumois, Froidefontaine et à Blamont. C'est principalement à partir de ces zones de gros prélèvements que s'effectuent les exports hors des bassins-versants. A noter que d'importants imports sont également mis en évidence, notamment ceux provenant du Syndicat Intercommunal des Eaux de la Haute-Loue (SIEHL).

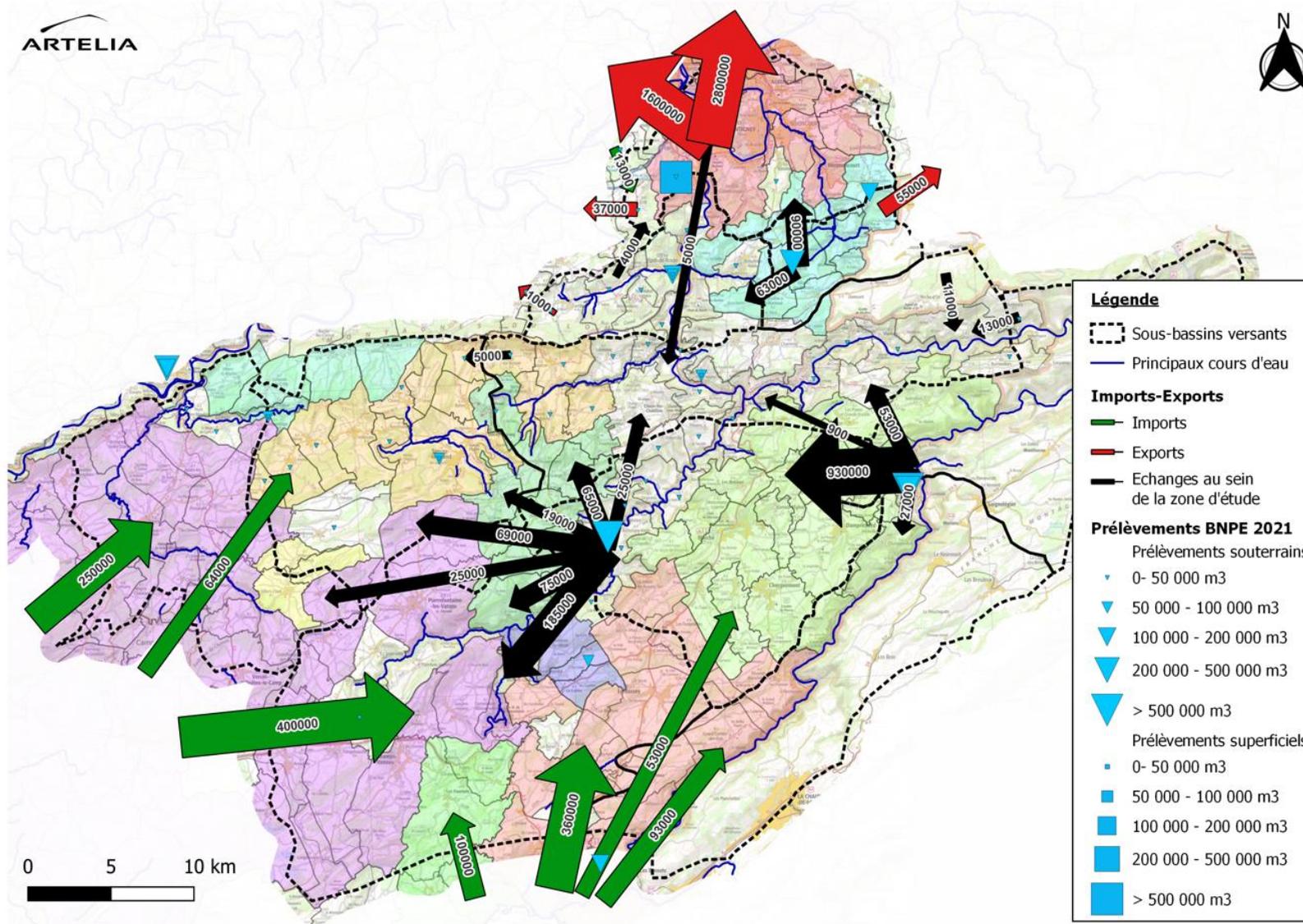


Figure 31 : Représentation des principales zones de prélèvements en eau et exports entre sous-bassins versant associés.

## 6.2.1. Consommation domestique

Les prélèvements pour la consommation domestique sont d'origine AEP. Ils dépendent directement du nombre d'habitants sur le territoire mais aussi des habitudes de consommation et de la fréquentation touristique.

### 6.2.1.1. Situation actuelle

La consommation domestique constitue la part la plus importante des prélèvements en eau sur le territoire d'étude. Il est possible de l'estimer à partir d'un besoin théorique par an et par habitant. Après analyse des schémas directeurs, du Schéma Départemental d'Alimentation en Eau Potable du Doubs et des syndicats AEP locaux au sein de l'EPAGE, ce besoin théorique est estimé à 135 L/j/hab (litre par jour par habitant), soit environ **50 m<sup>3</sup>/an/hab**. Selon les données disponibles, ce besoin ne connaît que peu de variation saisonnière au cours de l'année.

Rapportée à la population du secteur d'étude (110 000 habitants environ), la consommation théorique annuelle pour l'usage domestique est de l'ordre de 5,5 millions de m<sup>3</sup> d'eau par an.

Les prélèvements d'eau sur le territoire d'étude étaient de l'ordre de 13,7 millions de m<sup>3</sup> en 2021.

Le prélèvement d'eau le plus important correspond à la prise d'eau dans le Doubs située à Mathay (dans le sous-bassin versant du Doubs à Voujeaucourt). Ce point de prélèvement permet d'alimenter en eau potable la majeure partie de territoire de PMA (Pays de Montbéliard Agglomération) et sert également de soutien à l'agglomération du Grand Belfort en cas de pénurie d'eau. Il représente donc un point clé de l'exportation d'eau et joue un rôle stratégique dans la gestion de l'eau.

Tableau 6 : Consommation théorique de l'usage domestique pour les sous-bassins versants de l'EPAGE, situation actuelle, calculs ARTELIA.

Bassin Versant	Population - habitants	Consommation théorique – m <sup>3</sup> /an
BV Cusancin Baume Les Dames	3 051	152 550
BV Cusancin Cusance	3 846	192 300
BV Dessoubre Rosureux	15 722	786 100
BV Dessoubre Saint-Hippolyte	15 776	788 800
BV Doubs Glère	740	37 000
BV Doubs Goumois	1 683	84 150
BV Doubs Mathay	7 622	381 100
BV Doubs Villars	5 326	266 300
BV Doubs Voujeaucourt	51 640	2 582 000
BV Le Gland Meslières	2 780	139 000
<b>Total</b>	<b>108 186</b>	<b>5 409 300</b>

Si ce besoin théorique ne connaît que peu de variations saisonnières, les ressources en eau peuvent être affectées par des épisodes météorologiques exceptionnels, comme lors des sécheresses de 2018 et 2022. Durant cet été, plusieurs communes ont dû être alimentées par des camions-citernes, faute de réserves en eau potable suffisantes.

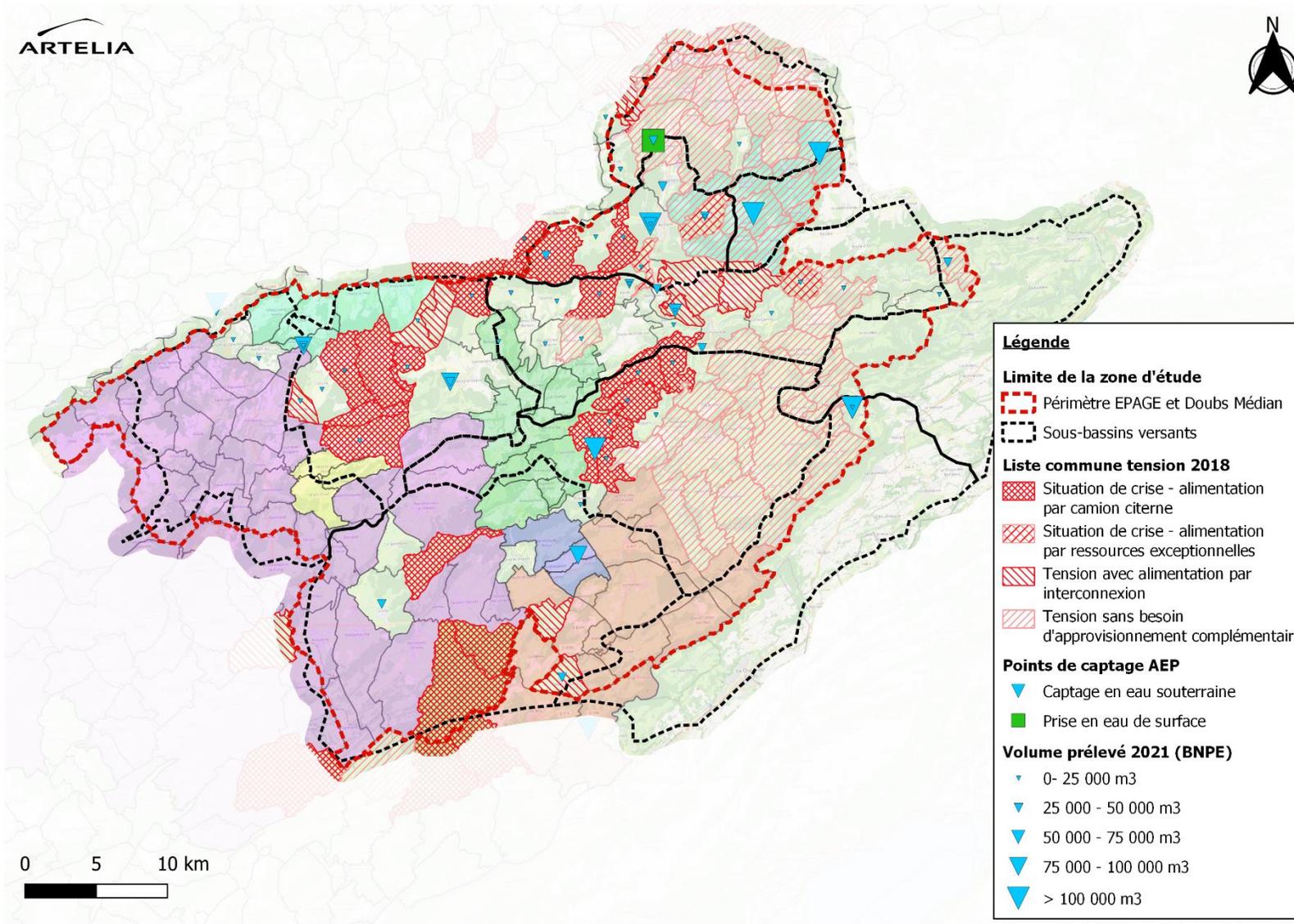


Figure 32 : Carte des captages et des situations problématiques lors de la sécheresse de 2018 (les couleurs en fond correspondent aux unités de gestion de l'eau).

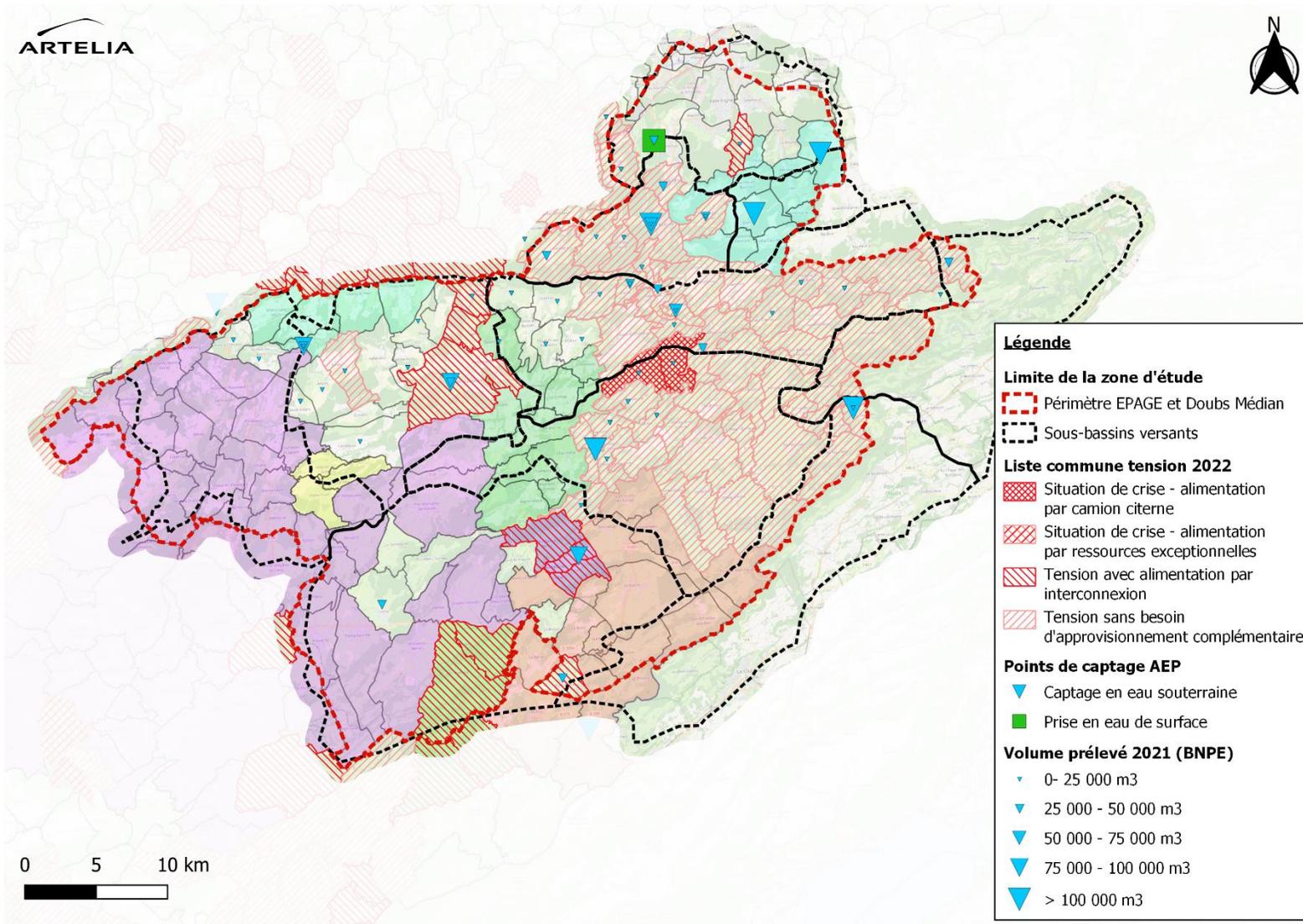


Figure 33 : Carte des captages et des situations problématiques lors de la sécheresse de 2022 (les couleurs en fond correspondent aux unités de gestion de l'eau).

Le tableau suivant récapitule les informations plus détaillées récupérées sur les tensions et les crises de l’AEP en 2018.

Tableau 7 : Synthèses des principales difficultés recensées par l’ARS en 2018

Commune	Situation	Informations sécheresse
LANDRESSE	Crise - citerne	08/10 : Apport d’eau par citernes
LA BOSSE	Interconnexion	Achat d’eau au SIE Haut Plateau du Russey
NOEL-CERNEUX	Interconnexion	Achat d’eau au SIE Haut Plateau du Russey
OUVANS	Crise - citerne	Camions citernes en août, octobre et novembre 14/11/18 : camions citernes tous les 2 ou 3 jours (25 à 30 m <sup>3</sup> ) Travaux d’interconnexion avec SIEHL prévus (+ Landresse, Servin, Vellefans, Randevillers)
SERVIN	Crise - citerne	Septembre 2018 – Citernes (eau du SIE de Froidefontaine) 14 novembre 2018 – Apport 200 m <sup>3</sup> par camions
VAUDRIVILLERS	Interconnexion	Sources = 18 m <sup>3</sup> (débit d’été relevé à 15 m <sup>3</sup> /j) Consommations = 23 m <sup>3</sup> Appoint par SIE Haute Loue

Les problématiques d’alimentation sont souvent liées au tarissement de sources.

Il est à noter que des solutions de sécurisation de l’approvisionnement en eau potable (interconnexion, etc.) ont été mises en œuvre ou sont en réflexion sur le territoire depuis la situation de 2018.

Par ailleurs, lors des ateliers d’octobre 2024, les participants ont exprimé des inquiétudes face aux étiages sévères, qui entraînent une hausse des températures de l’eau et une concentration accrue des polluants. Il a également été souligné l’importance des phénomènes météorologiques extrêmes sur l’approvisionnement en eau.

### 6.2.1.2. Evolution tendancielle

L’évolution démographique est différente en fonction des territoires. Lors des ateliers d’octobre 2024, il a été soulevé le contraste entre l’augmentation de la population sur les territoires frontaliers et la stabilisation voire la baisse observée sur le reste du territoire.

Par ailleurs, la question de la disponibilité en eau au regard de cette évolution démographique a été abordée. En effet, cela appelle à prendre soin de l’eau et des ressources stratégiques majeures tout en se penchant sur des solutions novatrices permettant de réduire le rapport entre consommation et eau disponible.

Par ailleurs, l’adéquation entre la disponibilité de la ressource et les aménagements et les usages en lien avec l’évolution démographique a été mise en lumière. En effet, l’urbanisation ne devrait pouvoir se faire uniquement si la ressource en eau du territoire permet de répondre à l’ensemble besoins (problématique ontégrée aux Schémas de Cohérence Territoriale qui conditionnent les projets d’urbanisation à la disponibilité des ressources en eau).

L’évolution démographique est décrite dans les quatre SCoT du territoire (Schéma de Cohérence Territoriale) (Cf. Figure 34).

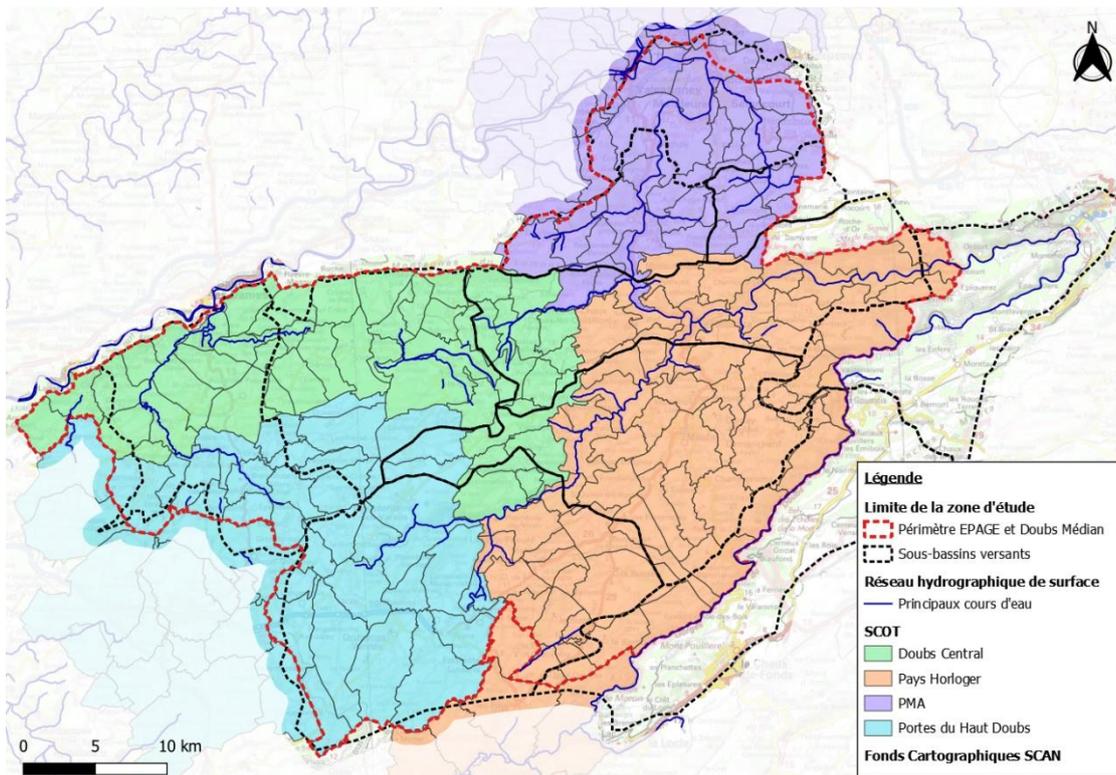


Figure 34 : Périmètres des SCoT au sein du territoire de l'étude

Dans le secteur de PMA, une diminution de la démographie est observée depuis les années 1970. En 2015, le Pays de Montbéliard Agglomération compte 140 469 habitants, soit plus d'un quart de la population du Doubs.

L'ambition du SCoT de PMA est d'inscrire durablement le territoire dans une logique de stabilisation de sa population autour de 140 000 habitants à l'horizon 2040.

**Dans le cadre de la présente étude, il sera donc considéré une stabilité de la population sur ce territoire jusqu'en 2050.**

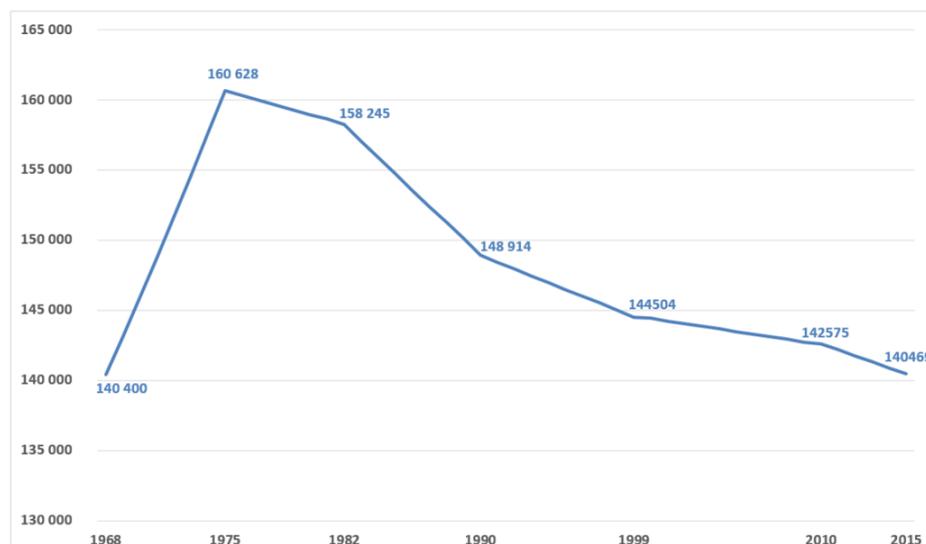


Figure 35 : Evolution de la population de PMA entre 1968 et 2015 (Source : INSEE, SCOT PMA, 2021, [28])

Sur le territoire du Doubs Central, le SCoT estime que la croissance démographique est similaire à celle du département du Doubs. En effet, le territoire du Doubs central observe une augmentation progressive de la croissance démographique avec toutefois un léger ralentissement sur les cinq dernières années étudiées (2011 – 2016) (Cf. Figure 36).

Les perspectives démographiques réalisées par le modèle Omphale (modèle de l'INSEE) à l'échelle départementale prévoit une croissance positive et supérieure à celle de la région. Un tassement pourrait se faire sentir à partir de 2040 d'après la projection démographique de l'INSEE. **La croissance annuelle passerait alors de + 0,42 % entre 2015 et 2040 à + 0,21% entre 2040 et 2050.** Ce tassement ne manquera pas de se faire sentir à l'échelle du Doubs central qui connaît déjà un rythme de croissance inférieur à la moyenne départementale.

**Ces hypothèses de développement impliquent une augmentation de la population de l'ordre de 11 % à l'horizon 2050 par rapport à 2020.**

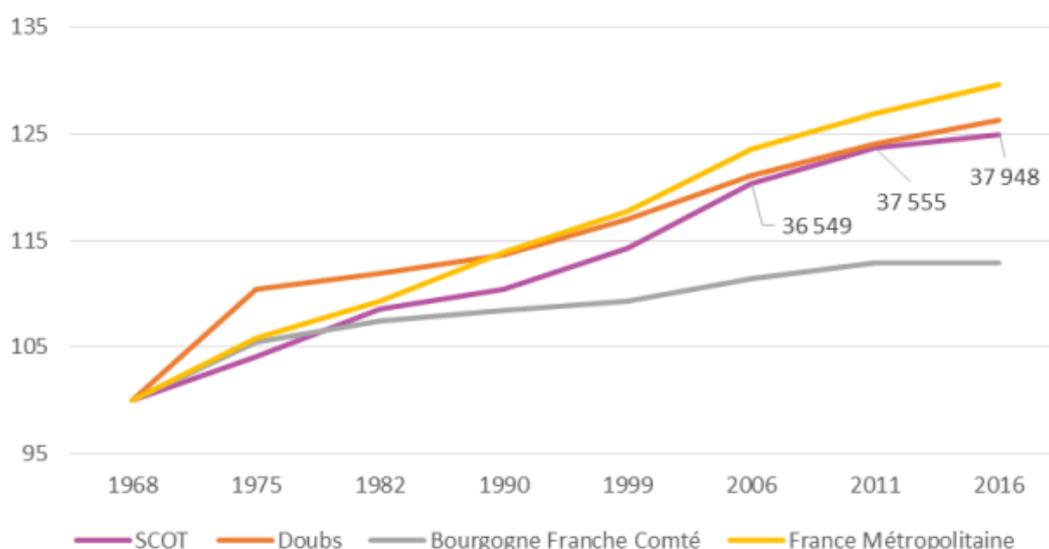


Figure 36 : Evolution démographique depuis 1968 sur le territoire du Doubs central<sup>7</sup> (Source : SCoT du Doubs central, 2022, [27])

Le Pays Horloger présente également une croissance démographique positive. La population au sein du périmètre ne cesse d'augmenter, en particulier depuis les années 2000, à l'instar des territoires frontaliers de la région. En effet, le Pays Horloger est attractif du fait de sa proximité avec la Suisse qui propose des emplois fortement rémunérés. En 2013, le Pays Horloger compte 44 530 habitants, soit 8,3 % de la population du département du Doubs.

Différents scénarios ont été étudiés avec le modèle Omphale pour estimer la croissance démographique dans le futur. Au total, trois scénarios ont été mis en place (Cf. Figure 37) :

- Le scénario haut, le plus optimiste, qui aboutit à une population de 53 767 habitants en 2040, soit un taux de croissance continu de +0,70 % par an ;

<sup>7</sup> Clé de lecture : La base 100 correspond à la population de 1968 divisée par ce même nombre multiplié par 100 (application d'un produit en croix puis recalculé pour les années suivantes).

- Le scénario central qui aboutit à une population de 50 648 habitants en 2040, soit un taux de croissance de +0,48 % par an. Ce scénario constitue le scénario « au fil de l'eau », à savoir que les taux de fécondité, de mortalité et de migrations sont similaires aux taux actuels ;
- Le scénario bas aboutit à une population de 47 603 habitants et un taux de croissance faible de +0,25 % par an.

A noter qu'aucun scénario ne reproduit la tendance la plus récente et la plus favorable au Pays Horloger, soit +1,21 % par an, qui conduirait à une population de l'ordre de 61 600 habitants.

**Dans le cadre de la présente étude, comme présenté en atelier et par cohérence avec les SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) il est proposé de retenir le scénario central, soit un taux de croissance de +0,48 % par an sur le territoire du Pays Horloger, soit une augmentation d'environ 15 % de la population à l'horizon 2050 par rapport à 2020. Il s'agit du scénario qui semble suivre les tendances démographiques observées entre 2013 et 2024 (population estimée à 47 200 habitants sur le territoire du Pays Horloger, d'après les données du SCoT).**

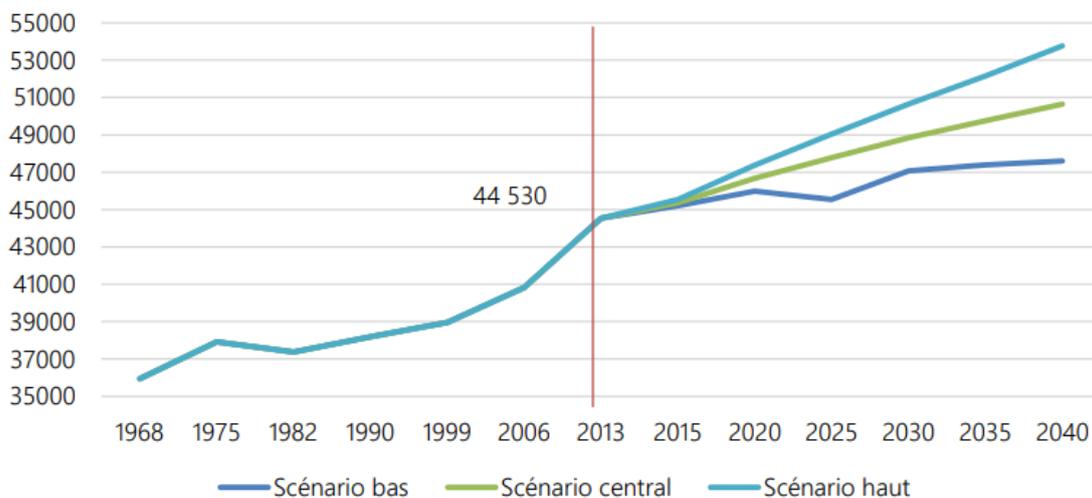


Figure 37 : Evolution de la population du Pays Horloger : tendances passées et perspectives (Source : Modèle Omphale INSEE 2013, présenté dans le SCOT du Doubs Central, 2022,[26])

Enfin le SCoT des Portes du Haut Doubs estime que le territoire connaît une croissance positive depuis 1968, qui s'accélère à partir de 1999 (+1,9 % par an) et connaît un léger tassement depuis 2019 (+1,6 % par an). Cette croissance est plus importante que celle du département du Doubs : le territoire est attractif et la démographie dynamique (Cf. Figure 38).

Le territoire souhaite poursuivre son dynamisme démographique dans des conditions raisonnables en s'appuyant sur la tendance des dernières années (entre 2008 et 2019). L'objectif est donc d'atteindre une population de 30 700 habitants à l'horizon 2030, ce qui correspond à un taux de croissance de +1,37 % par an à l'échelle du territoire des Portes du Haut Doubs. Cela représente une augmentation de la population de l'ordre de 50 % à l'horizon 2050 par rapport à 2020.

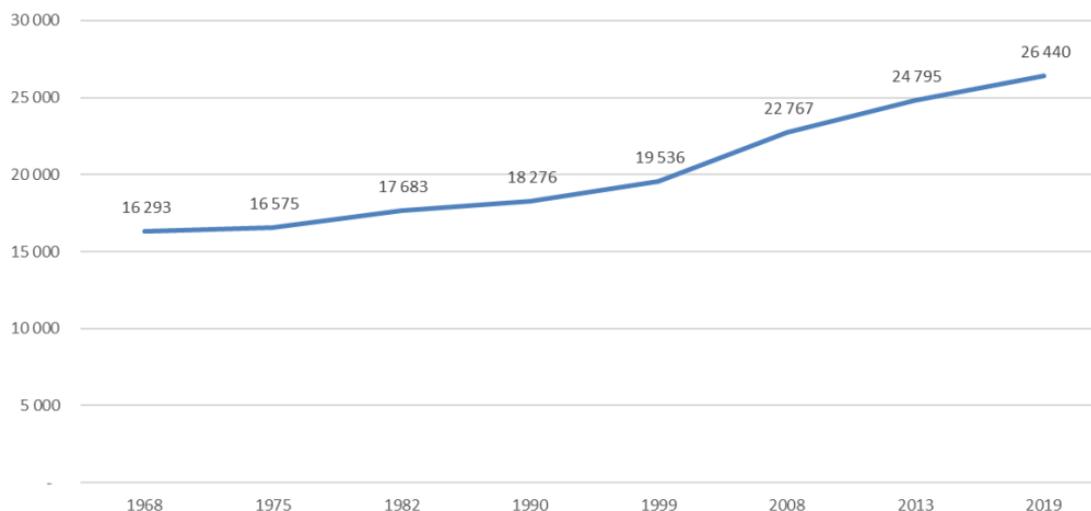


Figure 38 : Evolution de la population entre 1968 et 2019 dans la CC des Portes du Haut Doubs (Source : SCoT des Portes du Haut-Doubs, 2023)

Concernant l'évolution de la consommation par habitant, il a été évoqué un besoin de sobriété lors des ateliers d'octobre 2024. Ce dernier est considéré comme nécessaire et recommandé pour tenir compte des enjeux climatiques, avec des objectifs de -10 à -15 % de consommation en eau sur le bassin de Rhône-Méditerranée-Corse. Certains acteurs voient leur territoire se tourner vers une utilisation de plus en plus sobre de l'eau.

Deux scénarios tendanciels peuvent être mis en avant concernant la consommation domestique en eau, en accord avec les scénarios de croissance démographiques mis en évidence précédemment :

- Premier scénario d'évolution de la consommation domestique : La hausse de population simple est à retenir dans une hypothèse moyenne tendancielle.
- Second scénario d'évolution de la consommation domestique : Dans une hypothèse haute, la hausse de population s'ajouterait à la hausse du besoin unitaire par habitant. Cette hausse pourrait s'expliquer par l'extension des périodes de fortes chaleurs et de nouveaux usages (piscines notamment). De façon arbitraire, on peut supposer dans cette hypothèse haute une hausse de 10% du besoin théorique, soit 150 L/j/hab (55 m<sup>3</sup>/an).

A noter que ces deux scénarios ne prennent pas en compte le besoin et les efforts actuels de sobriété évoqués lors des ateliers, mais ces hypothèses permettent de rester sécuritaire dans la simulation du territoire pour les usages prospectifs, sans préjuger des actions qui seront (ou devront être) mises en œuvre.

Ces deux scénarios concernent uniquement la population humaine, et non l'alimentation du bétail.

Tableau 8 : Consommation théorique de l'usage domestique pour les sous-bassins versants du territoire, situation 2050.

Bassin Versant	Population 2020	Population 2050	Consommation théorique hyp. basse (en m <sup>3</sup> /an)	Consommation théorique hyp. haute (en m <sup>3</sup> /an)
BV Cusancin à Baume les Dames	3 051	3 844	192 200	211 420
BV Cusancin à Cusance	3 846	4 582	229 100	252 010
BV Le Dessoubre à Rosureux	15 722	21 380	1 069 000	1 175 900
BV Le Dessoubre à Saint-Hippolyte	15 776	18 170	908 500	999 350
BV Le Doubs à Glère	750	854	42 700	46 970
BV Le Doubs à Goumois	1 683	1 943	97 150	106 865
BV Le Doubs à Mathay	7 622	7622	381 100	419 210
BV Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	5 326	5 995	299 750	329 725
BV Le Doubs à Voujeaucourt	51 640	51 640	2 582 000	2 840 200
BV Le Gland à Meslières	2 780	2 780	139 000	152 900
<b>Total</b>	<b>108 186</b>	<b>118 810</b>	<b>5 940 500</b>	<b>6 534 550</b>

Les sous-bassins versants du Doubs à Voujeaucourt, à Mathay et du Gland à Meslières ne présentent pas d'évolution de la population car ils sont constitués uniquement de communes comprises dans le SCoT de PMA qui envisage une stabilité de la population dans le futur.

## 6.2.2. Tourisme

La fréquentation touristique influence le volume consommé de l'usage domestique. Il ne s'agit pas d'un usage en tant que tel dans notre classification car il est impossible de connaître précisément la surconsommation précise due au tourisme dans la région.

Sur le territoire du Doubs central, les fréquentations touristiques sont plutôt concentrées sur la période estivale et sur la pré-saison (entre avril et juin).

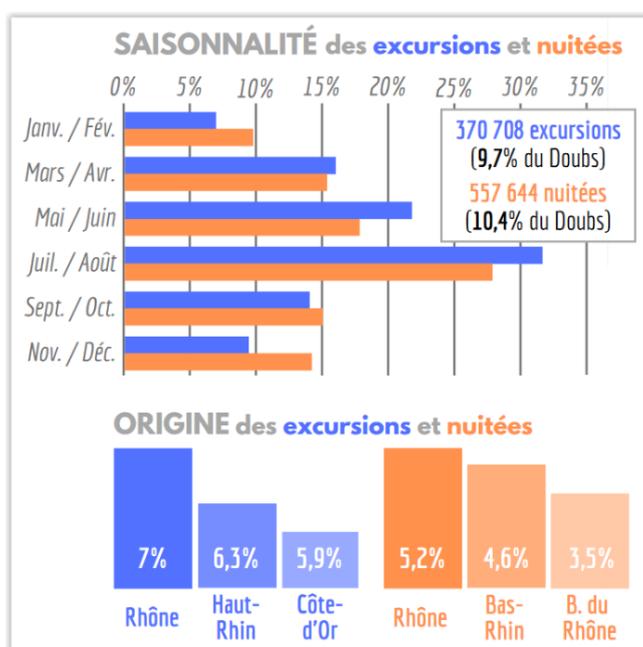


Figure 39 : Saisonnalité de la fréquentation touristique sur le territoire du Doubs central (Source : PETR Doubs central, 2020, [24])

Les données bibliographiques et les données sur le tourisme peuvent toutefois permettre de dessiner quelques variations saisonnières.

- La fréquentation touristique s'étend majoritairement entre mai et septembre, soit pendant la période estivale.
- Les données de tourisme<sup>8</sup> montrent les points suivants :
  - Les nuitées touristiques sont surtout importantes sur les territoires du Doubs central et du Pays de Montbéliard (PMA), en particulier en juillet - août (entre 250 000 et 300 000 nuitées, soit entre 8 000 et 10 000 EH (Equivalent Habitant) supplémentaires sur un mois). Cela représente 4% de la population de PMA (qui comptait environ 140 000 habitants en 2015), mais plus de 25 % de la population du Doubs central (qui comptait 38 000 habitants en 2016) ;
  - Les nuitées touristiques sont également importantes dans une moindre mesure sur le territoire du Pays Horloger (environ 150 000 nuitées en juillet – août, soit environ 5 000 EH supplémentaires sur un mois). Cela représente 10 % de la population du Pays Horloger qui comptait 46 000 habitants en 2016.

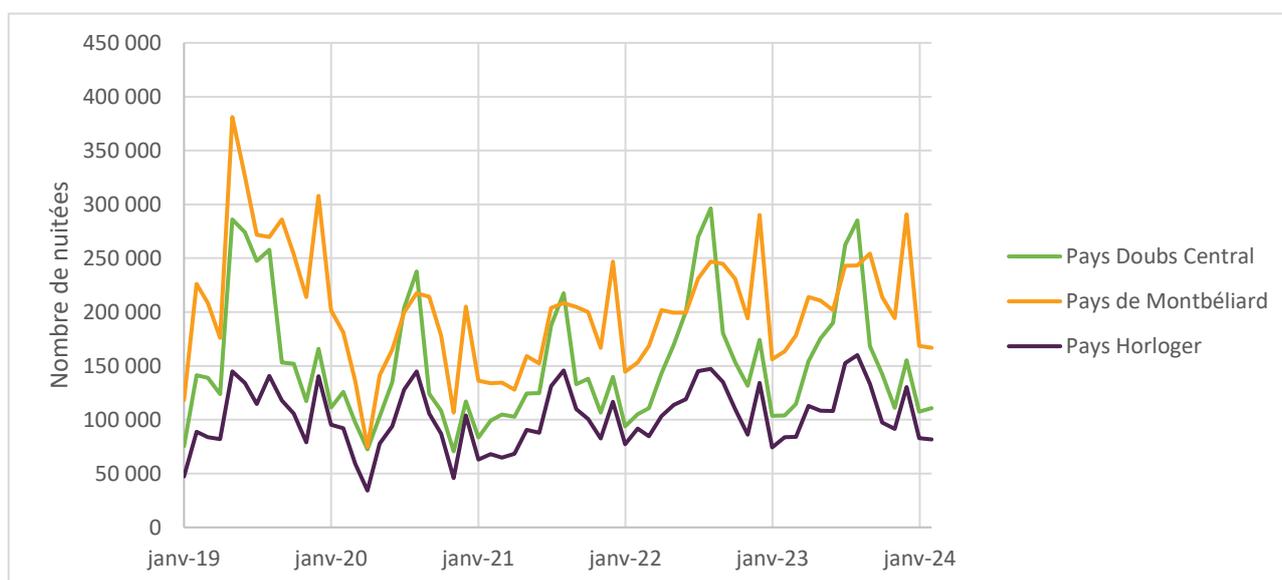


Figure 40 : Nombre de nuitées par territoire (Source : Doubs Tourisme Pro)

Le tourisme hivernal est assez peu développé dans la région. En effet, il existe peu de stations de sports d'hiver au sein du territoire : le plateau de Maiche à la Combe-Saint-Pierre et le Val de Venne au sud du territoire d'étude.

<sup>8</sup> <https://www.doubs-tourisme-pro.com/chiffres-cles/fluxvision-visitdata/>

### 6.2.3. Agricole

Le territoire de l'EPAGE Doubs Dessoubre est constitué à 56% de terres agricoles. La vocation agricole est très largement concentrée vers la production herbivore et le fourrage (à 88%), avec une prédominance pour le lait à Comté.

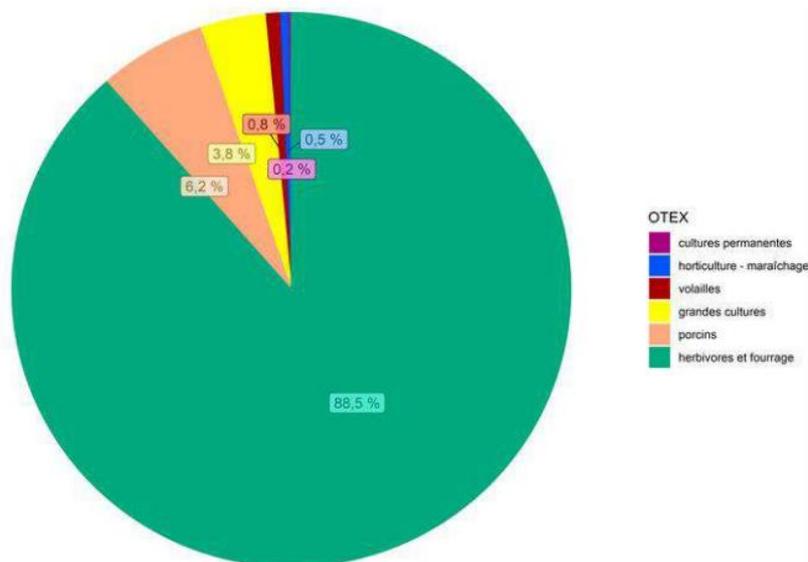


Figure 41 : Production brute standard des exploitations agricoles selon leur orientation technico-économique en 2010 (Source : Contrat de territoire EPAGE Doubs Dessoubre [1])

Le contrat de rivière de la vallée du Doubs présente les proportions de culture sur les bassins versants du Cusancin et du Doubs médian (Cf. Figure 42) : une prédominance des prairies permanentes est mise en évidence en 2021.

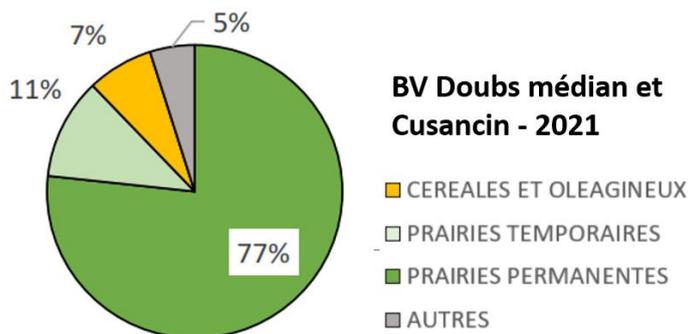


Figure 42 : Proportion des types de cultures sur les bassins du Doubs médian et du Cusancin en 2021 (Source : Contrat de rivière [17])

Les prélèvements agricoles ne sont pas négligeables et peuvent être supérieurs aux besoins domestiques dans certaines communes. Ces prélèvements sont presque tous d'origine AEP.

Par ailleurs, l'analyse du RPG (Registre Parcellaire Graphique) met en évidence une prédominance de parcelle de prairies (temporaires et permanentes) représentant plus de 90 % des terrains agricoles. La densité de parcelles est plus réduite dans les bassins versants du Doubs à Voujeaucourt, du Doubs à Mathay et du Gland à Meslières.

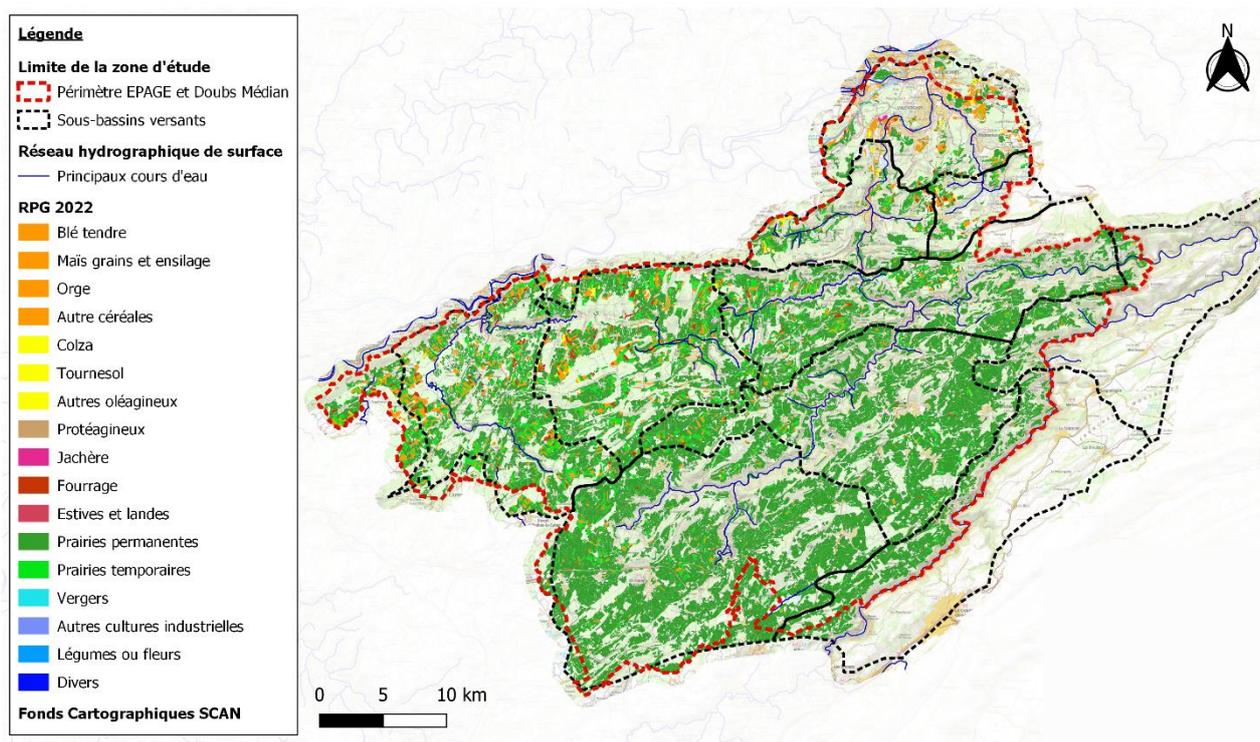


Figure 43 : Registre Parcellaire Graphique de 2022 sur le territoire d'étude

### 6.2.3.1. Situation actuelle

La chambre d'agriculture de Bourgogne-Franche-Comté a lancé en 2020 un projet intitulé « ASECC » (Abreuvement Solution et ressource en Elevage face au Changement Climatique). Il fait suite aux épisodes de sécheresses des années 2018, 2019 et 2020 en portant une réflexion sur la disponibilité de la ressource en eau, en particulier sur les exploitations agricoles et dans les élevages.

La phase de diagnostic du projet a permis de dessiner un besoin théorique en eau d'abreuvement (toutes filières confondues) en Bourgogne-Franche-Comté. D'après la carte de consommation d'eau théorique annuelle par les animaux d'élevage, il est estimé que la consommation moyenne pour l'abreuvement est de 50 à 150 m<sup>3</sup>/an/km<sup>2</sup> sur le territoire d'étude (Cf. Figure 44).

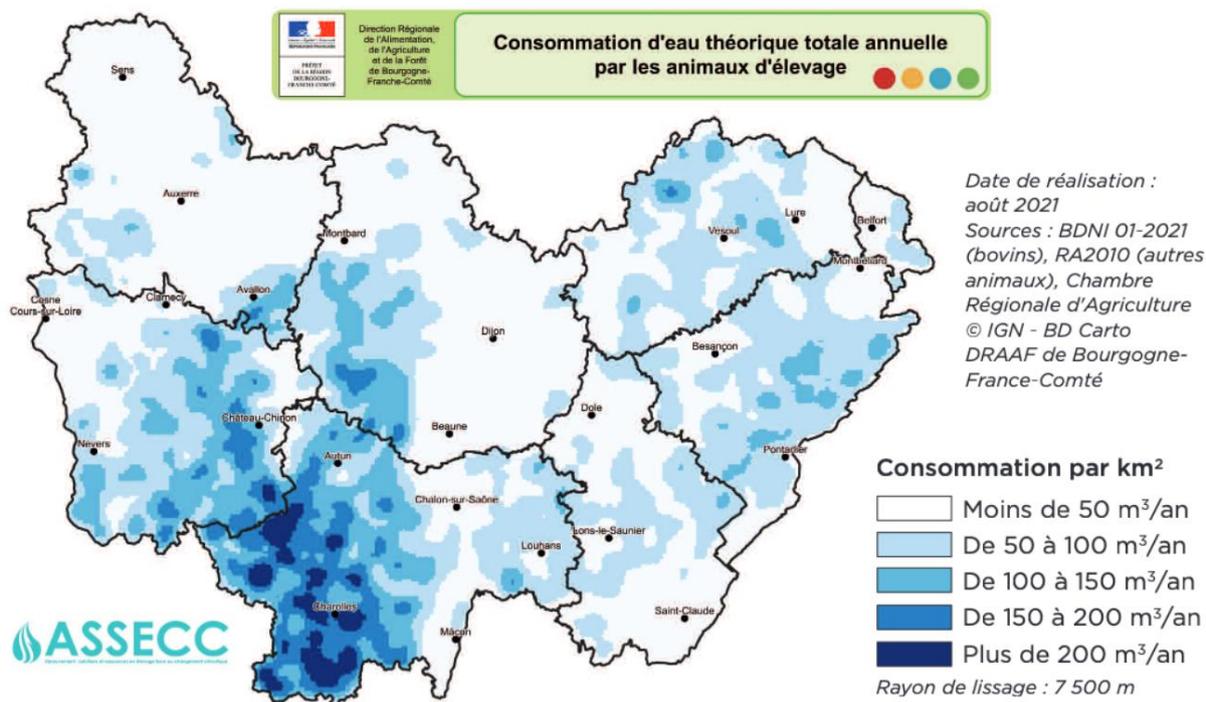


Figure 44 : Consommation d'eau théorique annuelle par les animaux d'élevage (Source : ASSECC)

Le recensement agricole fourni par les services de la DRAAF Bourgogne-Franche-Comté permettent d'estimer les besoins théoriques en eau pour l'abreuvement. Ces données datant de 2020 permettent une comptabilité précise du cheptel par commune au sein du territoire d'étude. Rapportés en UGB (Unité Gros Bétail), on comptabilisait plus de 85 000 UGB herbivores dans le territoire d'étude en 2020.

Les besoins théoriques par jour et par UGB ont été étudiés en s'appuyant sur la bibliographie. Cette consommation théorique vaut uniquement pour les bovins lait et non pour les caprins et les équins, même s'ils sont également comptabilisés dans les UGB herbivores. La très faible population de ces derniers sur le territoire de l'EPAGE n'est pas de nature à remettre en cause le calcul global en prenant pour base les bovins lait sur la population d'UGB.

L'hypothèse retenue en termes de besoin théorique (tous usages y compris abreuvement) est d'environ 75 L/j/UGB en moyenne annuelle d'après la bibliographie (cf. étude prospective sur le Haut-Doubs, ARTELIA, 2024, [2]). Ce besoin théorique évolue à la hausse l'hiver, et de plus en plus l'été, en raison du recours aux rations sèches. En printemps et en automne, ce besoin est globalement plus faible. Les données d'exploitation de communes rurales (donc avec une part d'abreuvement du bétail relativement importante) telles que Noël-Cerneux, montrent que les consommations sont d'environ +15% en hiver par rapport à la moyenne et d'environ -15% au printemps.

Lors de l'atelier d'octobre 2024, les acteurs estiment la consommation moyenne en eau du bétail à 80 L/j/UGB ce qui est globalement concordant avec l'hypothèse de la bibliographie. Les acteurs ont également pointé une saisonnalité : 50 L/j/UGB au printemps (avril, mai, juin), 125 L/j/UGB en saison sèche (juillet, août, septembre) et 80 L/j/UGB le reste du temps. A noter que ce besoin théorique estival cité en atelier est utilisé pour le dimensionnement des citernes, et est donc nécessairement majorant. Ces données seront intégrées aux réflexions sur la définition d'actions.

En multipliant le besoin théorique de 75 L/j/UGB, soit environ **27 m<sup>3</sup>/an**, avec la population d'UGB herbivores au sein du territoire d'étude, on obtient une consommation annuelle proche de 2,3 millions de m<sup>3</sup>.

Tableau 9 : Consommation théorique de l'usage agricole pour les sous-bassins versants du secteur d'étude, situation actuelle, calculs ARTELIA.

Bassin Versant	Population UGB herbivores	Consommation théorique (en m <sup>3</sup> /an)
BV Cusancin Baume Les Dames	11 739,95	316 979
BV Cusancin Cusance	11 926,65	322 020
BV Dessoubre Rosureux	26 551,54	716 892
BV Dessoubre Saint-Hippolyte	16 041,19	433 112
BV Doubs Glère	2 182,86	58 937
BV Doubs Goumois	3 607,23	97 395
BV Doubs Mathay	2 176,46	58 764
BV Doubs Villars	10 132,64	273 581
BV Doubs Voujeaucourt	1 324,59	35 764
BV Le Gland Meslières	472,31	12 752
<b>Total</b>	<b>85 243,42</b>	<b>2 326 196</b>

Concernant le maraîchage, les données que nous avons récoltées indiquent qu'il s'agit d'une activité encore assez peu répandue dans la région. Les consommations liées à cette activité (estimées à environ 1500 m<sup>3</sup>/ha) sont négligeables comparées à l'élevage bovin et ne sont donc pas comptabilisées pour des raisons de simplification de calcul.

### 6.2.3.2. Evolution tendancielle

En première approche, il peut être estimé que la tendance sera plutôt celle d'une légère baisse des effectifs. En effet, sur le secteur voisin (Haut-Doubs Haute-Loue), les professionnels du monde agricole ont mis en évidence une stabilisation, voire des signaux faibles d'une amorce de repli sur les cheptels bovin lait.

Par ailleurs, d'après les retours de l'atelier d'octobre 2024, il y a un consensus sur la tendance à la baisse des effectifs qui est globalement subie. Les agriculteurs estiment la baisse progressive de l'effectif de -5 % en 2023, -10 % en 2040 et jusqu'à -15 % en 2050.

Les besoins en eau sont également délicats à anticiper. En effet, en cas d'été chaud et sec, le recours aux rations sèches durant la saison estivale augmente. Un seuil de 27°C peut être pris en compte pour le ralentissement de croissance des prairies.

Dans les prochaines décennies, les projections climatiques envisagent une nette augmentation du nombre de jours de fortes chaleurs (fois 2 pour le seuil de 25°C) et une augmentation de la période maximale de jours consécutifs sans pluie (Cf. Tableau 10).

Tableau 10 : Projection climatique issue du portail DRIAS pour le modèle climatique CNRM-ALADIN et le scénario climatique RCP 4.5, pour les alentours de Damprichard.

Projection climatique	En nombre de jours par an	
	> 25°C	Période de sécheresse
Réf (1976-2005)	12	16
H1 (2021-2050)	19	17
H2 (2041-2070)	26	18

Ces projections vont donc dans le sens d'un recours accru aux rations sèches en période estivale et ce recours pourrait mécaniquement entraîner une hausse de la consommation en eau par UGB.

Il est toutefois impossible de considérer cet apport quantitativement. En conséquence, deux hypothèses peuvent être considérées :

- Une hypothèse moyenne tendancielle : aucune évolution de la consommation théorique n'est à considérer sur le secteur agricole.
- Une hypothèse haute : il est plausible de considérer un besoin théorique à la hausse, en raison de l'extension de la période où les éleveurs ont recours aux fourrages. Une hypothèse de 10% de la consommation quotidienne annuelle est posée, soit une augmentation du besoin théorique de 81,5 L/j/UGB, soit 29,7 m<sup>3</sup>/an.

## 6.2.4. Industrie

### 6.2.4.1. Situation actuelle

Les prélèvements des industriels peuvent se faire sur le réseau AEP ou via des prélèvements privés. Il est très difficile d'estimer quantitativement les prélèvements faits sur le réseau AEP (privilegiés notamment par les fromageries). En revanche, les prélèvements privés sont déclarés chaque année et leur bilan est disponible sur la Banque Nationale des Prélèvements en Eau.

D'après les données de la BNPE, sur le territoire d'étude, les prélèvements hors AEP des industriels diminuent constamment ces dernières années, ce qui peut signifier soit des économies d'eau, soit un glissement vers le réseau AEP.

Lors des ateliers d'octobre 2024, il a été relevé qu'il existe des limites réglementaires de la consommation en eau pour l'industrie. Il existe également des contraintes dans les processus industriels sur les rejets et leur qualité. Par ailleurs, d'après les acteurs présents, un travail serait à réaliser avec la Chambre de Commerce et des Industries pour repérer les petits prélèvements de moins de 7 000 m<sup>3</sup>/an.

Concernant les coopératives laitières, toute l'eau consommée est restituée. Il est précisé que la fabrication du Comté nécessite 1,1 litre d'eau par litre de lait transformé, la fabrication de Morbier en nécessite 1,3 litres et la fabrication du Bleu ou du Mont-d'or en nécessite 2 litres.

Tableau 11 : Prélèvements industriels (hors AEP) sur le territoire d'étude entre 2012 et 2021 (Source : BNPE)

Année	Prélèvements (en m <sup>3</sup> /an)
2012	2 415 466
2013	2 333 825
2014	2 272 876
2015	2 282 230
2016	2 081 310
2017	2 159 569
2018	2 007 009
2019	1 701 711
2020	1 646 247
2021	1 670 507

### 6.2.4.2. Evolution tendancielle

La tendance est à une diminution des prélèvements industriels privés. Un report sur l'AEP est probable mais il est difficile à estimer. Les techniques de modernisation des équipements et des processus vont dans le sens d'une diminution globale entre 2012 et 2020 voir une stabilisation (2020 et 2021 – à confirmer) des prélèvements industriels à l'avenir.

Lors des ateliers d'octobre 2024, il a été évoqué le Plan Eau qui impose une baisse des prélèvements de 10 % entre 2019 et 2030. Les acteurs présents lors de l'atelier voient leur territoire se tourner vers une utilisation de plus en plus sobre de l'eau, notamment du côté des industries pour lesquelles des efforts ont déjà été observés.

Cependant, en l'absence de projection fiable, il est fait l'hypothèse par la suite d'une consommation industrielle stable.

### 6.2.5. Rejets

Les débits traités des stations d'épuration sont connus via les informations fournies par la base de données des STEP Doubs-Jura. Il est à noter que les valeurs d'eaux traitées sont considérées comme étant des débits par temps sec (non influencées par les périodes de pluie). Ce débit peut néanmoins être entaché d'incertitude, puisqu'il peut prendre en compte des volumes qui ne correspondent pas au rejet d'une eau prélevée (eau claire dans les réseaux par exemple, etc.).

La plupart des stations ont une capacité de traitement inférieure à 2000 EH en raison du contexte rural du territoire. Le bilan des non-conformités met en évidence de nombreux problèmes sur le territoire de l'EPAGE Doubs Dessoubre : 25 stations ont été identifiées comme non conformes pour des problèmes de performances et / ou d'équipements (Cf. Figure 45).

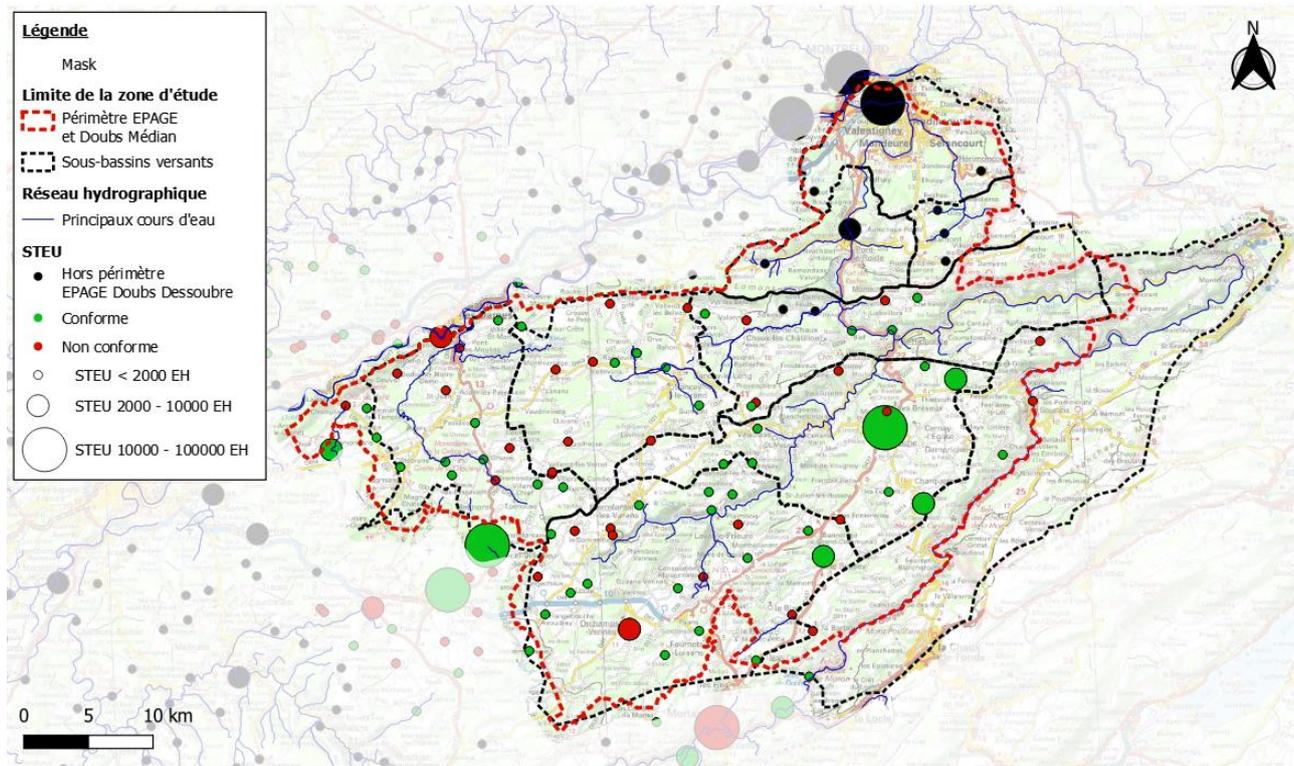


Figure 45 : Localisation des STEU au sein du territoire d'étude

Le débit entrant de ces STEP est donné dans le tableau ci-dessous, consolidé par sous-bassin versant. En considérant une différence de 15% entre le débit entrant et le rejet (évaporation, export au travers des boues, etc.) on obtient un débit de rejet de 170 l/s, soit 70 % de la consommation en eau théorique à l'échelle du bassin versant (calculés au §6.2.1.1).

Tableau 12 : Débit des STEP par sous-bassin versant

Bassin Versant	Débit entrant STEP (en l/s)	Débit rejet théorique (en l/s)
BV Cusancin Baume Les Dames	2,2	1,9
BV Cusancin Cusance	5,7	4,9
BV Dessoubre Rosureux	20,2	17,2
BV Dessoubre Saint-Hippolyte	28,0	23,8
BV Doubs Glère	0,4	0,3
BV Doubs Goumois	0,9	0,7
BV Doubs Mathay	14,5	12,4
BV Doubs Villars	3,7	3,1
BV Doubs Voujeaucourt	119,4	101,5
BV Le Gland Meslières	4,9	4,2
<b>Total</b>	<b>199,9</b>	<b>169,9</b>

A noter que les entretiens réalisés en avril 2024 pointent de nombreuses installations d'assainissement non collectifs (ANC) qui ne seraient pas aux normes et que la réalisation de travaux de remise aux normes serait compliquée en raison d'un manque de financements. L'impact de ces installations est difficile à estimer.

Le recensement des installations d'assainissement non collectif est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 13 : Recensement des installations d'assainissement non collectif sur le territoire du Doubs Dessoubre (données issues des SDA achevés au 1<sup>er</sup> janvier 2024)

Communauté de Communes	Population INSEE 2022	Population en ANC	%	Nombre d'installations	Données
CC Doubs Baumoisi	16 450	3 585	22 %	1 379	2021
CC Portes du Haut-Doubs	227 292	4 116	15 %	1 656	2020
CC du Pays de Maiche	18 927	5 083	27 %	2 392	2022
CC du Plateau du Russey	7 044	1 833	26 %	733	2016 et 2021
CC du Pays de Sancey Belleherbe	5 608	1 603	29 %	641	2022
Pays de Montbéliard Agglomération	142 495	2 420	2 %	950	2022

L'impact des rejets des stations d'épuration sur les milieux aquatiques dépend de leur qualité et du débit des cours d'eau récepteurs. En période d'étiage, ces rejets peuvent représenter une part importante du débit total et modifier la qualité de l'eau en augmentant les concentrations en nutriments et matières organique.

## 6.2.6. Bilan des prélèvements et des consommations par sous-bassins versants

Afin de subvenir aux besoins de la population, de l'agriculture et de l'industrie, chaque sous bassin versant effectue donc des prélèvements, des imports et des exports, résumés dans le tableau ci-dessous. A partir des rendements de réseau d'eau potable, un volume de fuite a pu être calculé pour chaque sous-bassin versant. Ce calcul prend en compte le volume consommé théorique ainsi que le volume exporté en dehors des limites du territoire d'étude.

Tableau 14 : Récapitulatif des volumes produits, consommés, importés et exportés par sous-bassin versant (données en m³/an)

Sous-bassin versant	Volume produit pour l'industrie (BNPE 2021)	Volume produit pour l'AEP (BNPE 2021)	Consommation théorique (Population + UGB)	Volume importé		Volume exporté		Fuites (volume calculé)
				Depuis un autre sous-BV	En dehors du territoire d'étude	Vers un autre sous-BV	En dehors du territoire d'étude	
Le Cusancin à Baume les Dames	0	139 685	469 529	25 242	249 848	0	0	80 865
Le Cusancin à Cusance	0	389 287	514 320	93 525	63 899	0	0	93 181
Le Dessoubre à Rosureux	0	122 905	1 502 992	264 066	866 581	0	0	318 057
Le Dessoubre à Saint-Hippolyte	0	703 280	1 221 912	936 173	53 593	467 451	0	355 016
Le Doubs à Glère	0	1 192 712	95 937	0	0	1 030 879	0	27 342
Le Doubs à Goumois	0	49 514	181 545	27 025	92 602	0	0	42 326
Le Doubs à Mathay	198 253	444 604	439 864	63 616	0	4 209	859	78 243
Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	618 048	269 535	539 881	162 164	11 365	5 158	0	130 253
Le Doubs à Voujeaucourt	854 206	9 899 522	2 617 764	94 472	12 977	5 330	4 420 072	1 515 642
Le Gland à Meslières	0	368 617	151 752	0	0	153 256	54 577	46 630

### 6.3. HYDROELECTRICITE

L'hydroélectricité est un enjeu fort, en particulier sur le Doubs médian et le Doubs franco-suisse. Les plus grands barrages EDF sont situés sur la partie amont du bassin. Leurs caractéristiques sont présentées ci-dessous :

Tableau 15 : Puissance et productible annuel des barrages EDF du Doubs Médian (Contrat de rivière, EPTB Saône et Doubs [17] et Base de données Patrimoine BFC)

Barrage	Puissance	Productible annuel
Châtelot	38 MW	100 GWh
Refrain	12 MW	60 GWh
La Goule (Suisse)	7.5 MW	25 GWh
Vaufrey	6,4 MW	21,5 GWh
Liebvillers - Grosbois	10,4 MW	50 GWh
Dampjoux	4,9 MW	15 GWh

En 2023, deux projets d'équipement étaient en cours à Saint-Hippolyte et à Voujeaucourt.

Les principales centrales privées sur le Doubs médian sont situées à Pont-de-Roide, Bourguignon, Mathay, Audincourt et Voujeaucourt.

Les rejets de ces centrales hydroélectriques se font généralement proches du barrage ou du point de prélèvement. Les volumes prélevés pour les barrages sont entièrement restitués.

Le barrage du Châtelot est un ouvrage exploité par la Société des Forces Motrices du Châtelot. Les eaux stockées dans la retenue créée par le barrage (d'une capacité de 16 millions de m<sup>3</sup>) sont acheminées à la centrale du Torret par une galerie souterraine de 3 km. Une vanne de dotation a également été percée à travers le barrage afin de maintenir un débit constant de 2 m<sup>3</sup>/s entre le barrage du Châtelot et la centrale du Torret. A noter qu'avant le changement de règlement en 2017, le débit de base était seulement de 0,25 m<sup>3</sup>/s. Les acteurs présents à l'atelier d'octobre 2024 précisent que, depuis 2009, avec la saisonnalité de l'eau (affectée par le changement climatique), le barrage a vu sa production réduite de 20%. En effet, en hiver le barrage déborde alors qu'en été il y a moins d'eau et les lâchés sont réalisés seulement pour garantir le débit réservé inscrit au règlement d'eau ; A cela s'ajoute une vigilance vis-à-vis de la qualité des rejets.

Le barrage du Refrain constitue une retenue d'une capacité de 1 200 000 m<sup>3</sup> à partir de laquelle une prise d'eau dirige une partie de la rivière dans une galerie souterraine. D'une longueur de 3 km sous la montagne, cette conduite aboutit sur les turbines de la centrale située en aval. Le fonctionnement de la centrale du Refrain est établi quotidiennement en fonction du débit turbiné par la centrale du Châtelot et des prévisions de consommation. Ce type de fonctionnement permet également de respecter un débit réservé pour le Doubs de 2,66 m<sup>3</sup>/s (au lieu des 890 l/s fixés avant le changement de règlement en 2017). Après la Goule, le débit de sortie doit être de 7 m<sup>3</sup>/s minimum en période dite sensible (décembre/avril) et de 5 m<sup>3</sup>/s le restant de l'année.

De même, la centrale hydroélectrique de Liebvillers est alimentée par le barrage de Grosbois par une canalisation souterraine de 6 km.

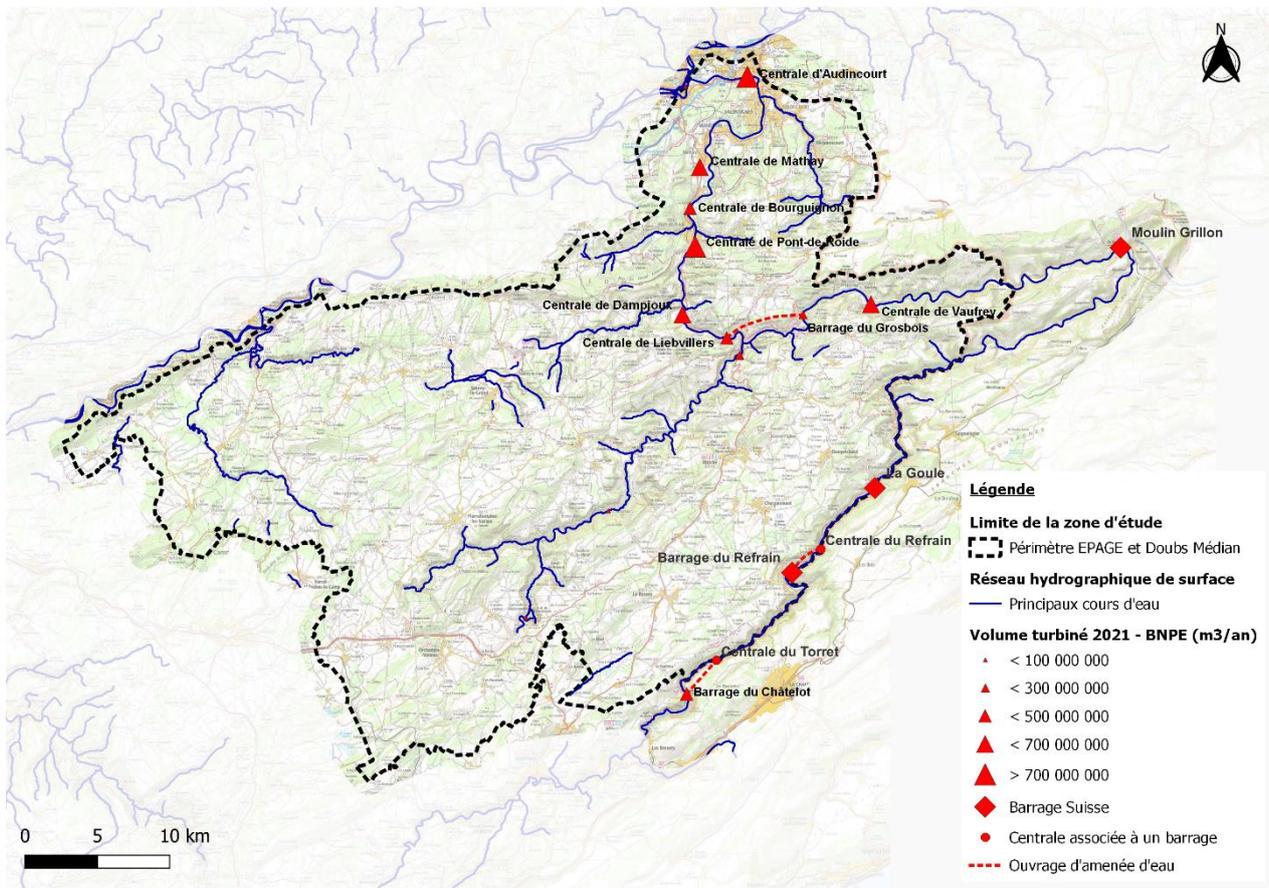


Figure 46 : Localisation des prélèvements en eau liés à la production hydroélectrique (Source : BNPE, 2021)

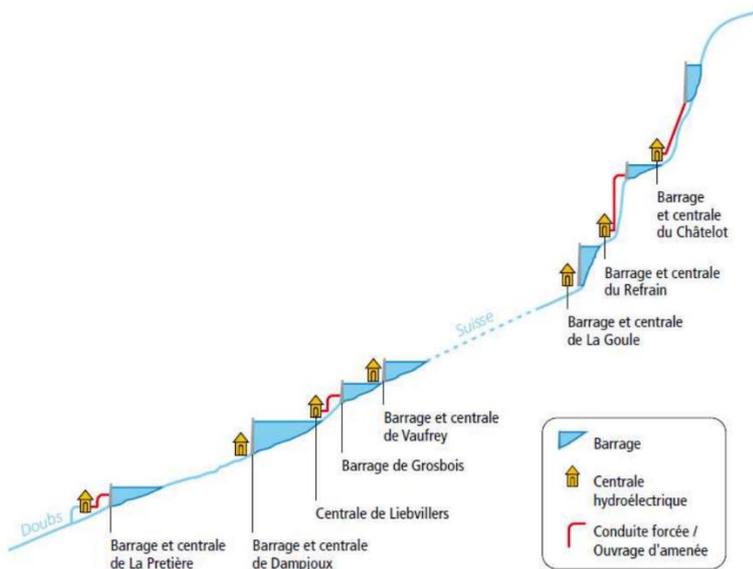


Figure 47 : Profil en long du cours du Doubs (Source : EDF, [15])

Le captage des eaux pour l'alimentation de PMA (Pays Montbéliard Agglomération) est principalement assuré par la prise d'eau de Mathay. Afin de garantir un débit suffisant dans le Doubs pour l'exploitation de la ressource, une convention avait historiquement été réalisée avec EDF. Cette dernière stipulait que la station devait pouvoir pomper en permanence à un débit de 1,7 m<sup>3</sup>/s, tout en conservant un débit en aval de la station de pompage d'au moins 1,3 m<sup>3</sup>/s. Cette convention est depuis révoquée [14]. Actuellement, il existe un débit réservé de 3,5 m<sup>3</sup>/s en sortie de la centrale de Dampjoux qui a été défini en tenant compte des besoins en eau du captage de Mathay. Le barrage de la centrale de Mathay (propriété de la société Hydrocope), situé juste en amont du captage de Mathay présente un débit réservé supérieur de 5,3 m<sup>3</sup>/s.

## 6.4. PRATIQUES DE LOISIR

Les pratiques de loisir ne prélèvent pas directement de l'eau mais ont besoin d'un certain débit pour fonctionner normalement ainsi que d'une certaine qualité physico-chimique.

L'activité de pêche est bien développée sur le territoire. L'ensemble du cours du Doubs est classé en 2<sup>e</sup> catégorie, tandis que certains affluents, tels que le Cusancin, sont classés en 1<sup>ère</sup> catégorie.

La pratique du canoë-kayak est également développée sur la vallée du Doubs, mais limitée par les nombreux ouvrages présents qui ne sont pas équipés de passes à canoë. La pratique de ce sport peut être interrompue par arrêté préfectoral lorsque le débit est trop faible. A noter que la navigation sur la section du Doubs franco-suisse (portion comprise entre le barrage du Refrain et Clairbief) est réglementée par arrêté préfectoral<sup>9</sup>. Ainsi, la pratique du canoë-kayak est interdite lorsque le débit moyen journalier mesuré à la station hydrologique de Goumois est inférieur à 4 m<sup>3</sup>/s. La pratique du rafting est autorisée lorsque ce débit est supérieur à 15 m<sup>3</sup>/s.

Des zones de baignade sont également surveillées par l'ARS, notamment à Pont-de-Roide. En période d'étiage sévère ou lorsque la qualité de l'eau n'est pas satisfaisante, la baignade peut être suspendue par arrêté préfectoral.

---

<sup>9</sup> Arrêté n°2014167-0011 signé par Le Préfet du Doubs – Stéphane FRATACCI – le 16 juin 2014

## 6.5. MILIEU

La description du milieu et de sa qualité provient des éléments de l'Agence de l'Eau Rhône – Méditerranée – Corse (AERMC). L'état écologique et chimique des masses d'eau a été réalisé la dernière fois en 2021.

### 6.5.1. Qualité des eaux superficielles

La détermination de la qualité d'une masse d'eau superficielle dépend de deux facteurs :

- L'état chimique qui évalue la qualité vis-à-vis du dépassement des concentrations seuils de polluants spécifiques ;
- L'état écologique évalué à partir d'éléments de qualité hydromorphologique, physico-chimiques (oxygène dissous, etc.), de richesse de la microfaune, ...

Les cartes suivantes présentent l'état de la qualité de l'eau à l'échelle du secteur d'étude (EPAGE Doubs Dessoubre et bassin versant du Doubs Médian).

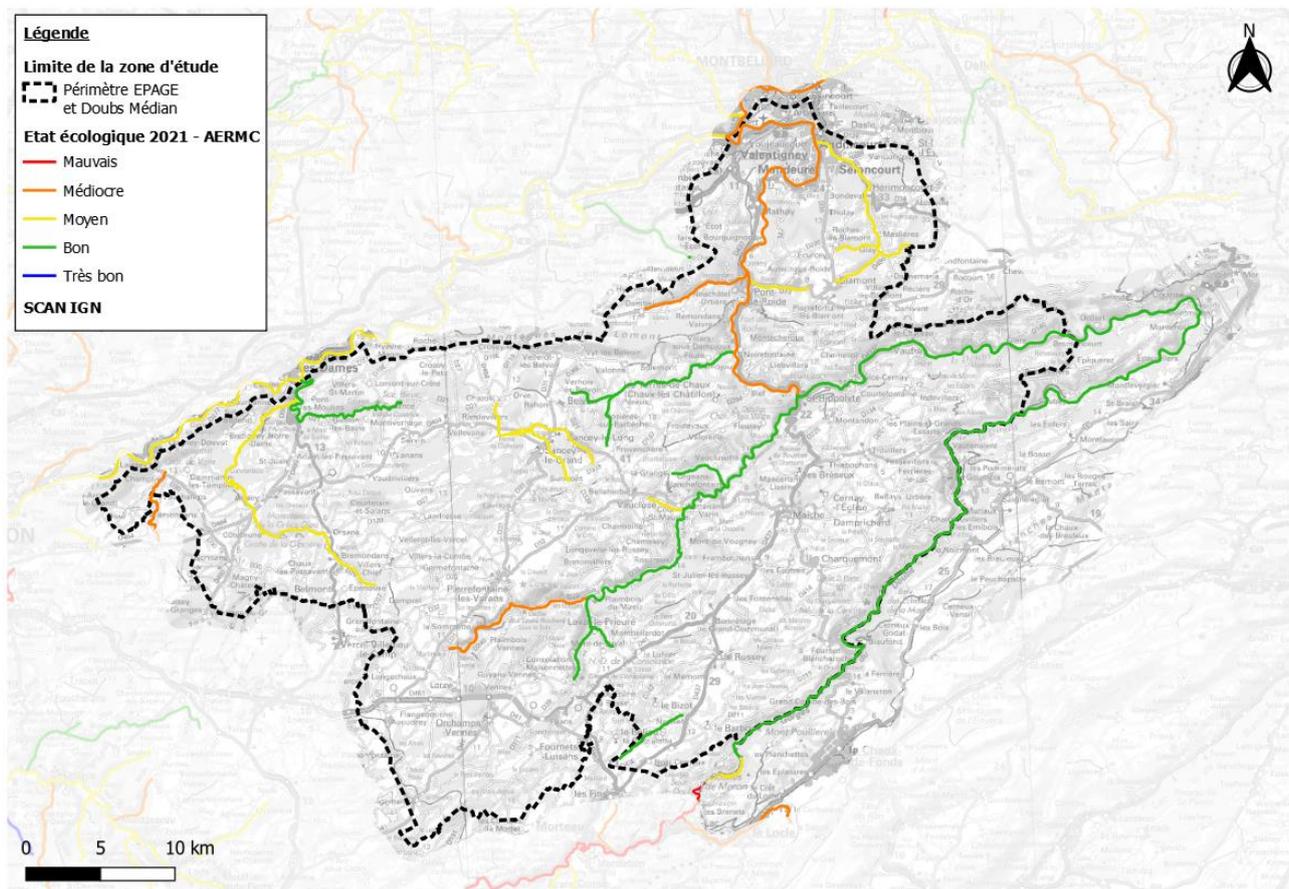


Figure 48 : Carte de l'état écologique des masses d'eau superficielle.

Globalement, on note un déclassement de l'état écologique du Doubs en aval de sa confluence avec le Dessoubre. Les autres cours d'eau présentent un état écologique bon à médiocre.

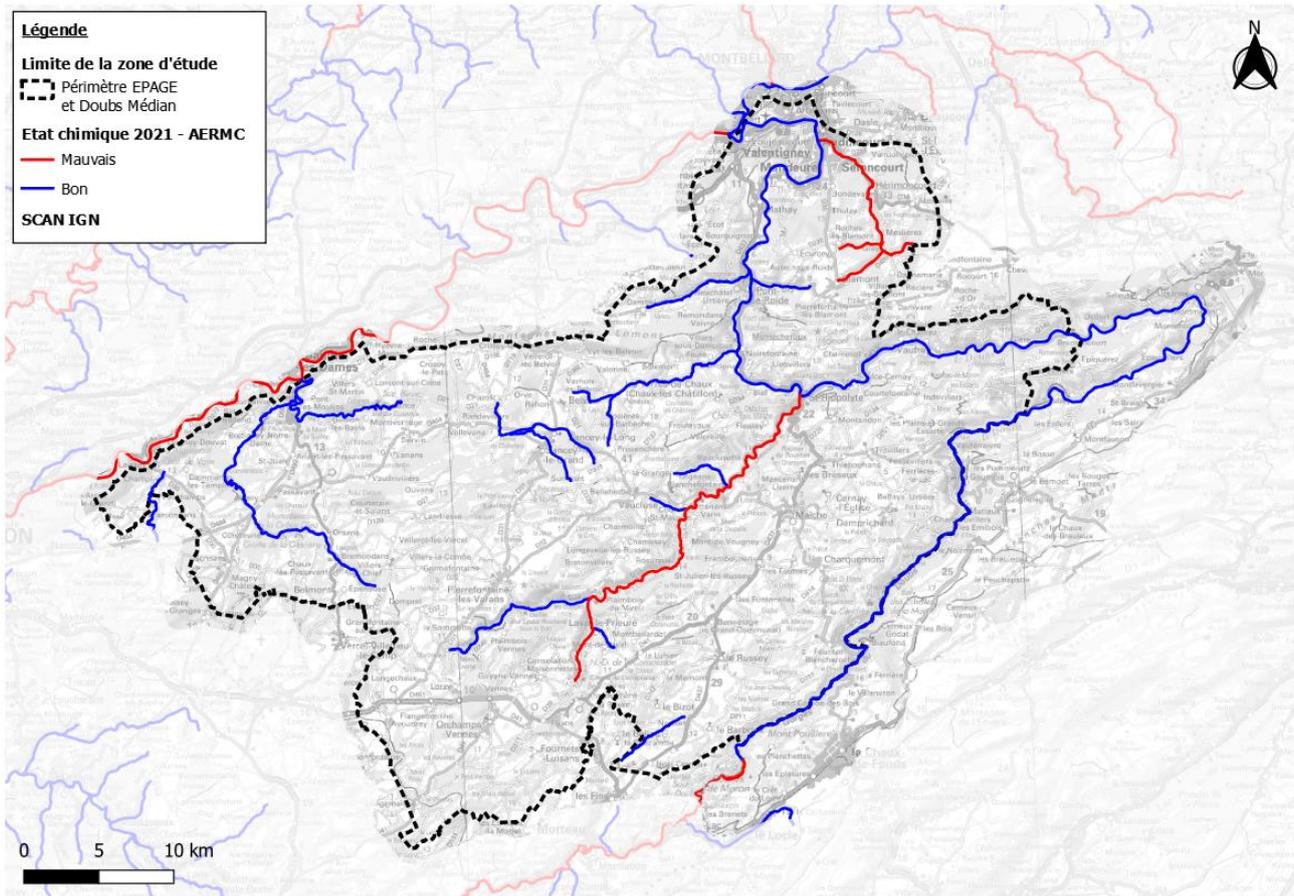


Figure 49 : Carte de l'état chimique des masses d'eau superficielle.

Seuls le Dessoubre et le Gland présentent un mauvais état chimique. Sur le secteur d'étude, le Doubs présente un bon état chimique. En revanche, en amont du barrage du Châtelot et en aval de la confluence entre le Doubs et l'Allan, l'état chimique du Doubs est mauvais.

Quelques éléments de précision pour les principaux cours d'eau sont donnés ci-après. Ces données sont extraites du Rapport sur la qualité des eaux souterraines [1].

La qualité des cours d'eau est un sujet d'inquiétude pour les acteurs présents à l'atelier d'octobre 2024. Trois sources de pollutions ont notamment été évoquées : les rejets des STEP, les systèmes d'assainissement non collectif et les pratiques agricoles.

### 6.5.1.1. Le Doubs

A son entrée dans le secteur franco-suisse, le Doubs présente des états nettement altérés, tant écologiques que chimiques. Le déclassement du Doubs dans ce secteur est principalement lié aux indices piscicoles.

Le lac de Moron présente un état écologique moyen et un état chimique mauvais d'après les données de l'AERMC.

La qualité (écologique et chimique) du Doubs s'améliore en aval du lac de Moron. Plus en aval, à la station de Soultz-Cernay, l'état écologique est encore amélioré, sans toutefois atteindre un état optimum (Cf. Figure 50).

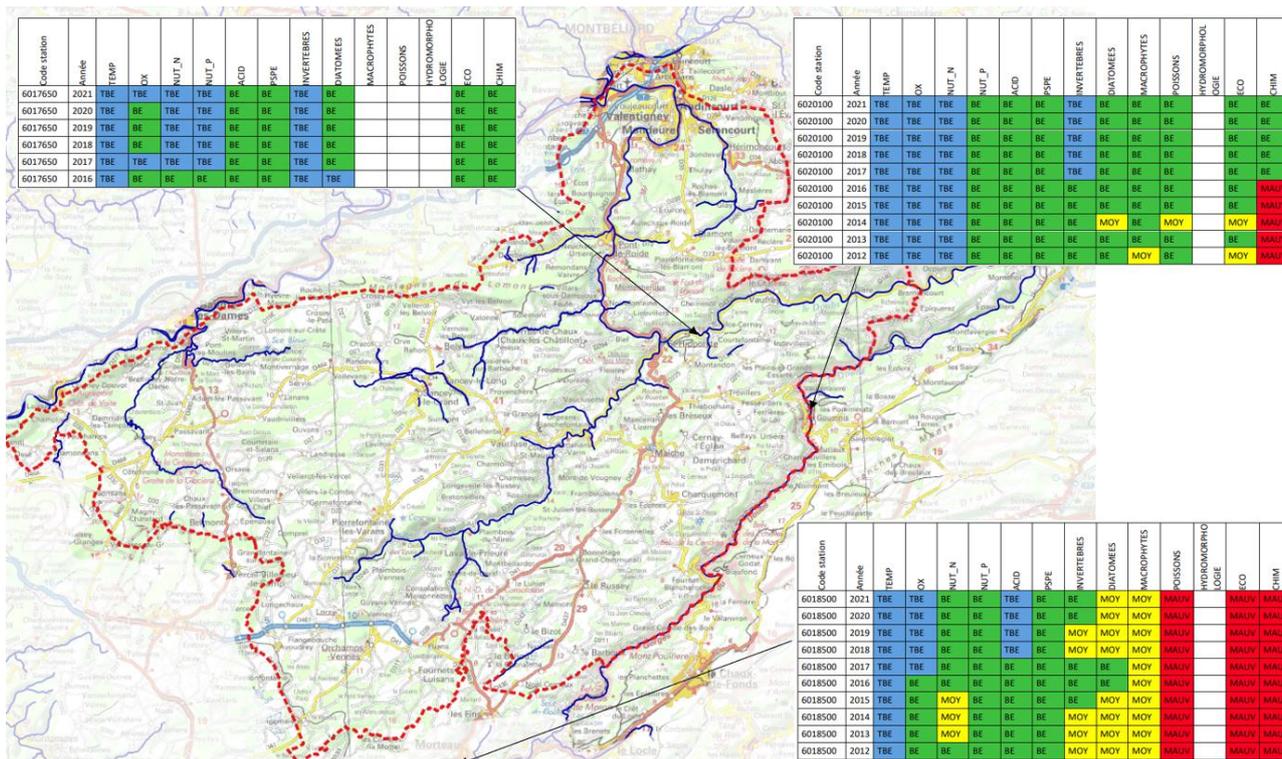


Figure 50 : Etat écologiques des stations du Doubs (Source : CD Eau Environnement, 2022, [6])

La pression organique s'exerçant sur le tronçon du Doubs dans le territoire est globalement faible. De même les contaminations par les formes azotées (hors nitrates) sont globalement modérées. Néanmoins, des pics de fortes concentrations en nitrites ont été mesurés lors des forts étiages de 2018 et 2020.

Entre Morteau et sa confluence avec le Dessoubre, le Doubs présente plusieurs types de dysfonctionnements, dont les principaux sont :

- Une dystrophie phosphorée diffuse, modérée mais chronique. Les plus fortes concentrations en phosphore total sont mesurées à l'aval de Morteau, à Charquemont et dans les sources proches de Goumois, puis une relative décroissance plus en aval ;
- Une contamination par les métaux lourds (nickel [Ni], cuivre [Cu], chrome [Cr], étain [Sn]) en particulier en aval de Morteau ;
- Une contamination par les pesticides globalement diffuse, homogène et significative du Doubs sur l'ensemble du linéaire (Cf. Figure 51) ;
- Une contamination par les micropolluants (autre que pesticides et hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP]) élevée, que ce soit par des marqueurs de rejets domestiques qu'industriels. La pollution par les polychlorobiphényles [PCB] décroît le long du linéaire ;
- Les peuplements piscicoles sont déficitaires par rapport au potentiel du cours d'eau.

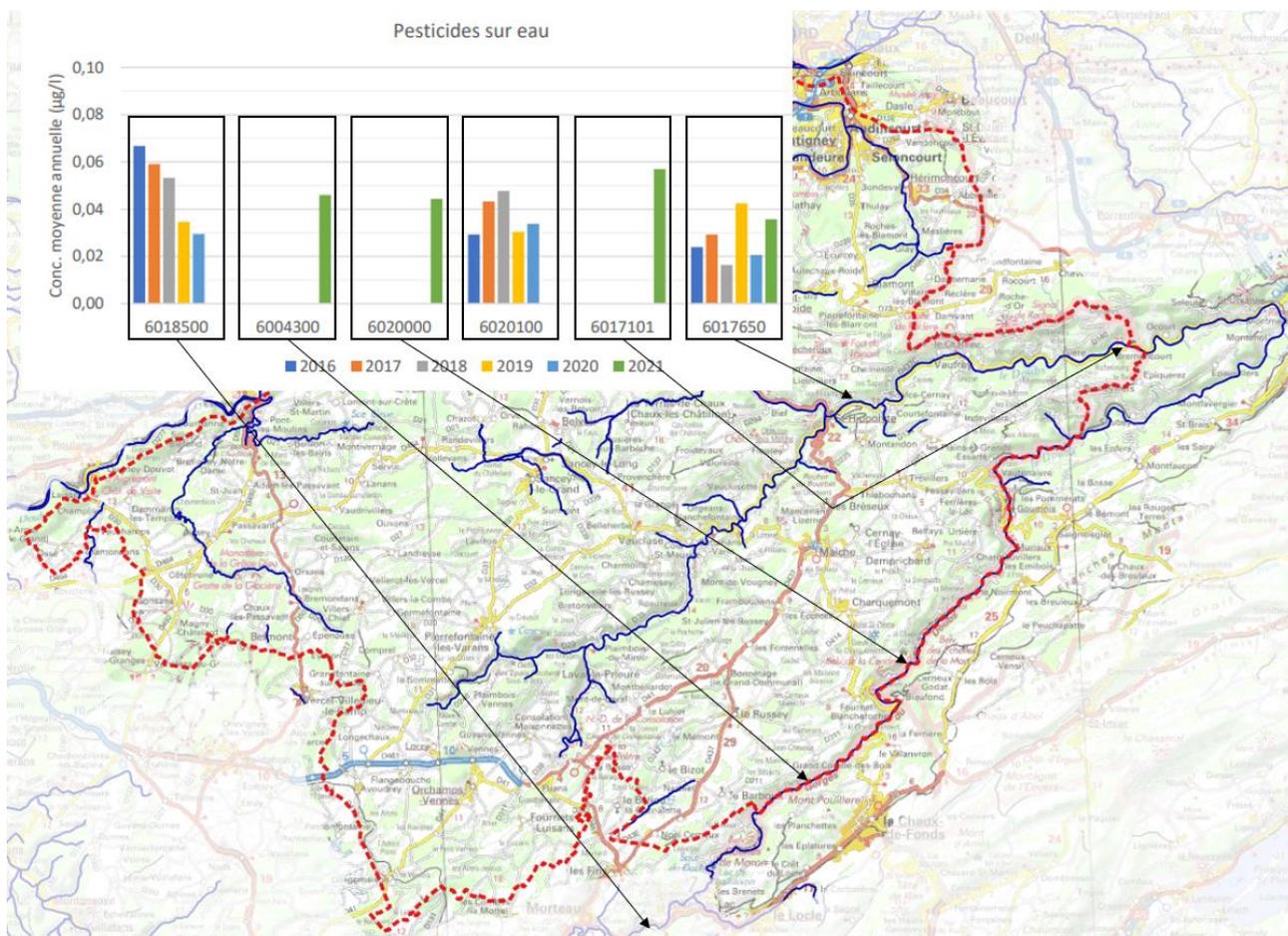


Figure 51 : Concentration moyenne annuelle des pesticides sur différentes stations du Doubs

### 6.5.1.2. Le Dessoubre

La source du Dessoubre présente une forte dystrophie phosphorée qui se résorbe progressivement le long du linéaire. Cette dystrophie serait liée au rejet de la station d'épuration d'Orchamps-Vennes.

Compte tenu du caractère agricole du bassin versant du Dessoubre, de fortes concentrations en nitrates sont mesurées au niveau des résurgences. Il est à noter que les niveaux de contamination par les nitrates de l'affluent Reverotte sont plus faibles que ceux de la source du Dessoubre mettant en évidence des pressions agricoles variables en fonction des bassins versants.

Par ailleurs, le Dessoubre est fortement contaminé de façon chronique par les matières phosphorées dès sa source puis des concentrations qui tendent à décroître progressivement jusqu'à sa partie médiane. La contamination de la source du Dessoubre vis-à-vis des matières phosphorées pourrait provenir d'une circulation souterraine entre la station d'épuration d'Orchamps-Vennes et la source du Dessoubre d'après le rapport sur la qualité de l'eau de l'EPAGE Doubs-Dessoubre (CD Eau Environnement, 2022, [6]). A noter que des travaux ont été engagés en 2021 pour améliorer cette station d'épuration.

La pression diffuse agricole sur le bassin versant du Dessoubre est également un facteur de contamination des eaux du territoire. A noter que l'ensemble des stations est également concerné par une pollution aux pesticides. Une large gamme de substances actives est détectée (peu de métabolites) avec une dominante d'herbicides.

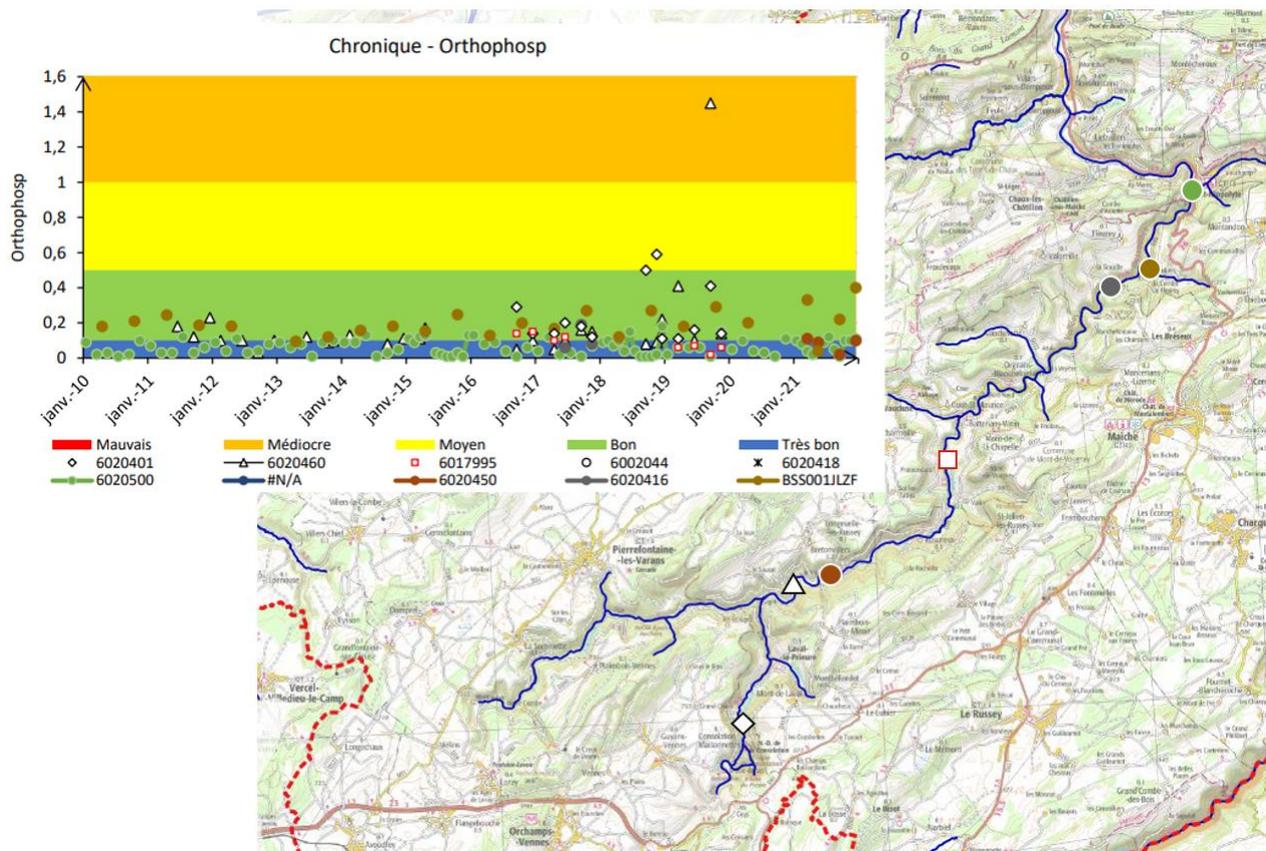


Figure 52 : Chronique des teneurs en matière phosphorée dans le bassin versant du Dessoubre (Source : CD Eau Environnement, [6])

Enfin, dans sa partie distale, le Dessoubre présente des niveaux de contaminations élevés par des micropolluants d'origine domestique.

### 6.5.1.3. Le Cusancin

Malgré son bon état écologique et chimique, le Cusancin est pollué à la fois par des rejets domestiques et une pression agricole non négligeable dans le bassin versant. Cette pollution est présente dès sa source karstique.

Un accroissement significatif des teneurs en nitrates des dernières années est notamment observé. La contamination du Cusancin par les pesticides est avérée de sa source à sa confluence, essentiellement par des pesticides et certains de leurs produits de dégradation.

La présence de substances médicamenteuses et d'autres micropolluants au droit des stations de mesure confirme également les pressions importantes qui s'exercent sur le bassin versant du Cusancin.

## 6.5.2. Qualité des eaux souterraines

Plusieurs stations de surveillance de la qualité des eaux souterraines existent sur le territoire d'étude.

La figure suivante présente l'évolution de la teneur en nitrates dans les eaux souterraines au droit de certains points de mesure. Sur l'ensemble de ces points de mesure, la concentration en nitrates est inférieure à la limite de qualité pour l'eau potable (50 milligrammes par litre [mg/l])<sup>10</sup> ; néanmoins elle reste quantifiable et non négligeable.

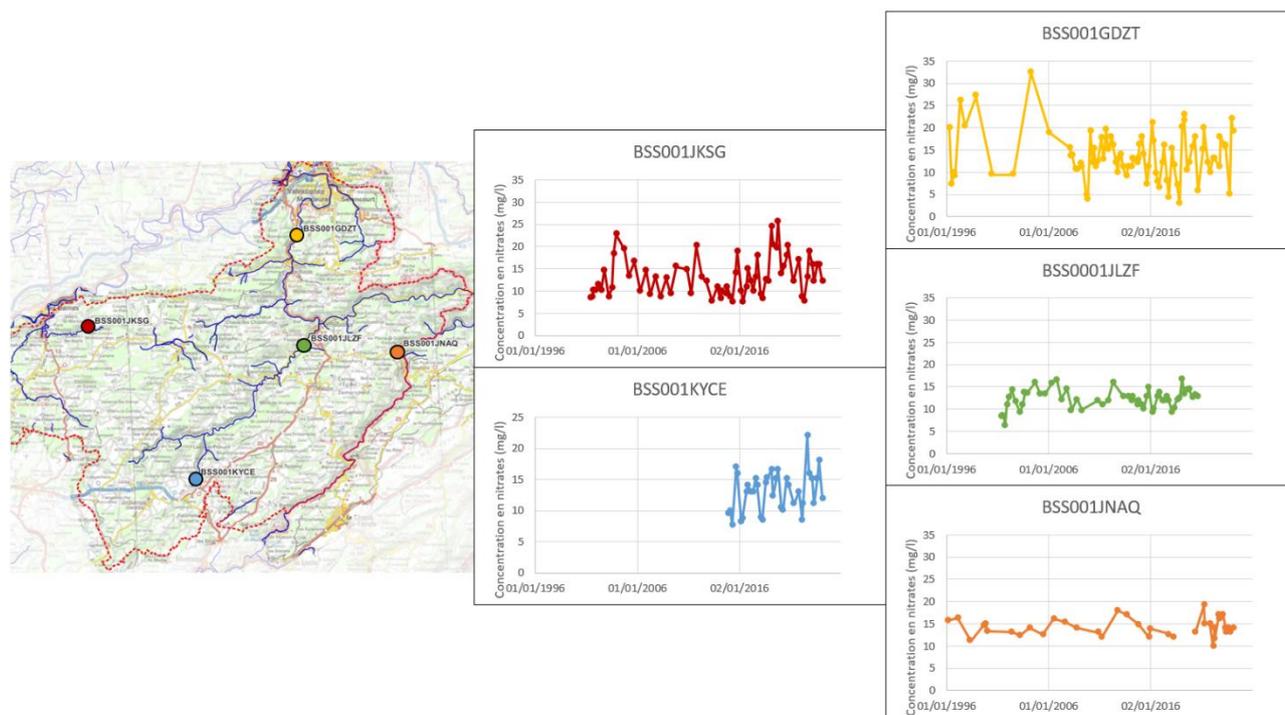


Figure 53 : Chroniques de concentration en nitrates sur différents points de mesure au sein du territoire d'étude (Source de données : ADES)

D'après l'étude d'identification des ressources karstiques majeures du Jura [21], les eaux souterraines d'origine karstiques peuvent être soumises à des contaminations bactériologiques avec présence d'entérocoques, de coliformes ou encore d'Escherichia Coli.

Depuis quelques années, les sécheresses récurrentes influencent les concentration en polluant et pourrait favoriser le développement de cyanobactéries par exemple.

<sup>10</sup> D'après l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

### 6.5.3. Thermie de l'eau

Le régime thermique des rivières joue un rôle clé dans l'équilibre des écosystèmes. En effet, la température des rivières a des conséquences sur des paramètres chimiques de l'eau tels que le pH ou l'oxygène dissous (ce dernier paramètre étant fortement corrélé à la température (Eaucea 2022)).

Des augmentations des températures peuvent créer des épisodes de forte mortalité piscicole et également affecter le cycle de vie des organismes aquatiques (éclosion des œufs, croissance, reproduction, etc.) (Explore2070 2012a).

Le contrat de territoire 2022-2024 porté par l'EPAGE Doubs-Dessoubre [16] indique que les tendances issues des mesures ponctuelles sur les cours d'eau du territoire (Doubs, Dessoubre, Cusancin) convergent pour indiquer un réchauffement global des eaux de l'ordre de 2 à 4°C entre 2010 et 2020. En 2015, une première rupture a été observée par des mesures dans la classe « bon état », puis en 2018, plusieurs mesures ont été réalisées dans la classe « état moyen ».

Les acteurs de l'atelier d'octobre 2024 ont soulevé que la thermie et la dynamique de l'eau ont un impact sur les milieux et les populations ; les étiages accentuant fortement ces effets négatifs et étant amenés à être plus intenses dans le futur. Plusieurs espèces indicatrices seraient amenées à disparaître du fait de la thermie, notamment la truite sensible à la température de l'eau (animal de référence pour cette étude). Un point d'attention a également été soulevé sur les températures de l'eau prélevée sur les captages d'eau superficielle qui ne doivent pas être trop élevées pour respecter les normes d'eau de consommation (cf. section 9.1)).

A Ocourt (Suisse), la température de l'eau du Doubs présente des variations annuelles comprises entre 0 et 25 °C, avec une légère tendance à l'augmentation de la température moyenne annuelle (Cf. Figure 54).

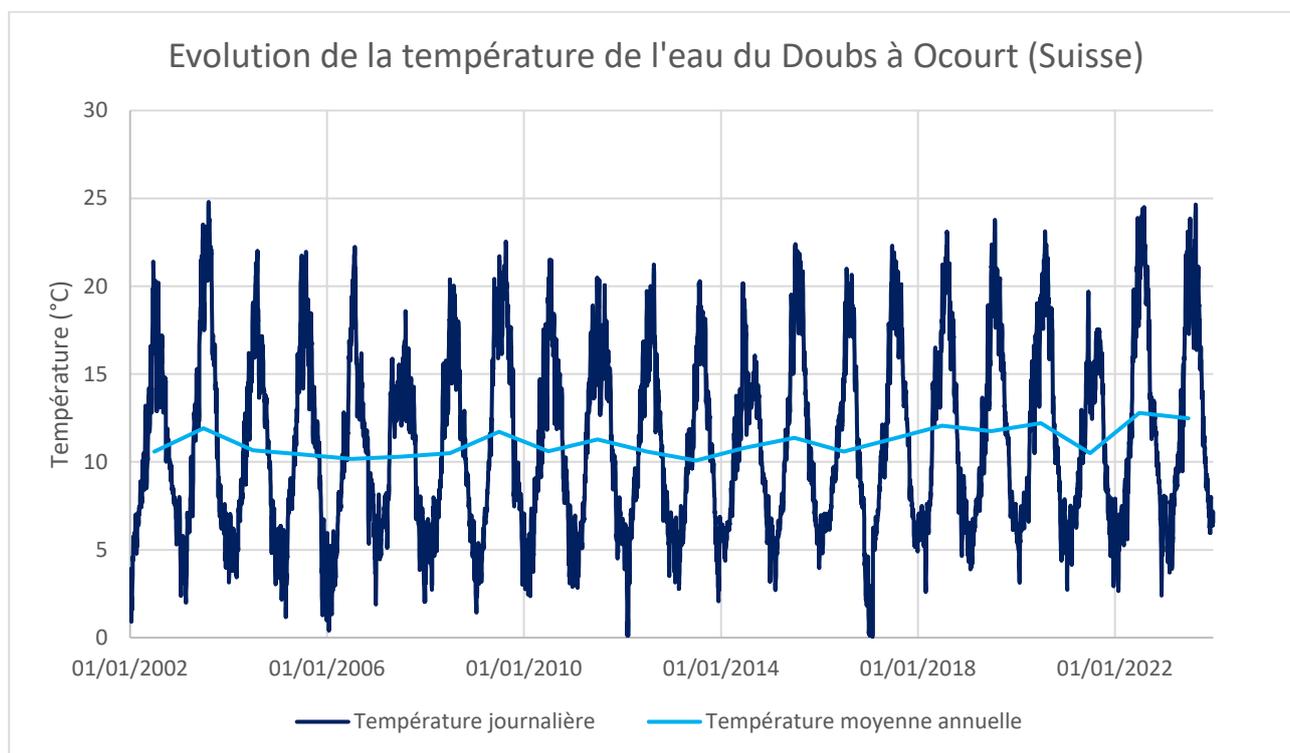


Figure 54 : Evolution de la température de l'eau du Doubs à Ocourt (Suisse)

Les données de sondes de thermie de l'eau ont été récupérées auprès de la Fédération du Doubs pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques. La localisation de ces stations est présentée dans la Figure 55.

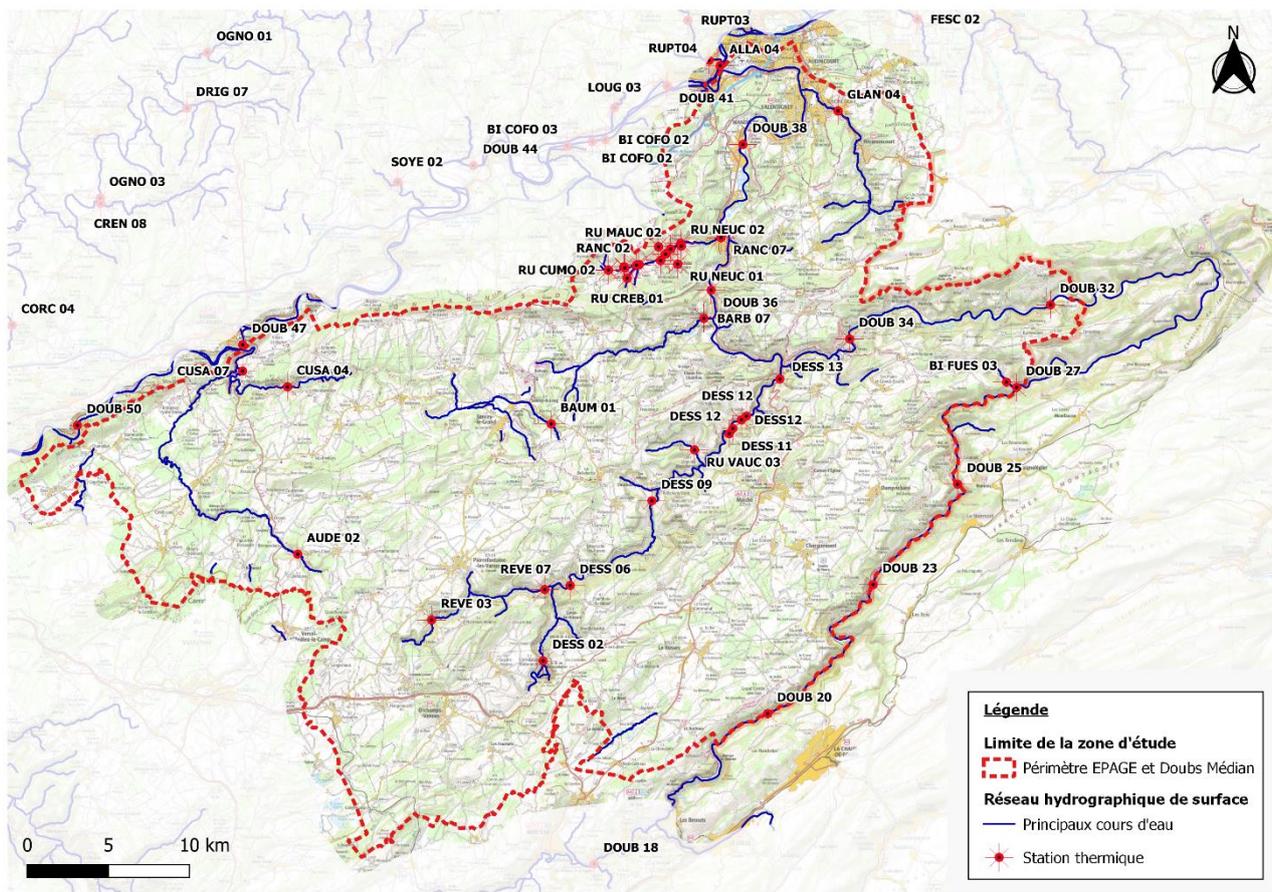


Figure 55 : Localisation des stations de thermie de l'eau

De façon synthétique, on distingue les portions de cours d'eau :

- Fortement influencées par les apports souterrains pour lesquelles l'influence du changement climatique sera d'abord liée à l'élévation de la température moyenne et dans une moindre mesure des températures estivales. Ces portions de cours d'eau constituent plutôt les portions à proximité de la source du cours d'eau ;
- Plus faiblement influencées par les apports souterrains pour lesquelles l'influence du changement climatique sera liée à l'élévation de la température moyenne de l'air ambiant et également à l'élévation des températures estivales, voire des températures journalières.

Dans l'étude Nutri-karst (BRGM 2023, [9]), il est noté également que le régime thermique des cours d'eau ne semble pas directement corrélé aux débits de ceux-ci, mais d'avantage par la distance à la source (et donc indirectement à la prépondérance des apports en eau souterraine) et aux caractéristiques physiques des cours d'eau (largeur des sections ou épaisseur de la tranche d'eau).

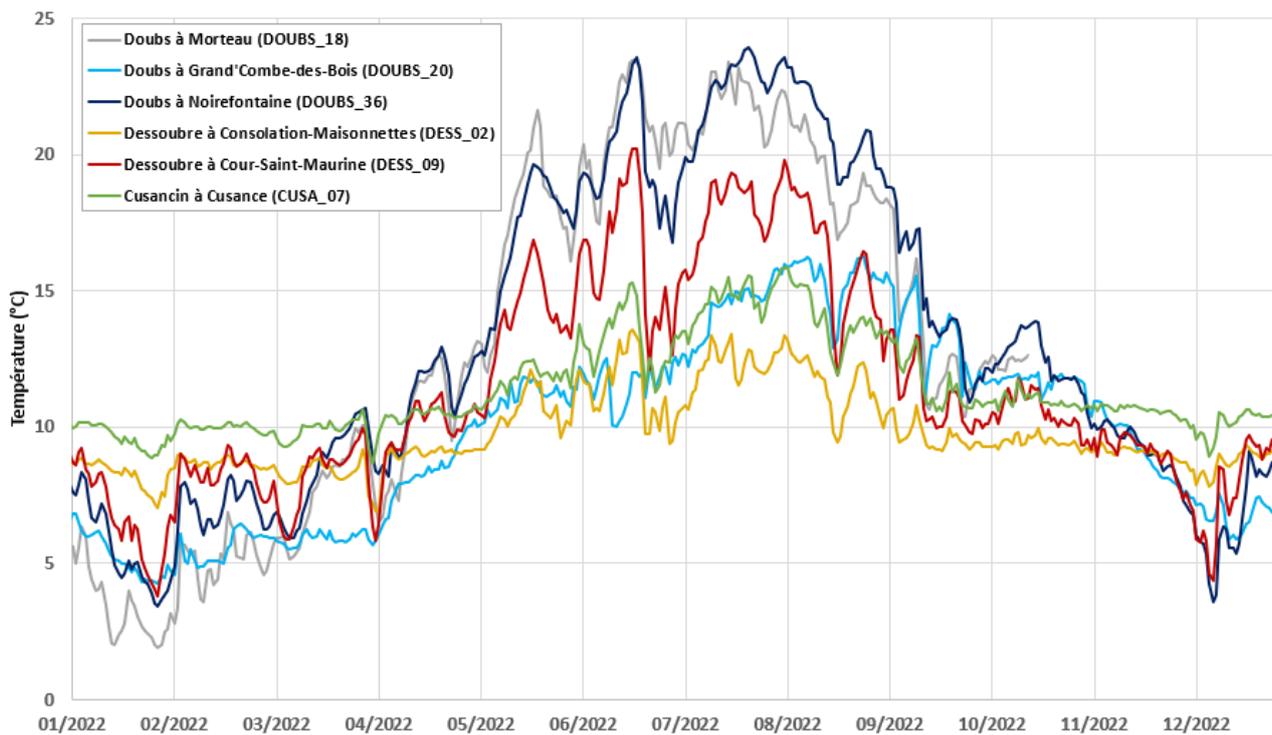


Figure 56 : Evolution des températures journalières des cours d'eau du territoire en plusieurs points de mesures

### Doubs :

La figure suivante donne l'évolution de la moyenne journalière de température des 30 jours consécutifs les plus chauds le long du Doubs entre 2014 et 2022 (Cf. Figure 57). Les seuils représentés correspondent aux conditions de développement pour la truite (vert = favorable, orange = moyennement favorable, rouge = très défavorable, cf. §9.2.1.2).

La température de l'eau pendant les 30 jours consécutifs les plus chauds varie entre 1,5 et 4°C entre 2014 et 2022 avec des variations locales. L'année 2014 révèle les températures les plus faibles alors que les températures les plus importantes ont été observées en 2022.

On observe que la température de la rivière est favorable à la truite dans la portion amont du territoire (et en aval du Saut du Doubs), cependant, quelques kilomètres plus loin, elle devient moyennement favorable. Elle devient franchement défavorable à l'aval de confluence avec le Bief de la Fuesse.

On note également une diminution de la température de l'eau entre la station de Morteau (située dans le territoire du Haut-Doubs Haute-Loue) et la station à Grand'Combe-des-Bois. Le saut du Doubs, ainsi que le barrage du Châtelot sont situés entre ces deux stations et peuvent avoir un impact sur la température de l'eau.

Certaines stations thermiques présentent des lacunes de données, notamment la station DOUB\_23 sur les années 2019 et 2020, la station DOUB\_25 sur 2014, la station DOUB\_27 entre 2014 et 2017 et en 2019, la station DOUB\_34 en 2021 et 2022 et la station DOUB\_38 entre 2016 et 2018.

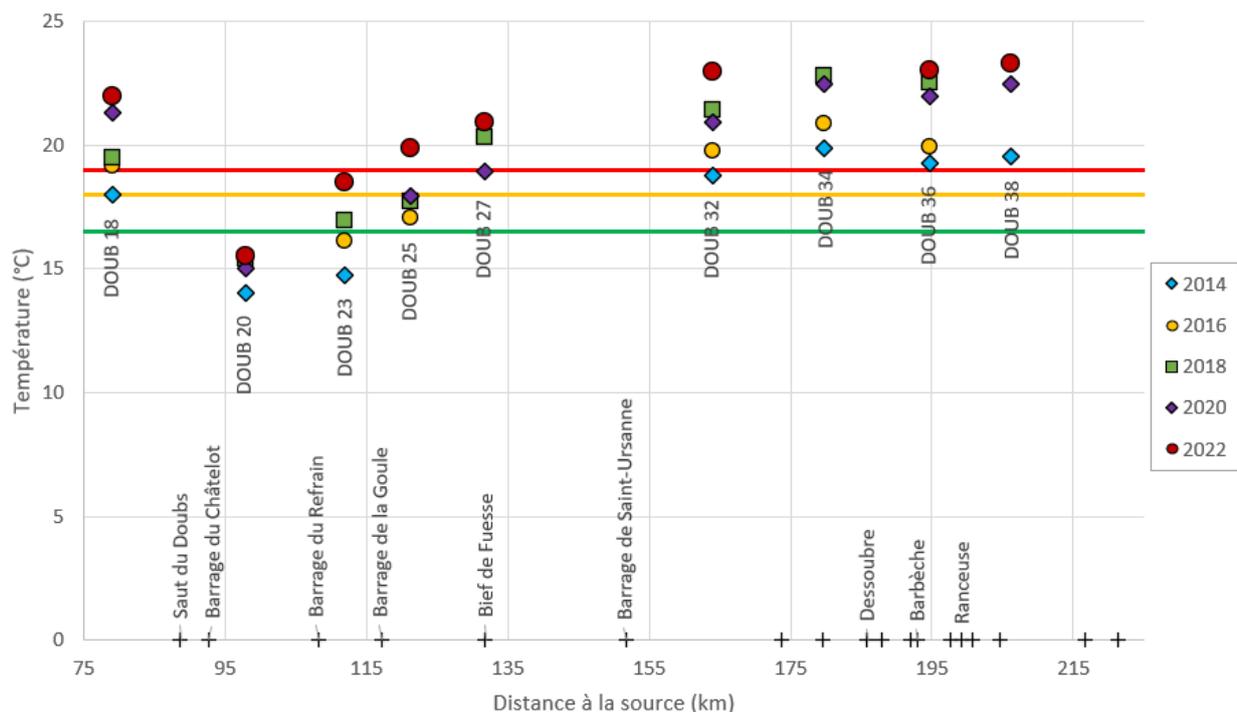


Figure 57 : Profil de la température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds le long du Doubs (d'après les suivis de la Fédération de Pêche entre 2014 et 2022), en fonction des conditions de développement d'une population de truite commune (rouge = très défavorable, orange = moyennement défavorable, vert = favorable)

La cartographie de la thermie du Doubs (SCIMABIO, 2024) a été réalisée sur deux portions française du Doubs : la portion comprise entre Grand-Combe-les-Bois et le bief de Fuesse (à la frontière avec la Suisse) et la portion entre Brémoucourt et la confluence avec le Dessoubre à Saint-Hippolyte. Ces profils de température mettent en évidence des températures de l'eau plus élevées au droit des retenues d'eau formées par les différents barrages. A noter cependant que la technique utilisée (IRTa – Infra-Rouge Thermique aéroporté) permet de mesurer simplement la température de l'eau en surface qui peut être fortement impactée par la température de l'air ambiant, en particulier sur de grandes étendues d'eau telles que celles formées par les barrages du Refrain, de la Goule, de Vaufrey et de Soultz-Cernay. A noter également que ces mesures ont été réalisées en août 2023 au moment où les températures ambiantes dépassaient les 35°C. Néanmoins d'après les figures ci-après on peut voir que les températures de surface de l'eau mesurées par scimabio et les températures relevées au fond de l'eau au droit des stations thermie de la fédération de pêche, ne présentent que des différences de températures de l'ordre de seulement quelques degrés.

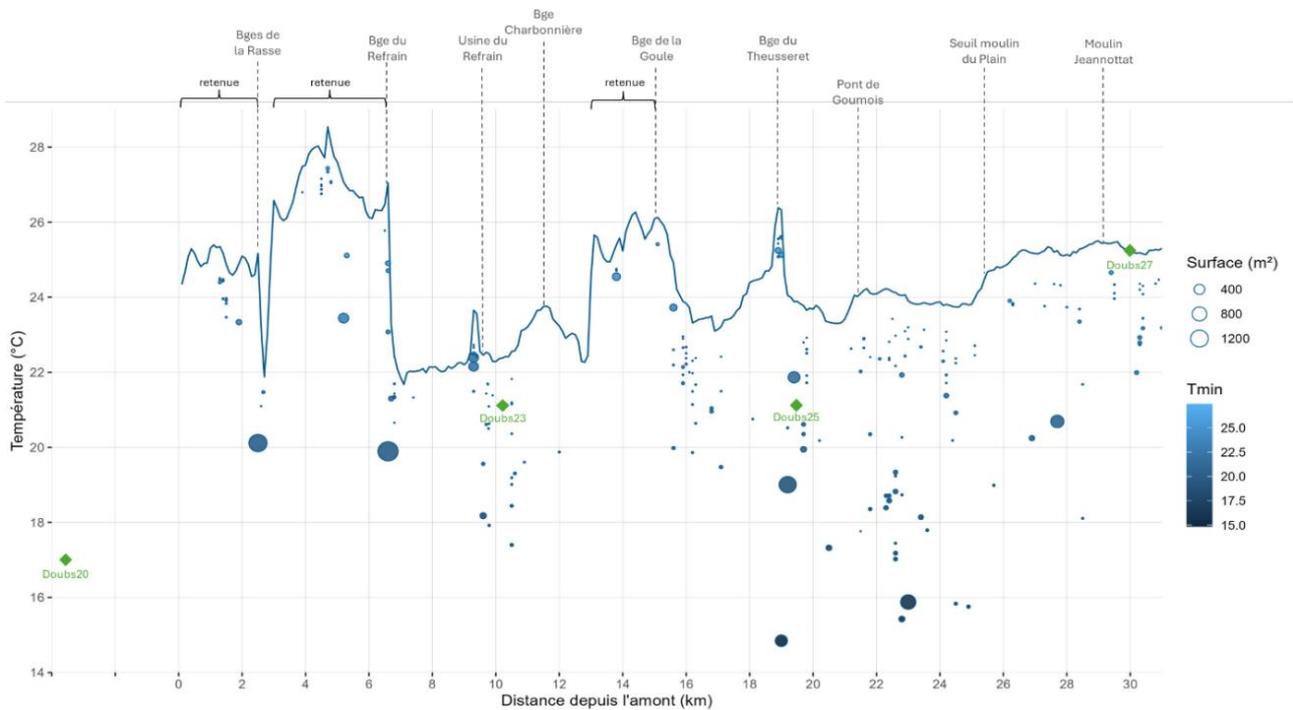


Figure 58 : Profil thermique du Doubs entre Grand-Combe-des-Bois et le bief de Fuesse (Source : SCIMABIO, 2024, [30])

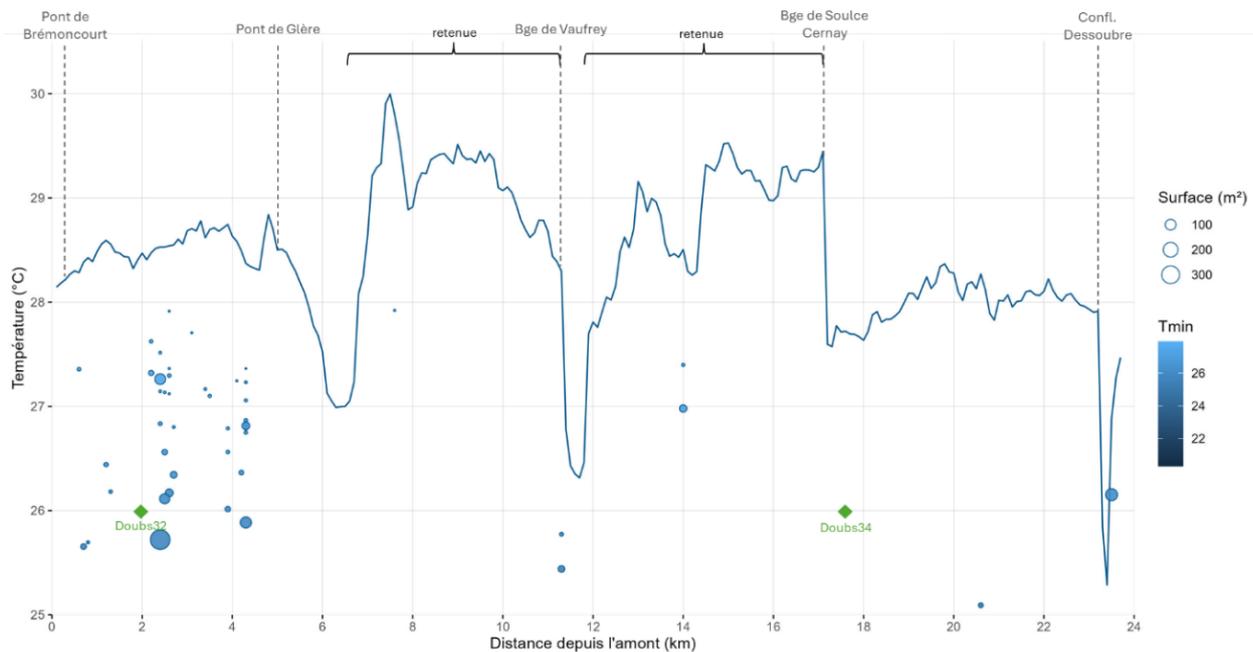


Figure 59 : Profil thermique du Doubs entre Brémencourt et la confluence avec le Dessoubre (Source : SCIMABIO, 2024, [30])

Les analyses statistiques réalisées sur les chroniques de température révèlent l'absence de tendance significative depuis les années 1980 pour le Doubs à Goumois (Cf. Figure 60) et depuis les années 1970 pour le Doubs à Mathay (Cf. Figure 61).

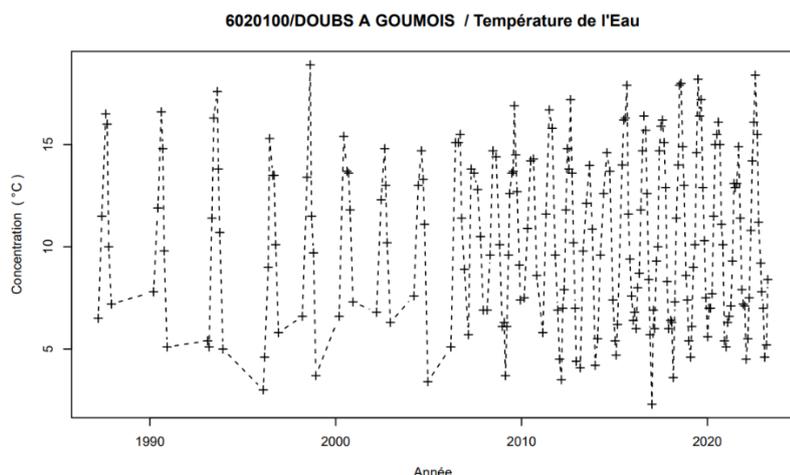


Figure 60 : Evolution rétrospective de la température du Doubs à Goumois depuis les années 1980 (Source : EPTB Saône et Doubs)

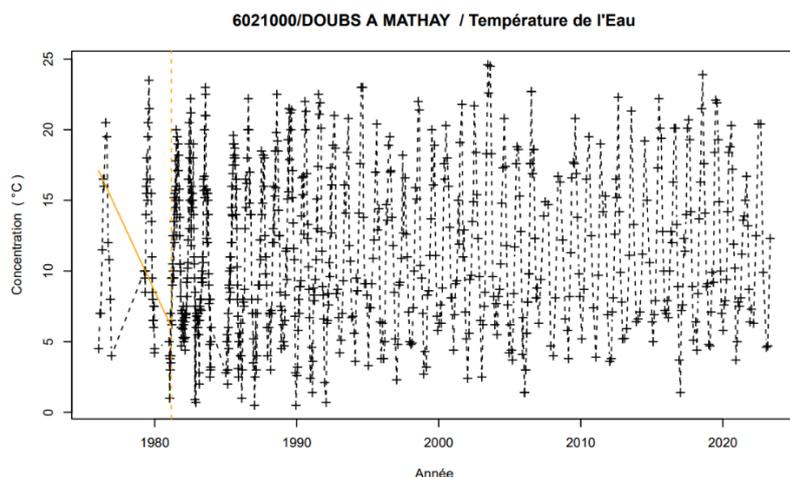


Figure 61 : Evolution rétrospective de la température du Doubs à Mathay depuis les années 1970 (Source : EPTB Saône et Doubs)

### Dessoubre :

La figure suivante donne l'évolution de la moyenne journalière de température sur les 30 jours les plus chauds le long du Dessoubre entre 2015 et 2022. D'un point de vue thermique, le Dessoubre est favorable aux truites sur une quinzaine de kilomètres à partir de sa source (Cf. Figure 62).

La température du Dessoubre présente des variations sur une même station plus importantes en partie aval du cours d'eau. En revanche, à proximité de la source du Dessoubre (station DESS\_02) la température est toujours de l'ordre de 12°C. Cela est cohérent avec l'origine souterraine des eaux.

A noter que toutes les stations du Dessoubre présentent des lacunes de données ne permettant pas de calculer la moyenne journalière de température sur les 30 jours les plus chauds. Ces lacunes sont présentes sur au moins une année pour chaque station thermique.

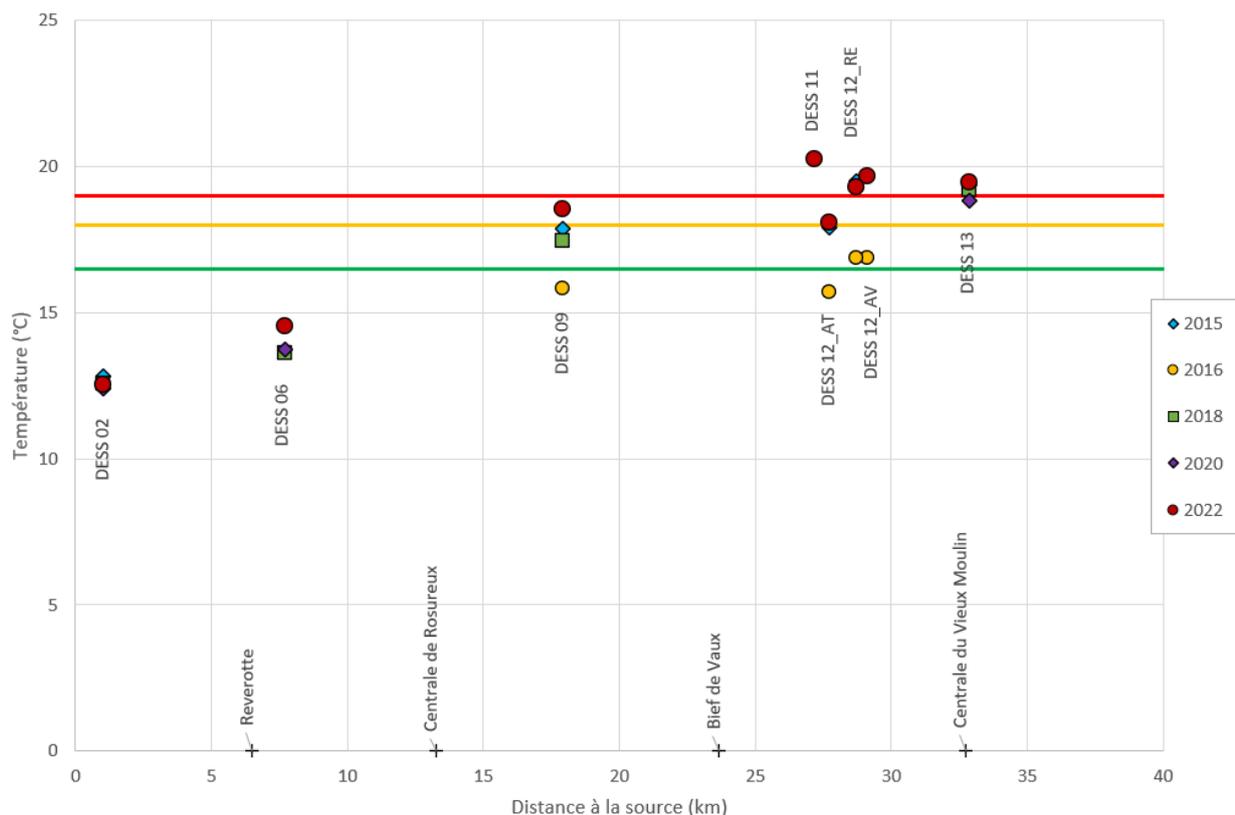


Figure 62 : Profil de la température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds le long du Dessoubre (d'après les suivis de la Fédération de Pêche entre 2015 et 2022), en fonction des conditions de développement d'une population de truite commune (rouge = très défavorable, orange = moyennement défavorable, vert = favorable)

La cartographie de la température du Dessoubre (SCIMABIO, 2024) met en évidence une différence significative entre la température mesurée en surface lors de la campagne IRTa (Infra-Rouge Thermique aéroporté) et les mesures en fond de rivière collectées par les sondes thermiques de fédération de pêche. Ces différences de température ne peuvent pas être dues à une stratification thermique compte tenu des faibles profondeurs d'eau dans le Dessoubre. D'après SCIMABIO, ces différences de températures pourraient être dues à de petits apports d'eau souterraine réguliers sur des linéaires importants.

Cette même étude met en évidence la présence de zones présentant un réchauffement important. Certaines zones de réchauffement semblent coïncider avec la présence de retenues d'eau créées par la présence de seuils ou de barrages. En particulier, le barrage Rosureux semble jouer un rôle important dans le réchauffement de l'eau sur un linéaire d'environ 1 km en amont.

Onze zones de refroidissement majeures ont également été recensées le long du Dessoubre correspondant à des apports majeurs d'eau souterraine.

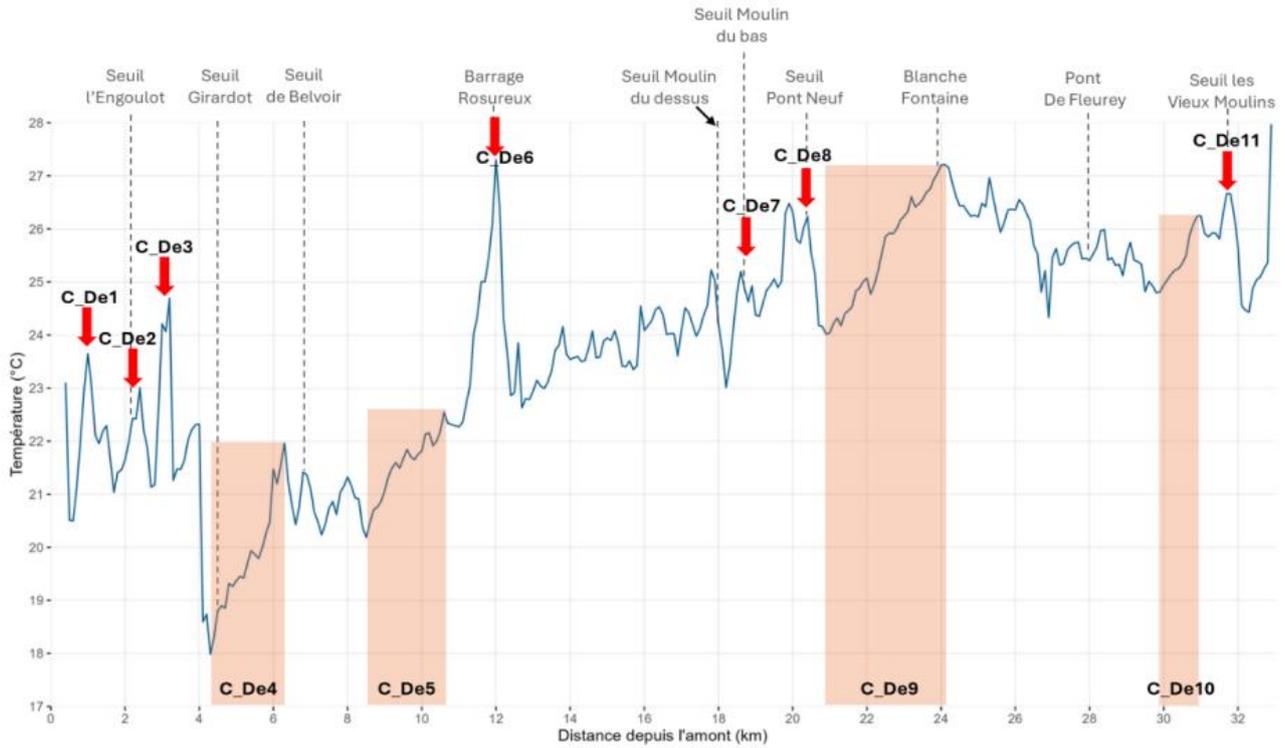


Figure 63 : Localisation sur le profil thermique des principales zones de réchauffement de la température de l'eau du Dessoubre (Source : SCIMABIO, 2024, [30])

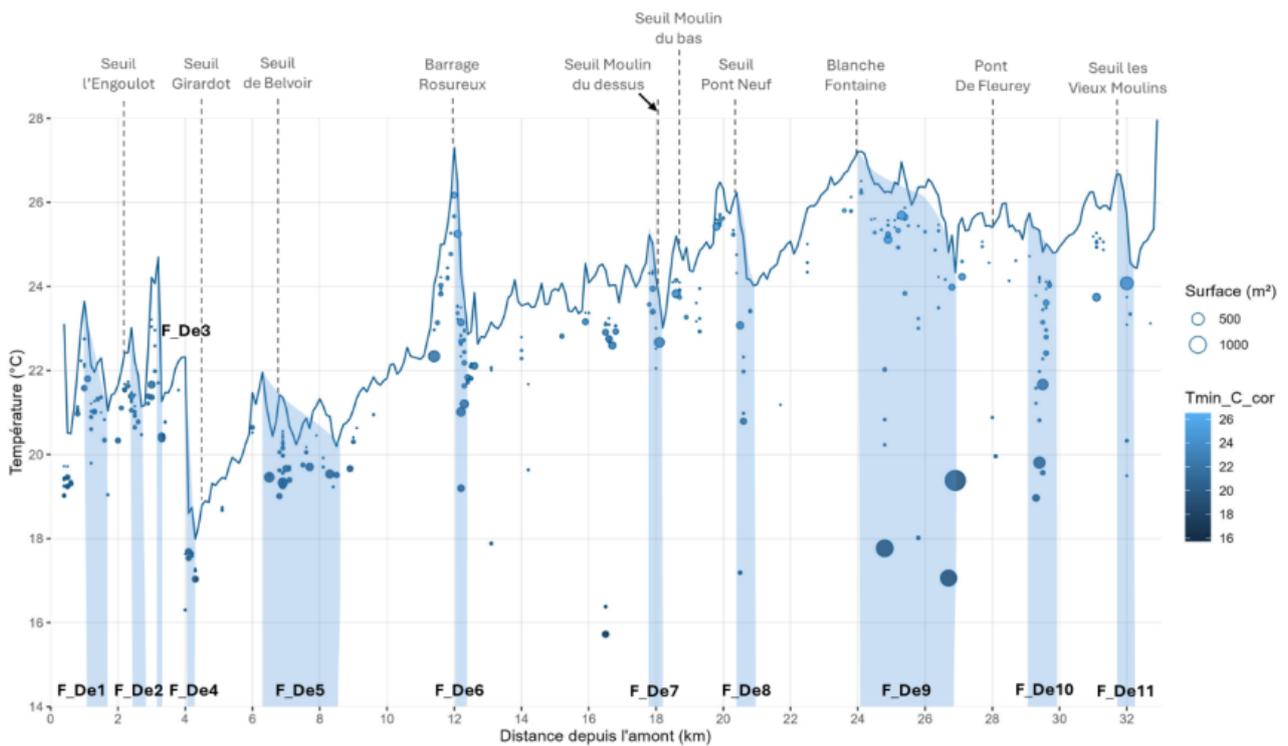


Figure 64 : Localisation sur le profil thermique des principales zones de refroidissement de la température de l'eau du Dessoubre (Source : SCIMABIO, 2024, [30])

Par ailleurs, les analyses statistiques sur la température de l'eau de la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte depuis les années 1980 ne mettent pas en évidence de tendance significative. Une très légère tendance à la baisse a été calculée, cependant ces résultats présentent d'importantes incertitudes compte tenu de l'hétérogénéité des mesures, en particulier avant les années 2000 (Cf. Figure 65).

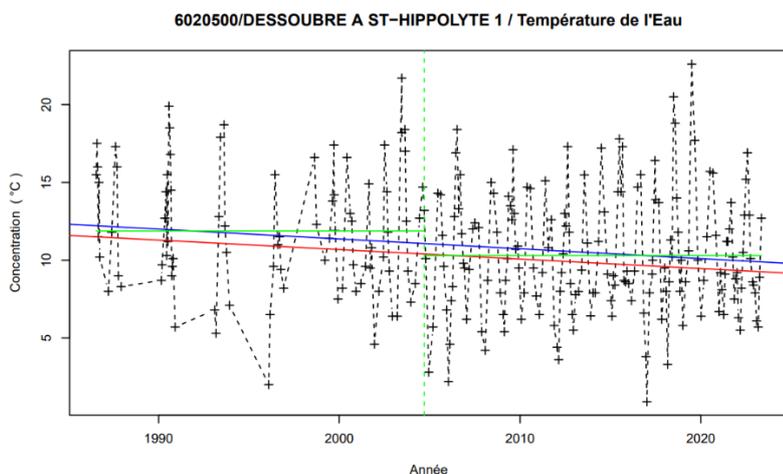


Figure 65 : Evolution rétrospective de la température du Dessoubre à Saint-Hippolyte depuis les années 1980 (Source : EPTB Saône et Doubs)

#### Cusancin :

La figure suivante donne l'évolution de la moyenne journalière de température sur les 30 jours les plus chauds le long du Cusancin entre 2014 et 2022. D'un point de vue thermique, le Cusancin apparaît favorable dans sa partie amont et moyennement favorable plus en aval, notamment au droit de la station située à 9 km de la source (Cf. Figure 66).

La température de l'eau présente des variations comprises entre 2,5 et 4,5 °C entre 2016 et 2022 sur les deux stations du Cusancin.

A noter que la station CUSA\_07 présente des lacunes de données entre 2014 et 2015.

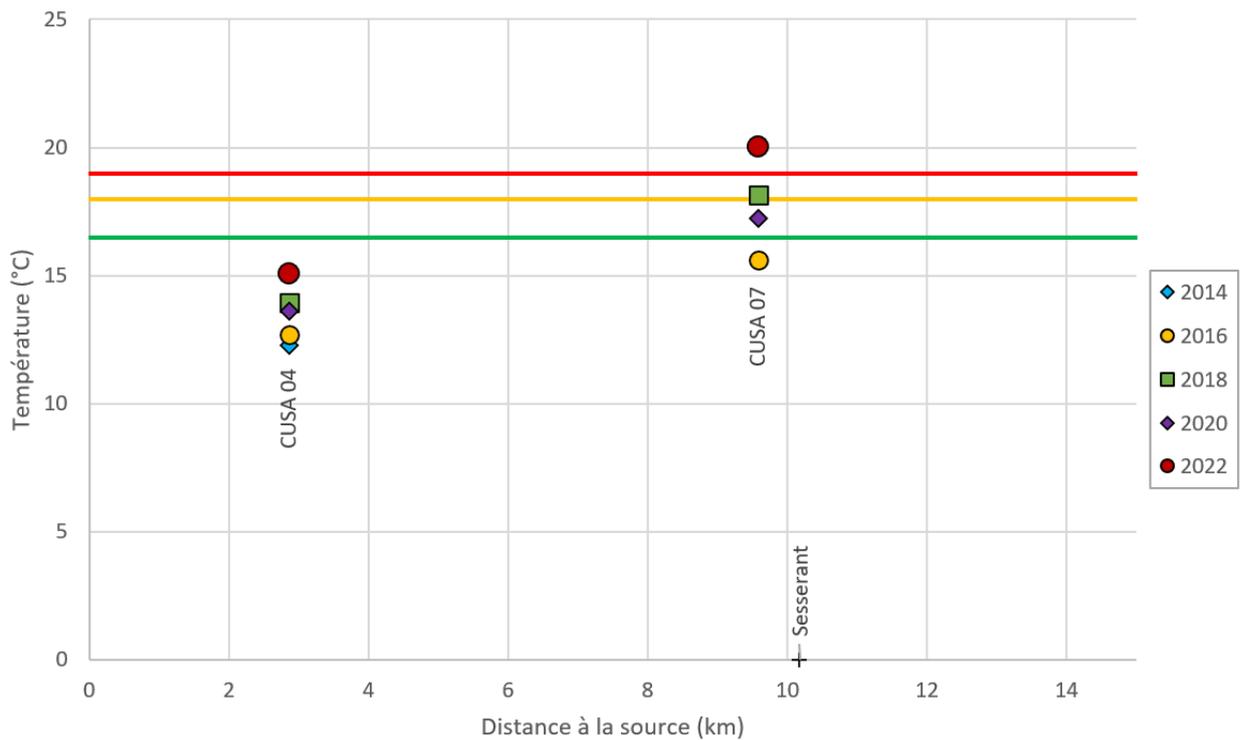


Figure 66 : Profil de la température moyenne des trente jours consécutifs les plus chauds le long du Cusancin (d'après les suivis de la Fédération de Pêche entre 2014 et 2022), en fonction des conditions de développement d'une population de truite commune (rouge = très défavorable, orange = moyennement défavorable, vert = favorable)

L'étude de cartographie thermique du Cusancin (SCIMABIO, 2024) met en évidence la présence de quatre zones de refroidissement majeures. Le refroidissement de l'eau peut notamment être dû à des apports d'eau souterraine karstique dans ces zones. Ces 4 zones sont présentées dans les figures ci-dessous. A noter que certaines zones de refroidissement correspondent à des zones où des traçages karstiques ont mis en évidence des connexions avec le système souterrain, notamment au droit des secteurs de Guillon-les-Bains et La Lavaine confirmant ainsi les apports d'eau souterraine dans le Cusancin.

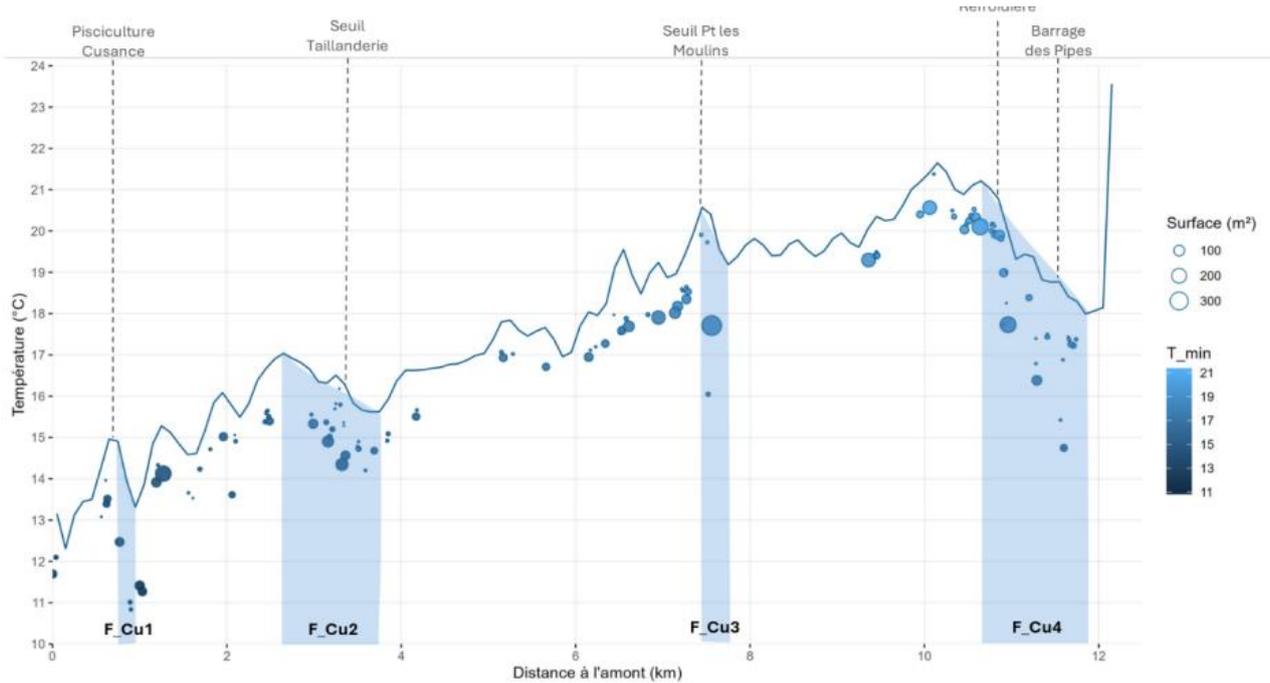


Figure 67 : Localisation sur le profil thermique des quatre principales zones de refroidissement recensées sur le Cusancin (Source : SCIMABIO, 2024, [30])

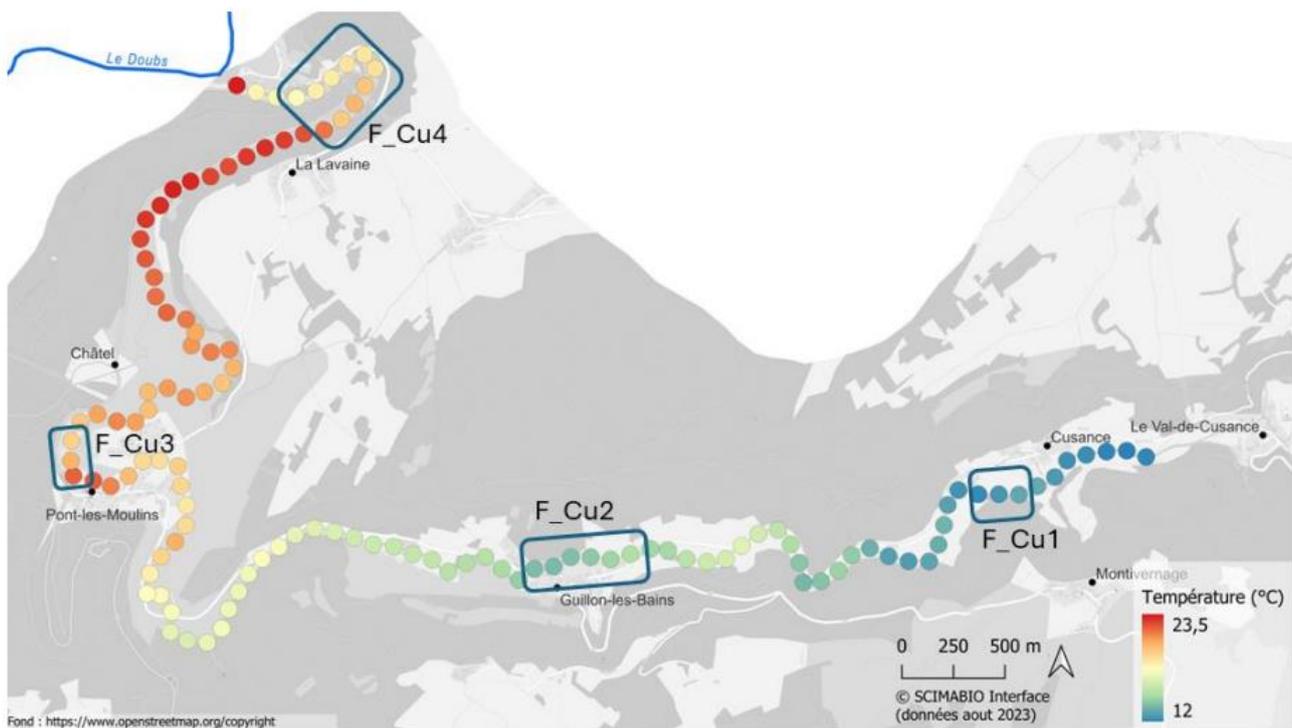
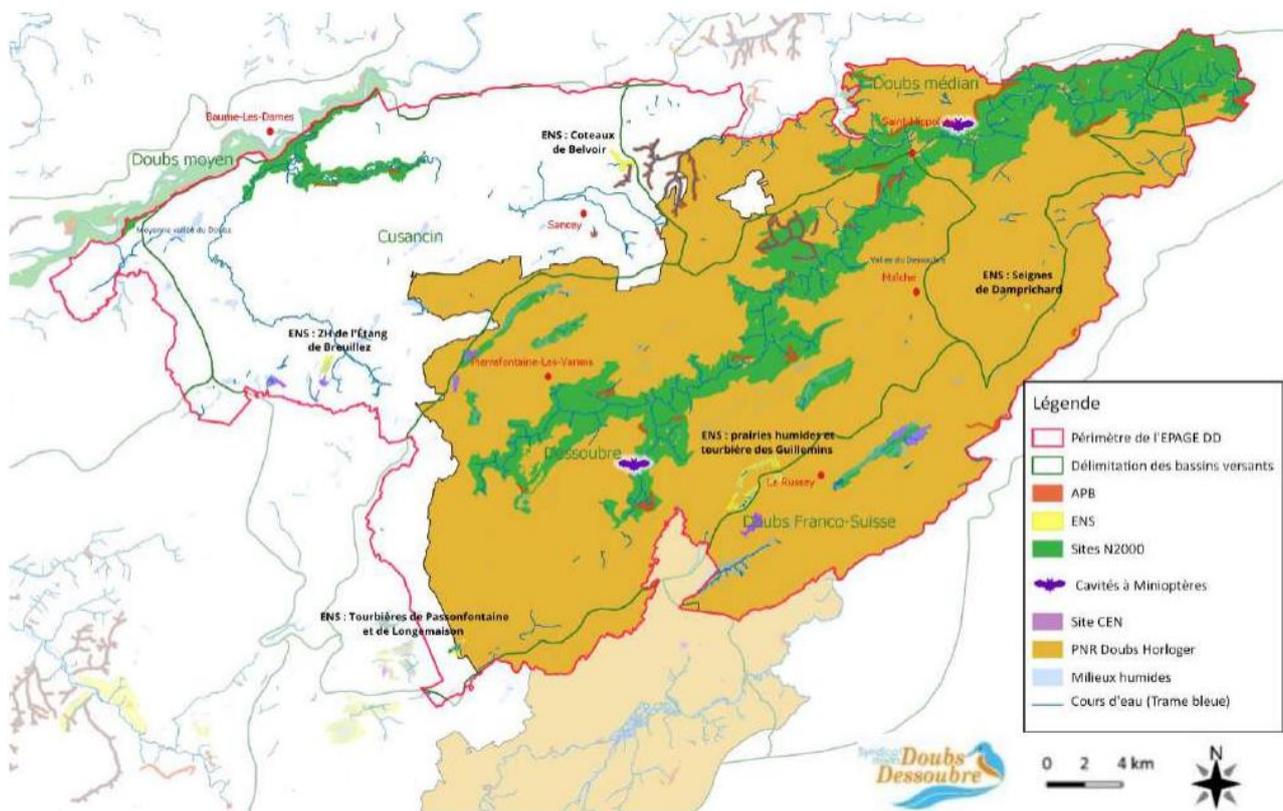


Figure 68 : Localisation des quatre principales zones de refroidissement recensées sur le Cusancin (Source : SCIMABIO, 2024, [30])

#### 6.5.4. Zones Natura 2000

Deux sites sont classés Natura 2000 « Habitats, Faune et Flore » au sein de l'EPAGE Doubs Dessoubre. Il s'agit :

- Du site « Vallée du Dessoubre » (FR4301298). D'une superficie de 16 636 ha, il est issu de la fusion de 3 sites Natura 2000 durant l'année 2021 :
  - o Vallées du Dessoubre, de la Reverotte et du Doubs (FR4301298) – Directive Oiseaux et Habitats, faune et flore ;
- Tourbière des Cerneux-Gourinots, et zones humides environnantes, les Seignes des Guinots et le Verbois (FR4301287) – Directive Habitats, faune, flore ;
- Réseau de cavités à Minoptères de Schreibers en Franche-Comté (FR4301351) – Directive Habitats, faune, flore ;
- Du site « Moyenne Vallée du Doubs » (FR4312010) de la Directive Oiseaux et d'une superficie de 6 300 ha.



### 6.5.5. Zones humides

Le territoire de l'EPAGE Doubs-Dessoubre est constituée de nombreux milieux humides, parfois mal connus. Avec l'appui du pôle milieux humides du Conservatoire d'Espaces Naturels Bourgogne-Franche-Comté, une caractérisation et priorisation des milieux humides a été réalisée sur le territoire de l'EPAGE.

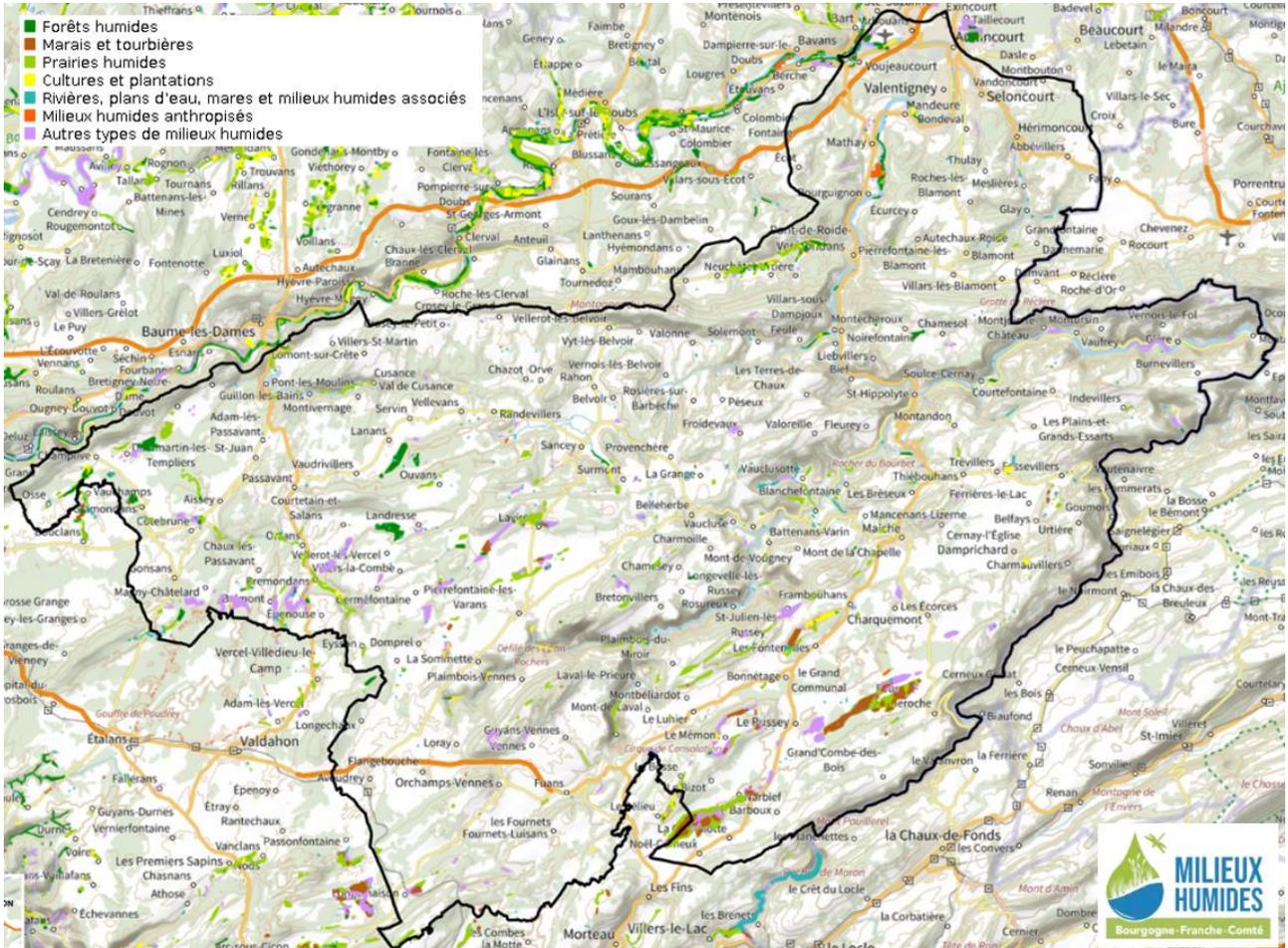


Figure 70 : Milieux humides inventoriés (Source : Pôle Milieux Humides Bourgogne-Franche-Comté)

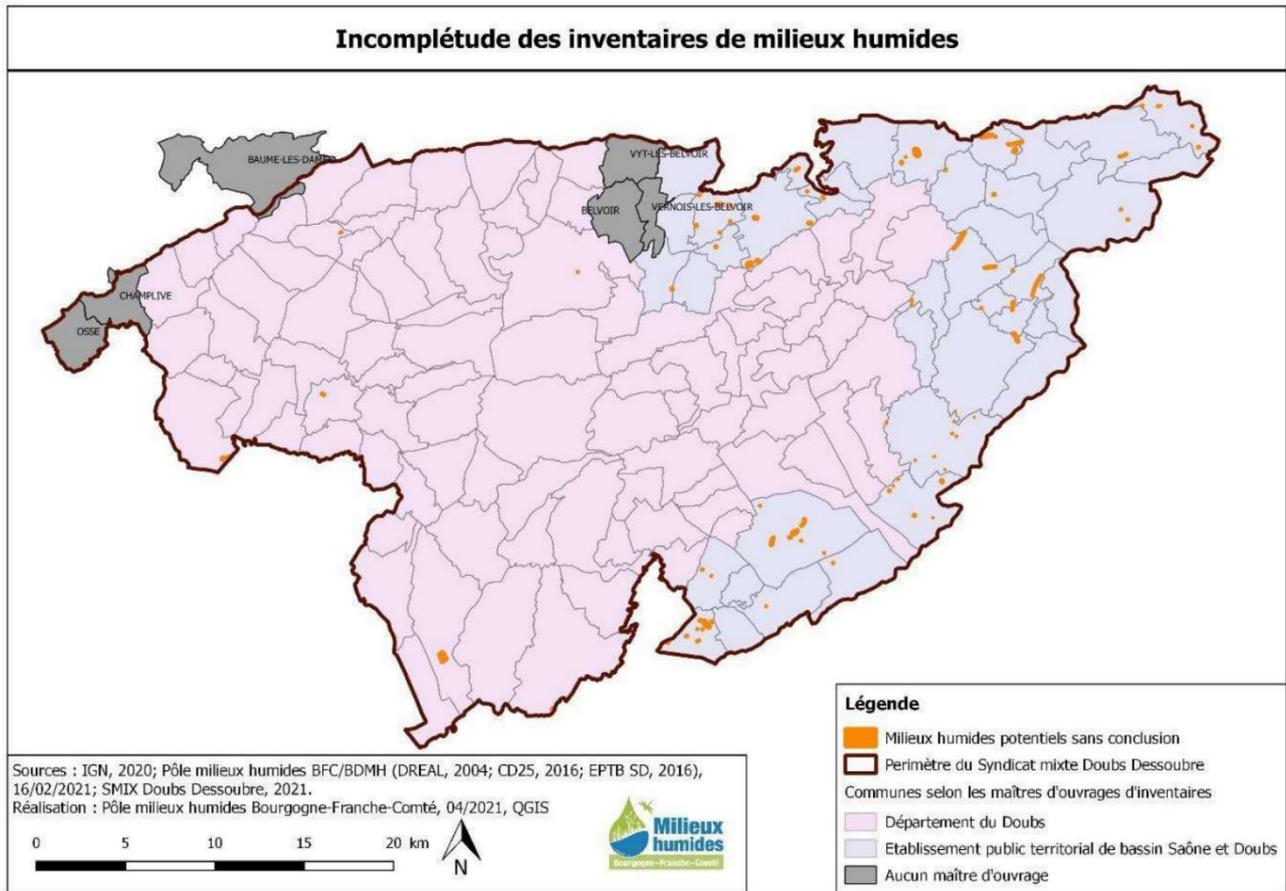


Figure 71 : Inventaire des milieux humides sur le territoire de l'EPAGE Doubs Dessoubre (Source : Contrat de territoire EPAGE Doubs Dessoubre, 2022,[16])

Plusieurs tourbières sont également présentes sur le territoire de l'EPAGE. Les tourbières du massif jurassien ont toutes connu des perturbations qui ont empêché leur bon fonctionnement hydrologique (drainage, excavations, plantations, etc.). Les principales tourbières du territoire sont les suivantes (Cf. Figure 72) :

- Tourbière du Prélot : elle se situe dans une dépression en bordure de la D435 dont le fond est imperméabilisé par des marnes oxfordiennes.
- Tourbières des Cerneux-Gourinots : elles s'étendent au cœur d'un synclinal calcaire d'orientation nord-est/sud-ouest dont le fond est imperméabilisé par des strates de calcaires argileux et de marnes.
- Tourbières du Mémont : ces dernières sont situées autour du village de Mémont. Elles sont installées dans des dépressions imperméabilisées par des marnes et calcaires marneux du Jurassique supérieur qui ont favorisé la formation d'horizons superficiels tourbeux.
- Complexe tourbeux des Belles Seignes repose au cœur d'un synclinal s'étendant entre Morteau et Le Russey.

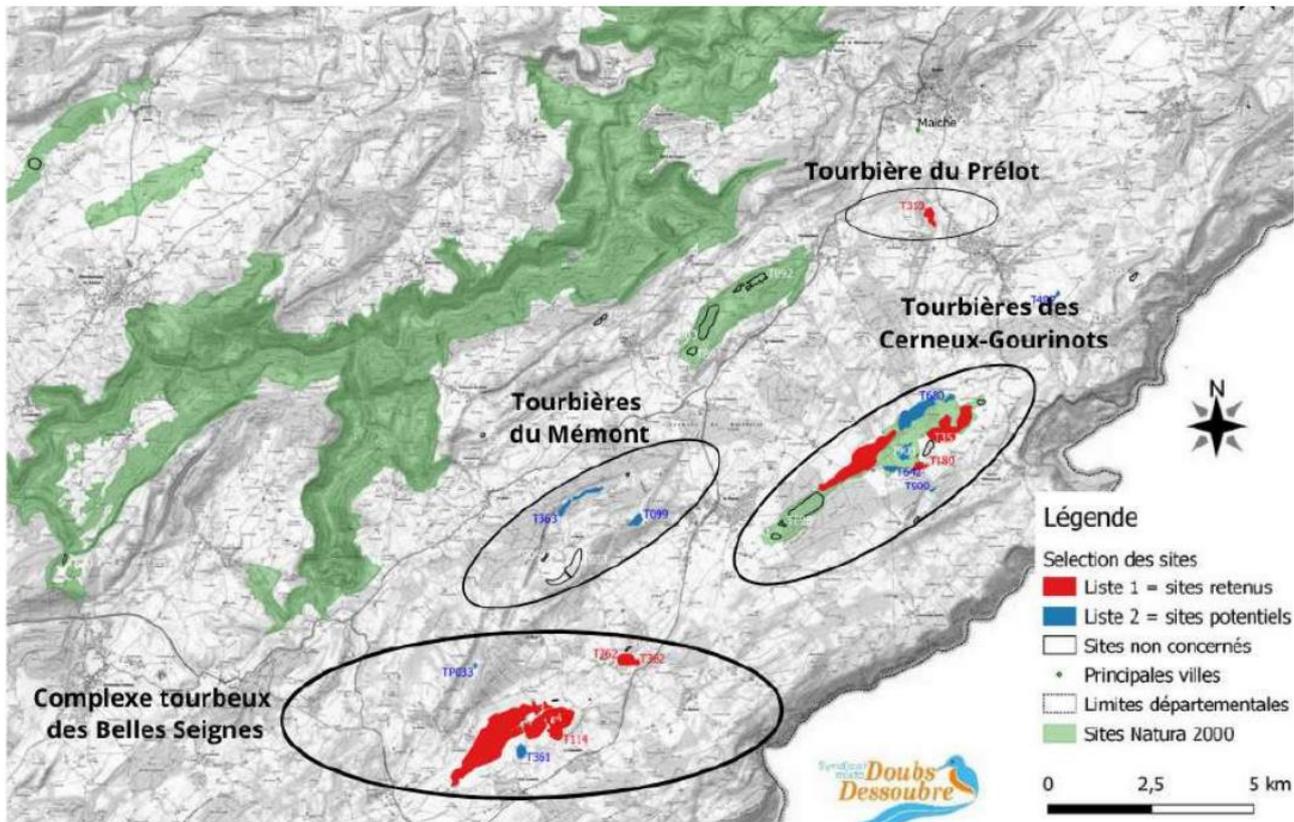


Figure 72 : Cartographie des principales tourbières sur le territoire du Doubs-Dessoubre (Source : Contrat de territoire EPAGE Doubs Dessoubre, 2022, [16])

Ces zones font l'objet de protections (ZNEIFF ou Natura 2000) et de programmes de restauration. Le programme LIFE Tourbières Climat vise notamment à réhabiliter le fonctionnement de ces milieux pour qu'ils soient en mesure d'assurer leurs rôles écosystémiques et de les rendre plus résilients face aux changements du climat.

D'après les acteurs présents à l'atelier d'octobre 2024, les zones humides sont précieuses et à conserver, du fait de leur rôle écologique important (réservoir d'eau notamment). La tendance n'est pas à leur multiplication, seulement à leur conservation. Il est à noter que d'importantes actions de restauration et de conservation en cours, notamment le programme LIFE Tourbières Climat.

### 6.5.6. Occupation des sols

Le secteur d'étude est majoritairement occupé par des forêts et des parcelles agricoles (en proportions similaires), les parcelles agricoles étant très majoritairement occupées par des prairies et pâtures (Cf. Figure 73). Lors des ateliers d'octobre 2024, il a été évoqué une augmentation des problèmes sanitaires dans les forêts (scolytes, manque d'eau, fragilisation). Il est estimé que les surfaces de forêts vont rester stables à l'avenir mais elles risquent de devenir moins variées, moins résistantes et plus claires, ce qui augmenterait l'évapotranspiration et la sécheresse des milieux. Pour les acteurs présents à l'atelier, il serait nécessaire d'augmenter la surface de forêt pour conserver ses bénéfices. Cela pourrait passer notamment par le transfert de terres agricoles en surfaces forestières.

Les milieux urbanisés représentent une faible proportion du secteur d'étude (de l'ordre de 2,5%), en lien avec la faible densité de population rencontrée sur le territoire.

L'imperméabilisation et l'artificialisation des sols ont des conséquences négatives sur la ressource en eau, même si cet impact est probablement limité ici du fait de la faible part de surfaces urbaines actuellement. Lors de l'atelier d'octobre 2024, il a été évoqué le travail sur l'artificialisation des sols et les actions déjà engagées. Des aménagements de type parking perméables sont notamment observés et une baisse de l'artificialisation des sols semble s'installer.

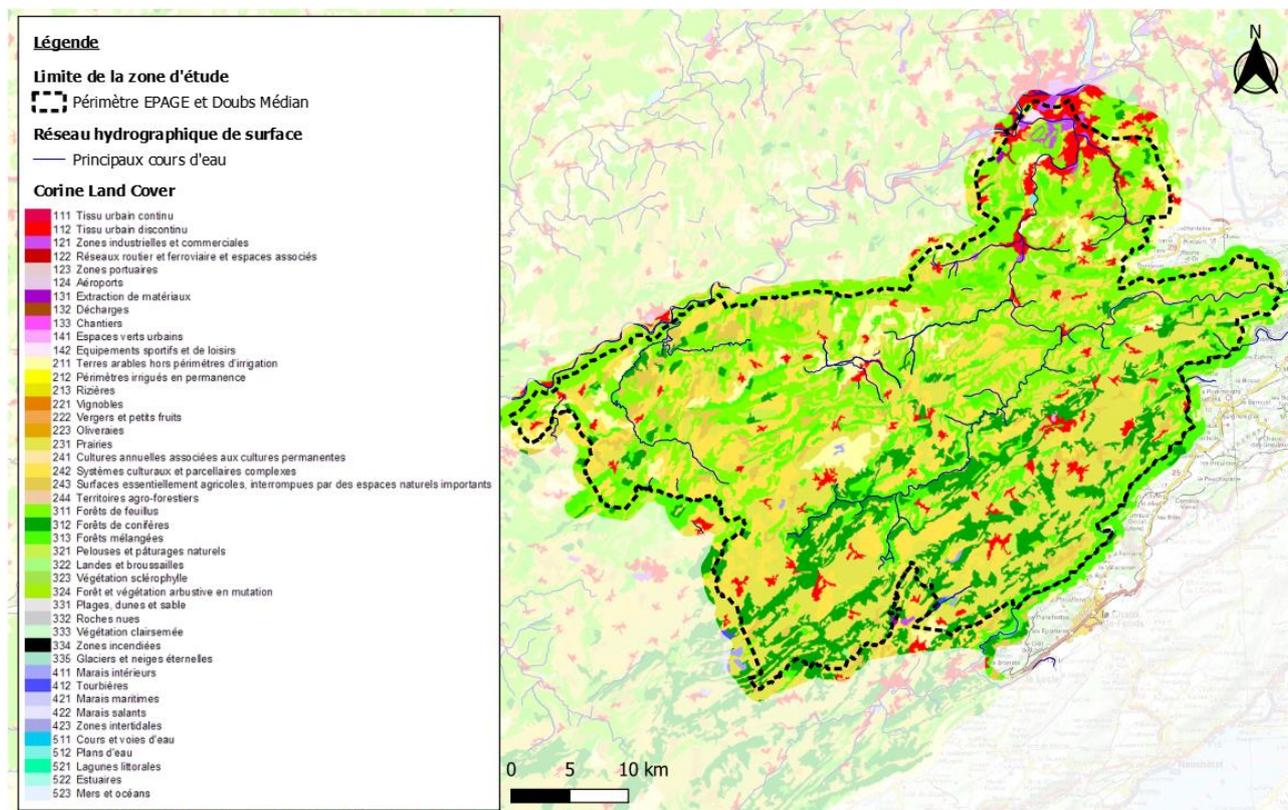


Figure 73 : Occupation du sol au sein du territoire d'étude (Source : Corine Land Cover, 2018)



## **B. IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESSOURCE EN EAU**

## 7. EVOLUTION DU CLIMAT

### 7.0. METHODE D'EVALUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Quatre scénarios climatiques ont été étudiés par le GIEC<sup>11</sup>. A l'échelle de la France, les données DRIAS<sup>12</sup> mettent à disposition les résultats des 3 scénarios suivants : RCP 2.6, RCP 4.5 et RCP 8.5.

Ces scénarios correspondent à différentes hypothèses concernant la quantité de gaz à effet de serre qui sera émise dans les années à venir (période 2000-2100). Ces scénarios sont nommés d'après la gamme de forçage radiatif obtenue pour l'année 2100. Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe. Le scénario RCP 8.5 est le scénario correspondant à une absence d'actions visant à lutter contre le réchauffement climatique. De façon plus simplifiée, le scénario RCP 2.6 correspond à des hypothèses optimistes et le scénario RCP 8.5 à des hypothèses pessimistes.

A l'échéance 2050, les différences entre les scénarios d'émission RCP 4.5 et 8.5 ne sont pas prégnantes (elles le deviennent par la suite) ; aussi le scénario médian 4.5 est retenu pour la suite de l'étude. Ce dernier correspond à un scénario de stabilisation des émissions de gaz à effet de serre à moyen terme et est couramment utilisé pour anticiper les évolutions à l'horizon 2050.

Ces paramètres de forçage radiatif sont ensuite introduits dans des modèles globaux (i.e. à l'échelle de la planète) permettant de simuler le climat futur.

Il y a plusieurs modèles existants et dont les données sont disponibles sur le site DRIAS. Même si ces modèles indiquent globalement les mêmes tendances ils ne donnent pas tous les mêmes résultats (à titre d'illustration, pour un même scénario RCP, certains modèles donnent des températures simulées plus élevées que d'autres). On rappellera en effet que les modélisations climatiques revêtent une incertitude significative, du fait notamment de l'imperfection des phénomènes représentés et aussi (et surtout) du fait du caractère chaotique des variations naturelles du climat. Pour rendre compte de cette incertitude, il est nécessaire d'étudier les résultats de plusieurs modèles.

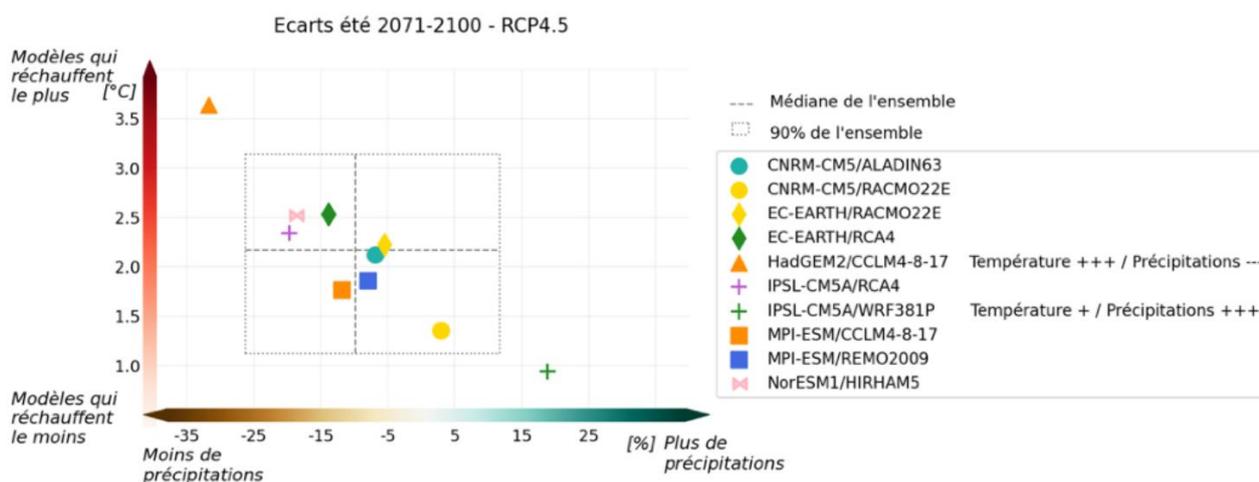


Figure 74 : Diagramme  $\Delta T / \Delta P$  en fonction des modèles climatiques pour le scénario RCP 4.5

<sup>11</sup> Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

<sup>12</sup> Projet de mise à disposition des 'Données des scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements' : MétéoFrance, IPSL, Cerfacs

Pour l'évaluation de l'impact du changement climatique sur la ressource en eau, les modèles retenus dans le cadre de la présente étude sont :

- Le modèle CNRM-CM5-ALADIN63 correction ADAMONT<sup>13</sup> qui est un modèle donnant des résultats médians, d'un point de vue des températures et du point de vue des précipitations ;
- Le modèle IPSL-CM5A-RCA4 correction ADAMONT qui est un modèle donnant des résultats pessimistes en période estivale, d'un point de vue des températures mais surtout des précipitations.

Le modèle HADGEM2 n'a pas été retenu car il est particulier statistiquement par rapport aux autres modèles (très fort réchauffement, faibles précipitations l'été et fortes précipitations l'hiver).

## **7.1. TENDANCES SUR LES VARIABLES HYDRO-CLIMATIQUES SUR LA PERIODE 1970-2018**

L'étude NUTRI-Karst menée par le BRGM [9] synthétise les principales tendances observées à l'échelle du massif du Jura sur les variables hydro-climatiques sur la période 1970-2018.

Les résultats de cette étude (Cf. Figure 75) mettent en évidence une augmentation chronique du stress hydrique lié principalement au changement climatique. Cela est cohérent avec la tendance générale à la hausse de la température de l'air, une baisse de l'enneigement en zone basse et une augmentation généralisée de l'ETP. La pluviométrie présente quant à elle une évolution globale peu marquée, les événements pluvieux extrêmes seront en revanche plus nombreux.

Ces évolutions auront un impact sur les rivières, notamment une augmentation et une aggravation des sécheresses, une légère diminution des débits moyens annuels et possiblement plus de crues liées aux phénomènes extrêmes tels que les orages [13].

Ces résultats illustrent la vulnérabilité des hydrosystèmes karstiques du massif du Jura face au changement climatique, matérialisé par un réchauffement en l'absence de tendance nette sur les précipitations.

---

<sup>13</sup> La correction ADAMONT est une consolidation de la méthode d'ajustement statistique dite « quantile-quantile », et qui prend en compte les types de temps pour l'ajustement de biais.

Variable	Effet d'altitude	Tendance	Interprétation
Température de l'air Tair	Relation inverse avec l'altitude	A la hausse sur l'ensemble du massif Effet saisonnier avec hausse au printemps et localement en automne	Réchauffement généralisé à l'ensemble du massif depuis 50 ans, avec un effet saisonnier pour des printemps plus chauds
Pluie P	Augmentation avec l'altitude	A la hausse sur le Haut- Doubs Pas de tendance significative sur la zone la plus arrosée et sur le sud Effet saisonnier avec hausse estivale sur le Haut-Doubs	Peu d'évolution globale ; tendance annuelle légère à la hausse sur le Doubs contrôlée par une hausse estivale
Neige	Augmentation avec l'altitude	A la baisse sur les plateaux du Doubs Pas de tendance significative sur le centre et le sud du massif	Plus faible enneigement en zone basse et plateaux du Doubs
ETP	Relation inverse avec l'altitude sur les plateaux	A la hausse sur l'ensemble du massif	Plus fort stress hydrique sur la recharge à l'échelle du massif
Pluie efficace Peff	Augmentation avec l'altitude	Pas de tendance significative, malgré une baisse sur l'ensemble du massif (sauf le Haut-Doubs, à la hausse)	Variable à surveiller dans l'avenir (baisse non significative) et à rattacher à l'évolution des débits
Débit total Q	Dépend de la surface du bassin	A la baisse sur 50% des stations	Evidence d'une diminution de la ressource en eau sur une grande partie des cours d'eau, quel que soit la taille du bassin
Débit de base Qb	Dépend de la surface du bassin	A la baisse sur 35% des stations	Evidence d'une diminution des réserves issues des eaux souterraines
Indices sécheresse calculés sur les débits totaux		Sévérité (précocité et allongement de la durée) des étiages sur environ 1/5 des cours d'eau	Intensification des étiages sur une partie des cours d'eau, en lien avec la baisse globale de la recharge (pas de tendance de P, augmentation ETP, baisse de Peff)

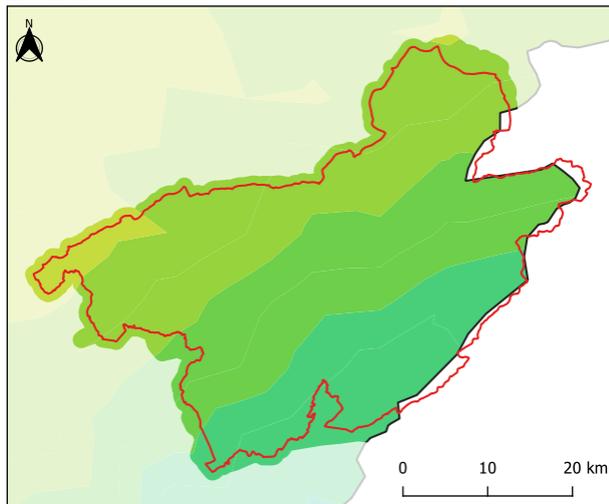
Figure 75 : Synthèse des tendances observées à l'échelle du massif du Jura sur les variables hydro-climatiques (Source : Etude NUTRI-Karst, BRGM, 2022, [9])

## 7.2. EVOLUTION RECENTE ET FUTURE DES TEMPERATURES

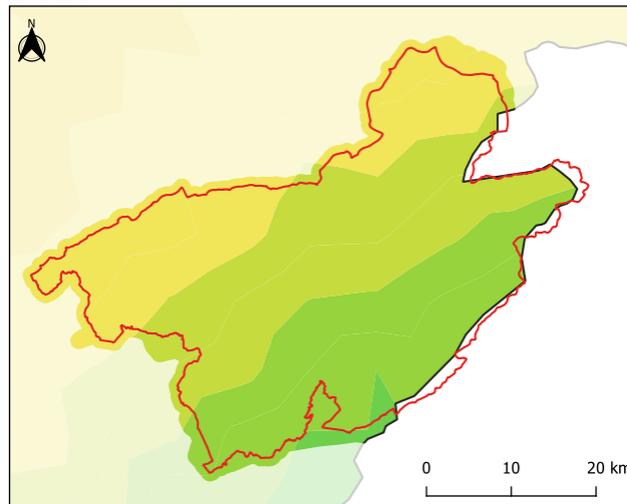
Les cartes suivantes présentent l'évolution de la température sur le secteur d'étude entre la situation de référence (1976-2005) et la situation future (2040-2070).

Ces cartes montrent que l'élévation prévue de la température est relativement homogène à l'échelle du territoire, et représente en moyenne +2°C.

Etat de référence  
1976-2005



Projection moyen-terme  
2041-2070



**Légende**

- EPAGE Et Doubs Median
- Régions

Température moyenne annuelle (en °C)	
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #3366ff; margin-right: 5px;"></span> 3 - 4</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 4 - 5</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 5 - 6</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 6 - 7</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 7 - 8</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 8 - 9</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 9 - 10</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 10 - 11</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 11 - 12</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 12 - 13</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 13 - 14</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 14 - 15</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 15 - 16</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 16 - 17</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 17 - 18</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 18 - 19</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 19 - 20</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> &gt;20</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> &lt;0</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 0 - 1</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 1 - 2</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #0000ff; margin-right: 5px;"></span> 2 - 3</li> </ul>

**Scénario climatique : RCP 4.5**  
**Modèle climatique : ALADIN-CNRM**  
 Source des données :  
 Météo-France (DRIAS)

Figure 76 : Carte de l'élévation des températures moyennes entre la situation de référence (1976-2005) et la situation future (2040-2070) selon le scénario climatique RCP 4.5 et le modèle climatique ALADIN

Le graphique suivant présente à titre d'exemple l'évolution de la température moyenne annuelle dans la région du Mont de Vougney, simulée par les modèles Aladin et IPSL, avec comparaison de la période observée entre 1960 et 2023.

On remarque que les deux modèles simulent une élévation de température similaire, de l'ordre de +2°C à +3°C à l'horizon 2100.

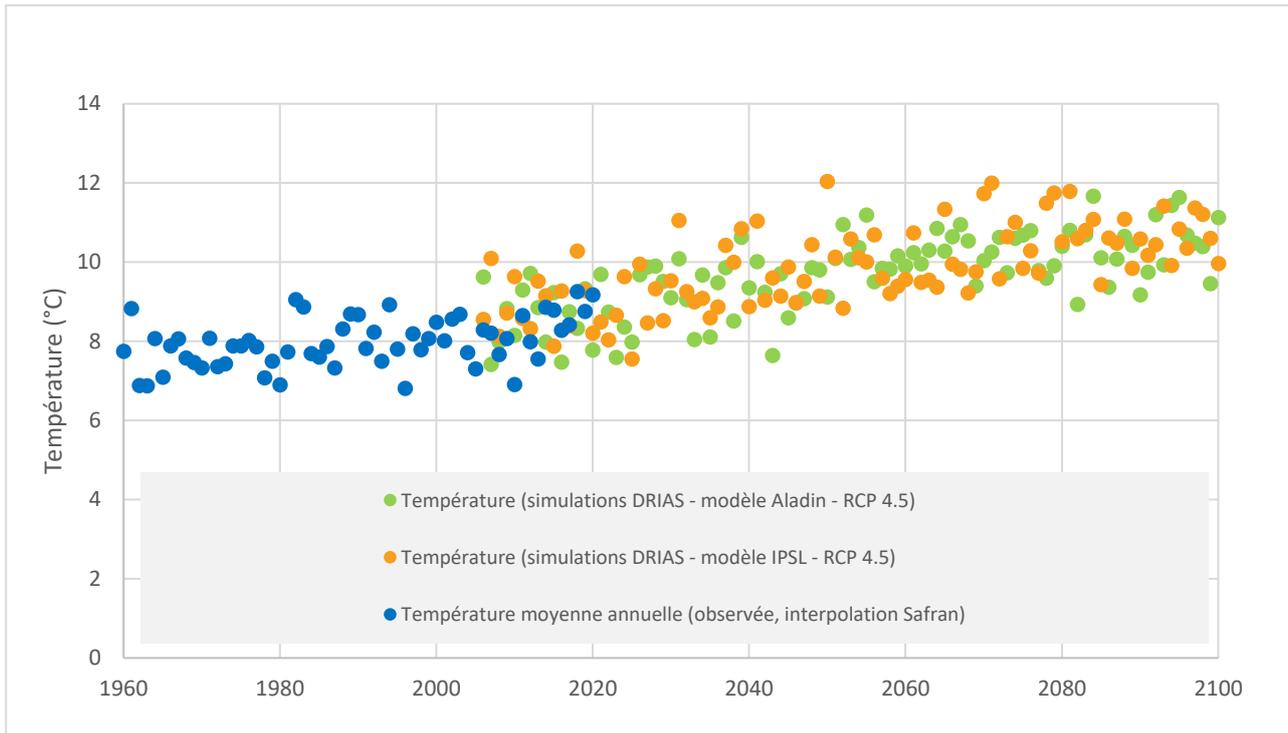


Figure 77 : Graphique de l'évolution de la température moyenne annuelle d'après le scénario climatique RCP 4.5

### 7.3. EVOLUTION RECENTE ET FUTURE DE L'ÉVAPO-TRANSPIRATION

Liée à la température, l'évapotranspiration (ETP) va également être plus importante avec le changement climatique. Le graphique suivant présente à titre d'exemple l'évolution de l'évapotranspiration moyenne annuelle dans la région du Mont de Vougney, simulée par les modèles Aladin et IPSL, avec comparaison de la période observée entre 1960 et 2023.

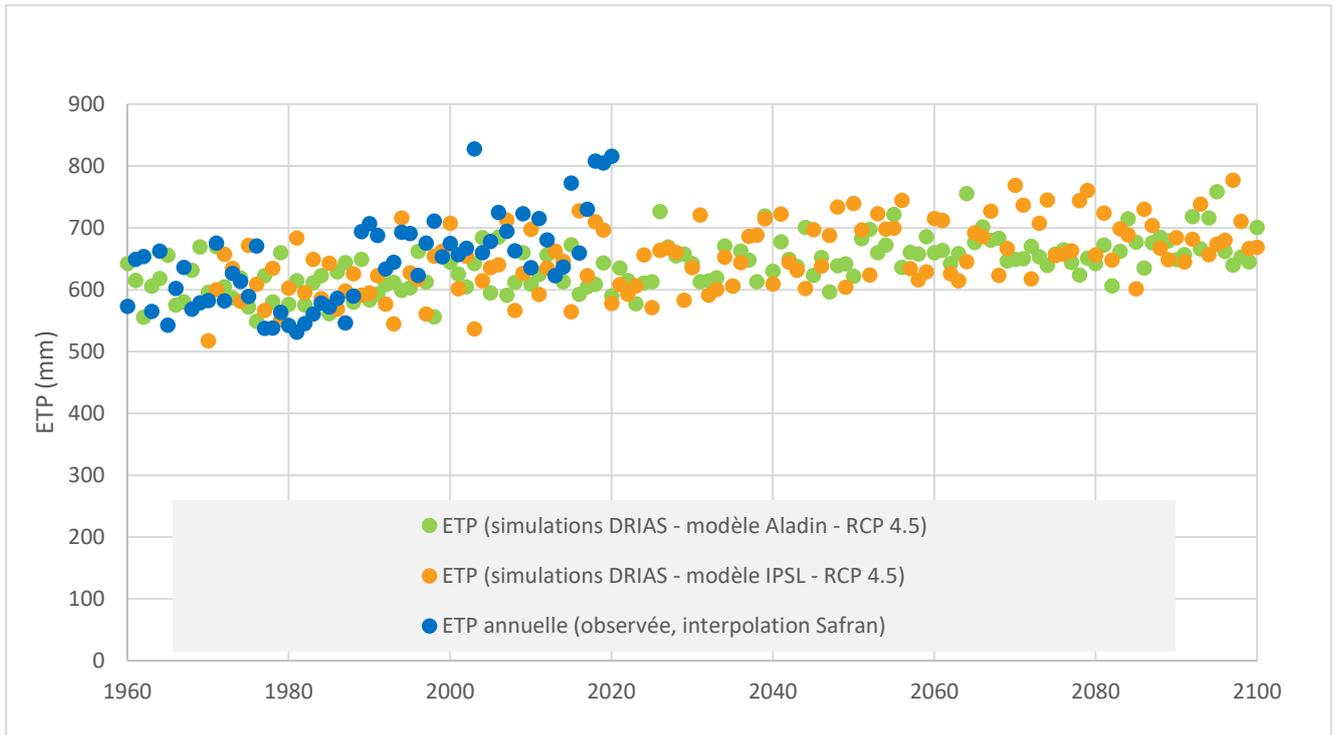


Figure 78 : Graphique de l'évolution de l'évapotranspiration moyenne annuelle d'après le scénario climatique RCP 4.5

L'évapotranspiration montre une augmentation de l'ordre de 100 mm/an entre la période entre les années 1960 et l'horizon 2070.

## 7.4. EVOLUTION RECENTE ET FUTURE DES PLUIES

Les cartes suivantes présentent l'évolution de la pluviométrie moyenne sur le secteur d'étude entre la situation de référence (1976-2005) et la situation future (2040-2070).

Ces cartes montrent une évolution peu marquée de la pluviométrie, voire une légère augmentation.

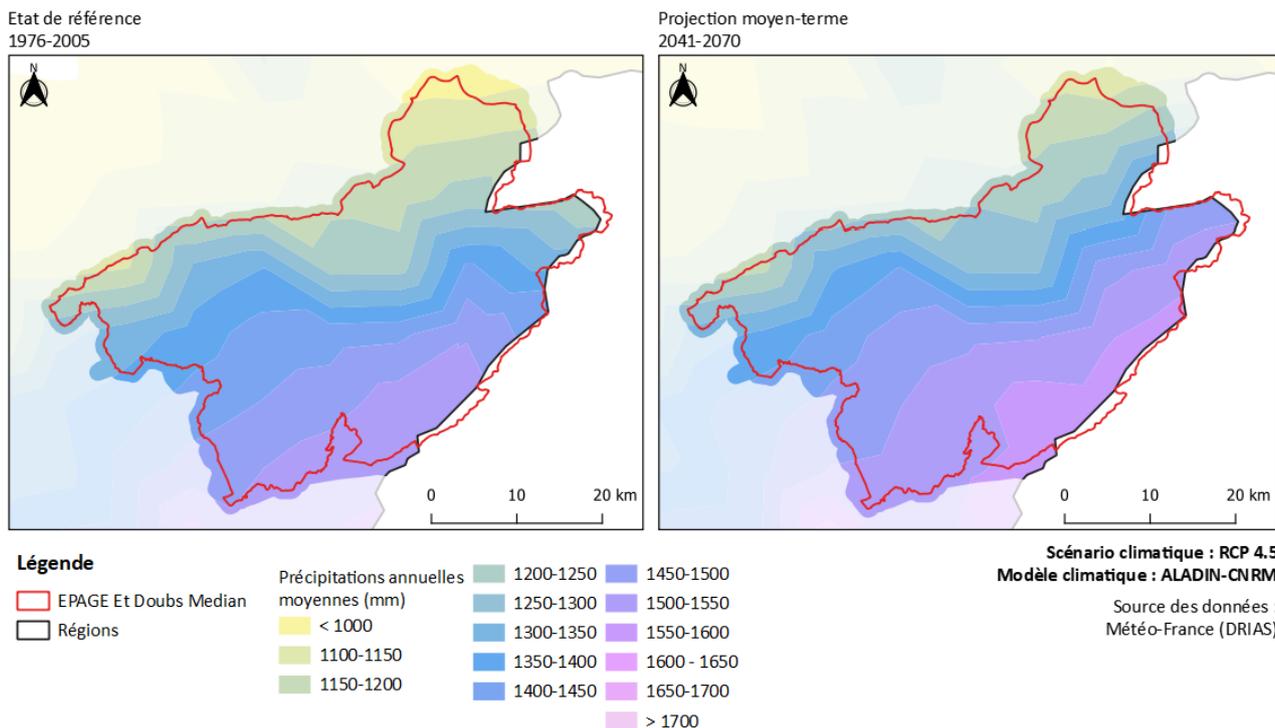


Figure 79 : Comparaison des précipitations entre la situation de référence (1976-2005) et la situation future (2040-2070) d'après le scénario climatique RCP 4.5 et le modèle climatique ALADIN

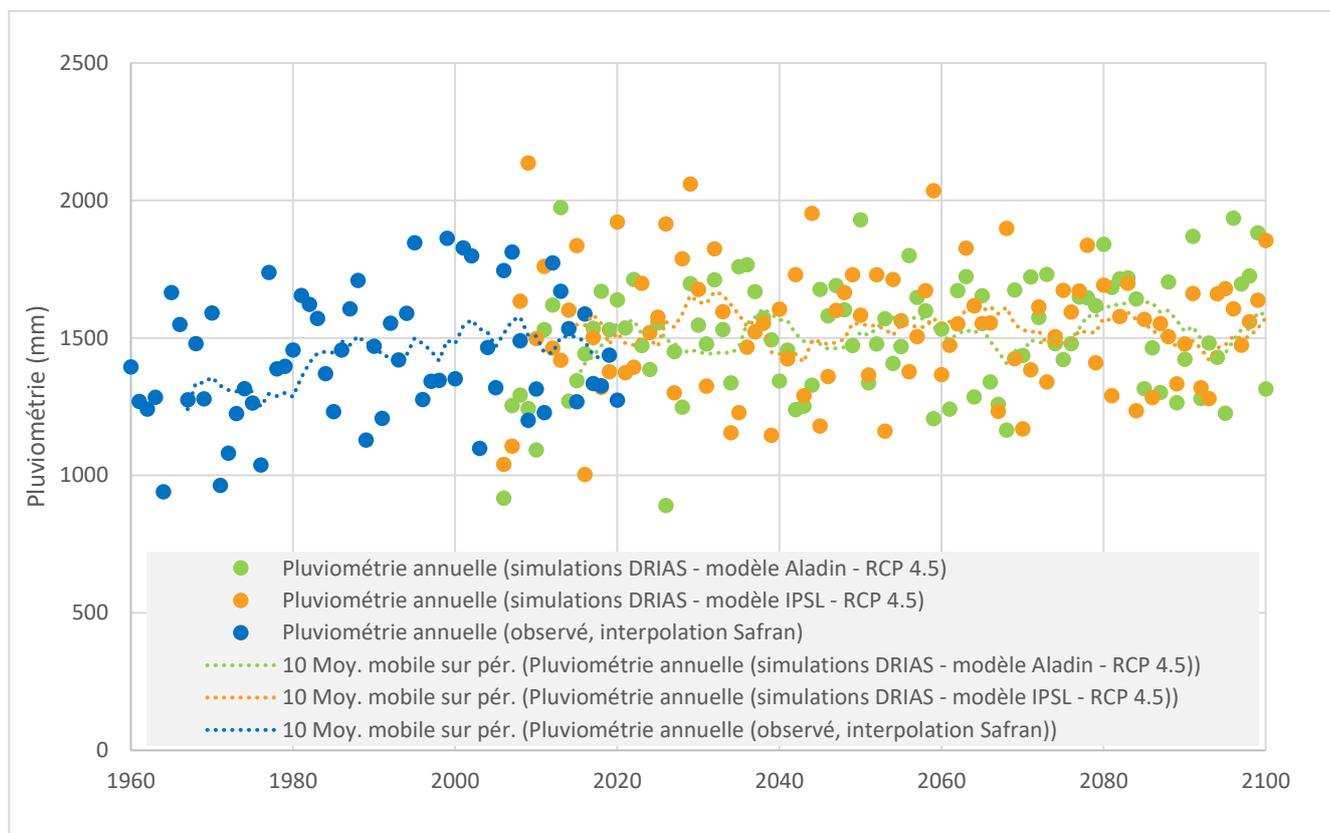


Figure 80 : Graphique de l'évolution de pluviométrie moyenne annuelle d'après le scénario climatique RCP 4.5

L'évolution de la répartition des pluies dans l'année (en fonction des saisons) est variable : si les simulations montrent une légère augmentation de la pluviométrie à long terme à l'échelle annuelle, les pluies estivales s'inscrivent plutôt dans une tendance à la baisse, comme le montre le graphique suivant de la moyenne des pluies sur les mois de juillet, août et septembre.

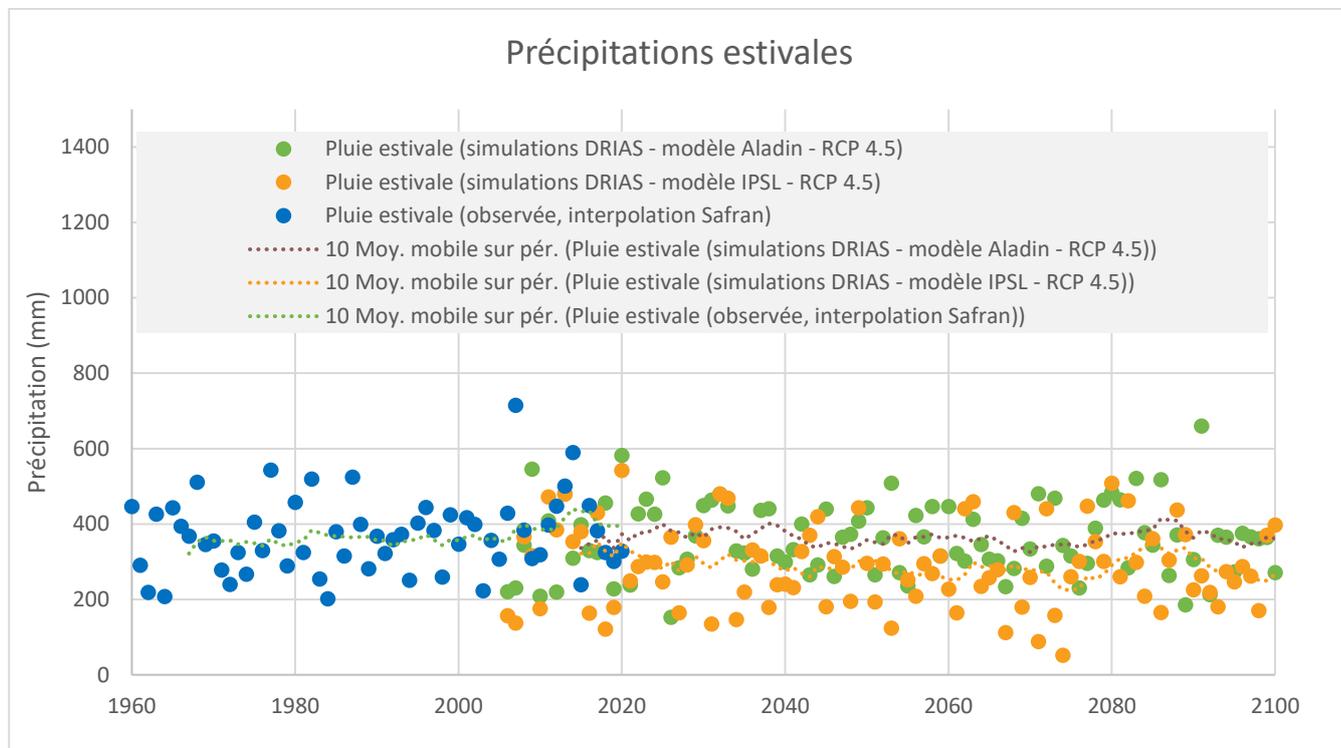


Figure 81 : Graphique de l'évolution de pluviométrie moyenne sur les mois de juillet, août et septembre d'après le scénario climatique RCP 4.5

## 8. IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESSOURCE EN EAU

Si le changement climatique se mesure de manière indéniable et incontesté sur les températures de l'air en toute saison, son impact sur les précipitations est plus incertain. L'observation de chroniques longues a montré que l'influence du changement climatique sur les débits moyen des rivières n'est pour l'instant pas clairement identifiable de façon globale et univoque sur l'ensemble du secteur (DREAL 2021) ; des tendances statistiques sur les débits d'étiage montrent en revanche sur certaines stations des évolutions récentes nettement à la baisse (tendance ou rupture, voir paragraphe 4.5 et étude EPTB, 2022, [18]). Dans le cadre de la présente étude prospective, une modélisation a été réalisée afin de permettre de quantifier les impacts du changement climatique sur la ressource en eau dans les années à venir. Il s'agit d'un modèle de type Pluie/débit réalisé à plusieurs stations hydrométriques du bassin versant.

Cette approche se déroule en deux phases :

- Phase de construction et calage du modèle ;
- Phase de simulation avec introduction de scénarios climatiques.

Ces deux phases sont décrites ci-après.

### 8.1. CONSTRUCTION ET CALAGE DE L'OUTIL DE MODELISATION

#### 8.1.1. Principe de la modélisation

Le modèle se base sur l'outil GR4J de l'Irstéa (Perrin 2002), dont les données d'entrée sont la pluie, l'évapotranspiration potentielle et la température (essentiellement pour le calcul de l'évolution du manteau neigeux). Le modèle GR4J est un modèle très courant en hydrologie, y compris dans des contextes karstiques (e.g. Duran, 2015).

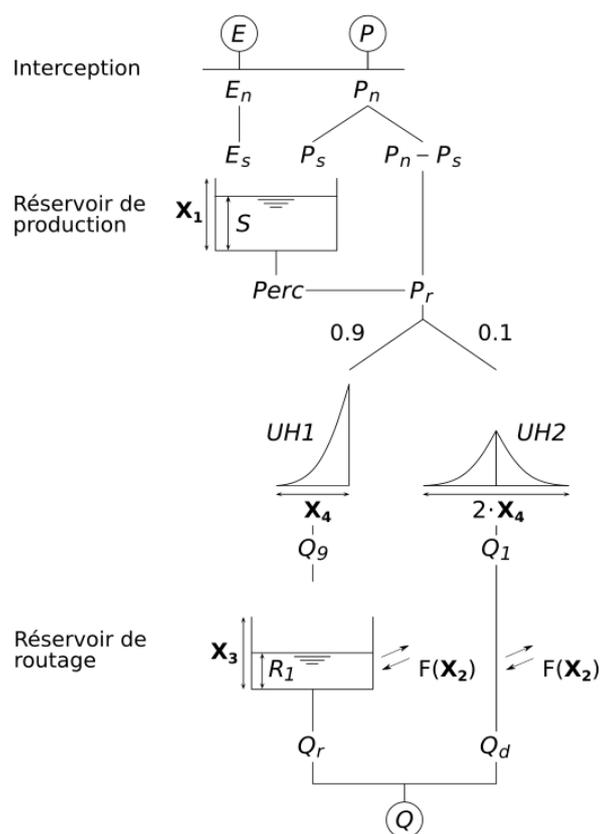


Figure 82 : Schéma de fonctionnement de GR4J de l'Irstéa

L'outil GR4J fonctionne avec des données journalières. Il est alimenté par les données MétéoFrance via l'interpolation que l'organisme réalise à différents pas de temps (grille SAFRAN). Les données utilisées sont au pas de temps journalier, sur la période 2010-2023 (13 ans).

Afin de pouvoir intégrer les impacts successifs des prélèvements/rejets sur la ressource en eau et également afin d'intégrer les échanges entre sous-bassins versant, la modélisation réalisée est une modélisation « chaînée », c'est-à-dire que les débits simulés sur un sous-bassin versant sont intégrés comme donnée d'entrée pour le sous-bassin versant aval. Le schéma de fonctionnement du modèle repose ainsi sur le même principe que celui de l'outil Eros du BRGM (Thiéry 2018).

### 8.1.2. Construction des modèles

Le modèle hydrologique est construit aux stations hydrométriques suivantes :

- Le Cusancin à Cusance
- Le Cusancin à Baume-les-Dames
- Le Dessoubre à Rosureux
- Les Dessoubre à Saint-Hippolyte
- Le Doubs à Goumois

- Le Doubs à Glère
- Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux
- Le Doubs à Mathay
- Le Doubs à Voujeaucourt modifié pour retirer l'influence de l'Allan sur les débits
- Le Gland à Meslières

La figure suivante présente les différents bassins versants modélisés (bassins versants définis sur la base de l'analyse hydrologique et hydrogéologique).

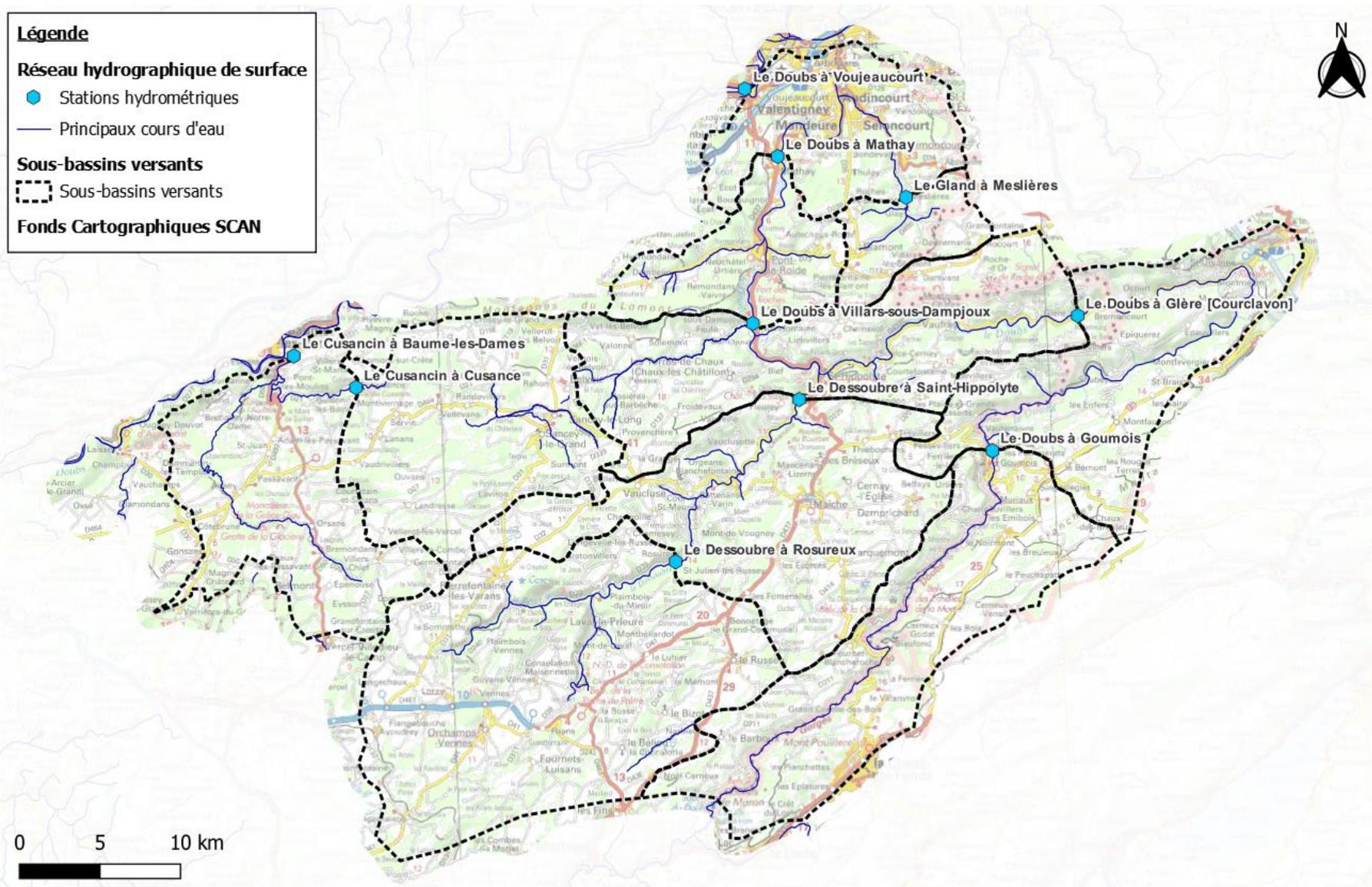


Figure 83 : Cartographie des stations hydrométriques utilisées dans la modélisation hydrologique et les sous-bassins versants associés.

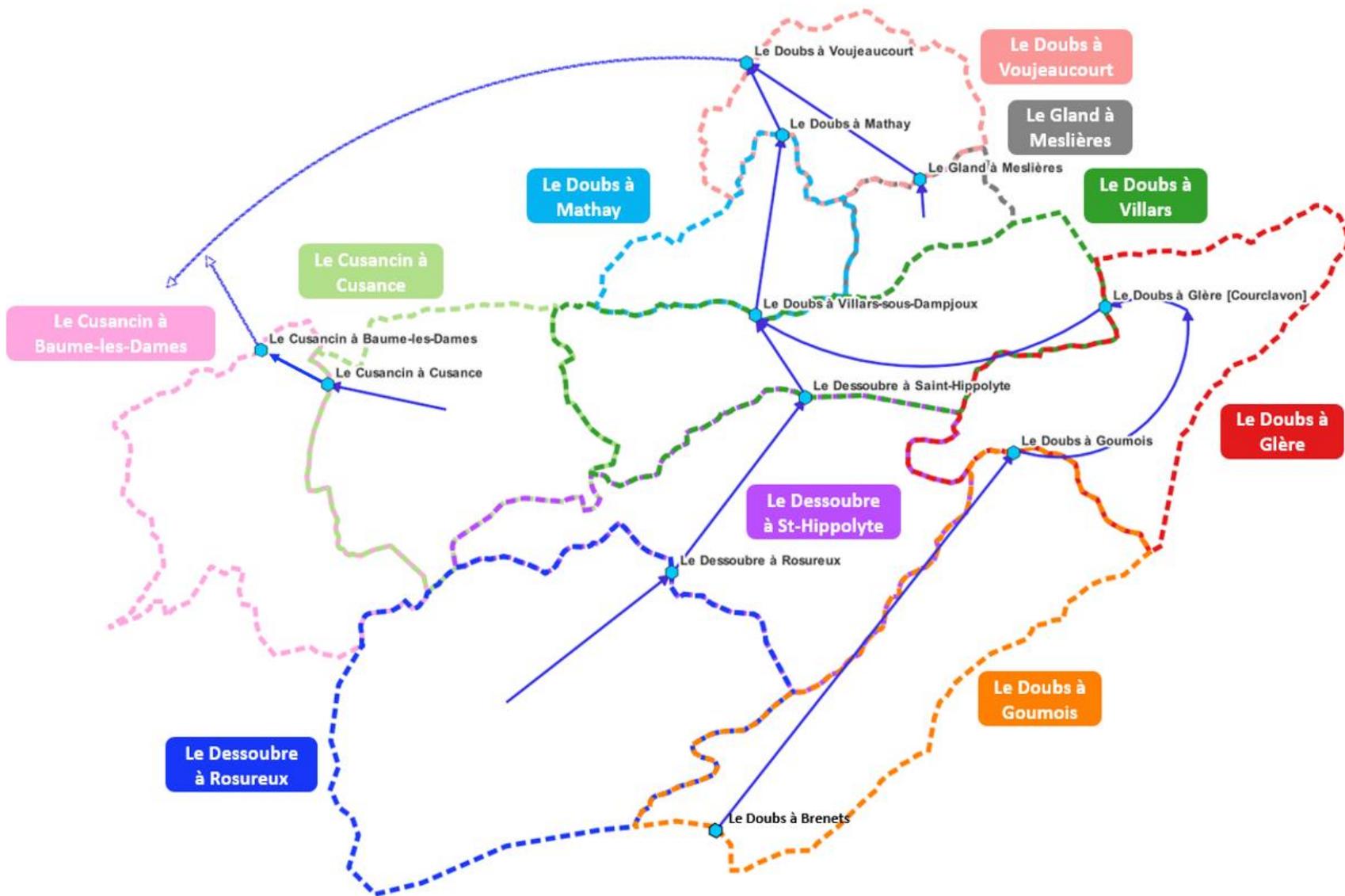


Figure 84 : Synoptique du fonctionnement du modèle hydrologique chaîné.

Les prélèvements en eau ont été intégrés à chaque sous-bassin versant du modèle à partir de la base de données BNPE de l'Agence de l'eau, en les retranchant au flux sortant (les prélèvements étant très majoritairement superficiels, l'impact de ceux-ci est immédiat sur l'écoulement). Les hypothèses de variations saisonnières par bassin versant ont également été intégrées. En revanche, les eaux turbinées n'ont pas été prises en compte puisqu'il s'agit de déviations locales de l'eau qui n'ont pas d'influence sur le bilan à l'échelle du sous-bassin versant.

Les rejets des stations d'épuration ont également été pris en compte via les informations fournies par la base de données des STEP Doubs-Jura. Il ont été intégrés de la même manière que les prélèvements.

L'influence de la neige a été prise en compte en considérant un modèle degré-jour, qui est un modèle classiquement utilisé pour les modèles hydrologiques (Masclat 2015) :

- fontepotentielle =  $K_f * (T_z - T_f)$  si  $T_f > 0^\circ\text{C}$
- fontepotentielle = 0 sinon

Le coefficient de fonte  $K_f$  retenu est égal à  $2,72 \text{ mm/j/}^\circ\text{C}$ , ce qui est une valeur moyenne de celles trouvées dans la bibliographie. En effet, ce dernier est généralement compris entre 2 et  $6 \text{ mm/j/}^\circ\text{C}$  [34].

### 8.1.3. Calage du modèle

Le calage du modèle a été réalisé en deux temps :

- La première phase consiste à caler le modèle par rapport aux mesures des stations hydrométriques sur une période de calage (2010 – 2018) et de déterminer les coefficients ( $X_1$  à  $X_4$ ) du modèle.
- La seconde phase consiste à reprendre les coefficients calculés pendant la période de calage et de refaire tourner le modèle sur une période de contrôle (2017 – 2023). Cette phase permet de vérifier que les paramètres calculés à la première phase sont cohérents et permettent bien de reproduire les variations de débit sur une autre période.

L'étiage de 2018 étant un évènement majeur sur la période considéré, il a été intégré à la fois dans la période de calage et la période de contrôle.

Les prélèvements utilisés pour cette phase de calage sont ceux de 2021 issus de la BNPE. Le calage a également été testé en prenant en compte les prélèvements de chaque année, afin de vérifier la robustesse du calage.

Les graphiques de comparaison des débits observés et simulés sont donnés aux figures suivantes. Les graphiques sont présentés à la fois pour la période de calage et la période de contrôle.

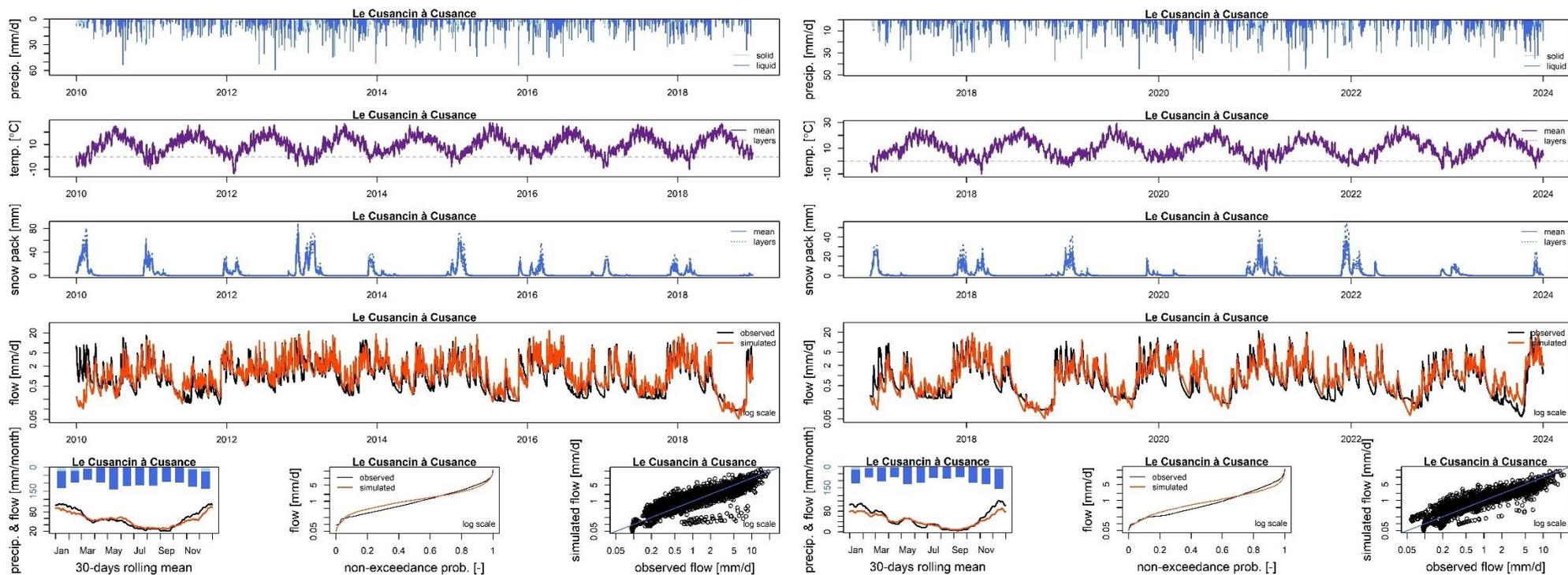
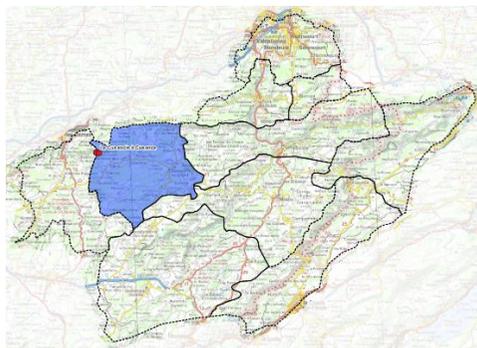


Figure 85 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Cusancin à Cusance (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

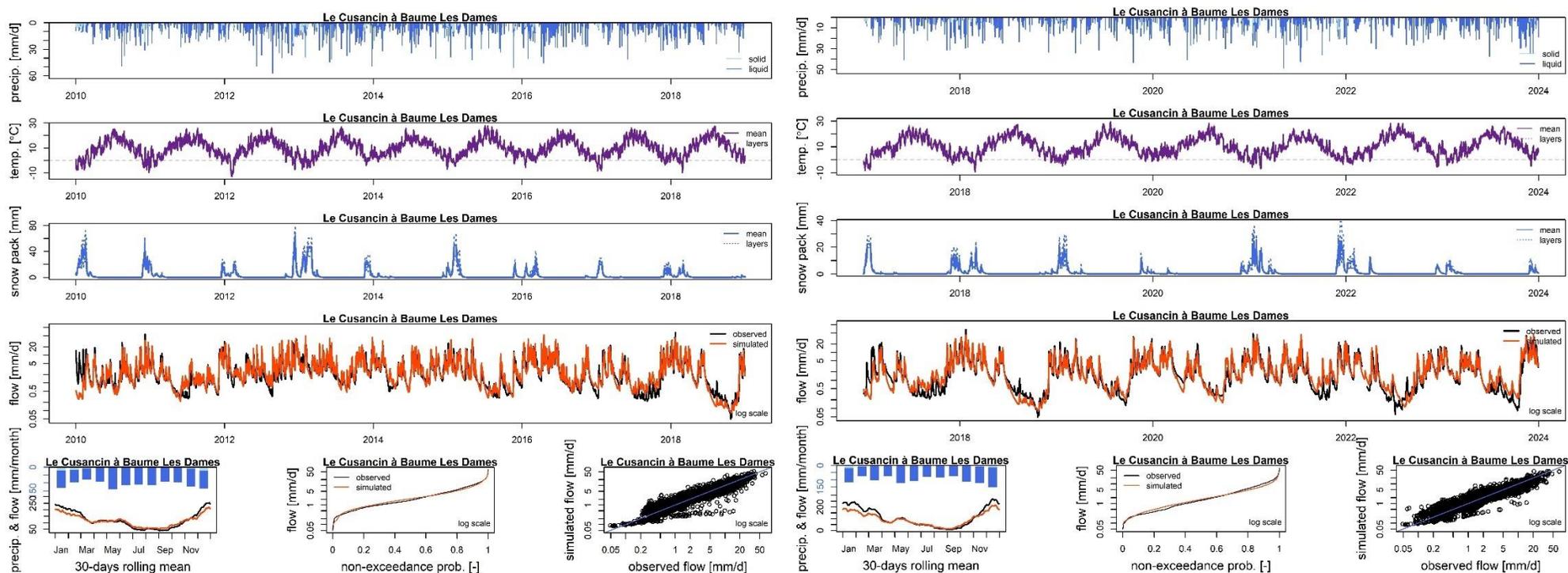
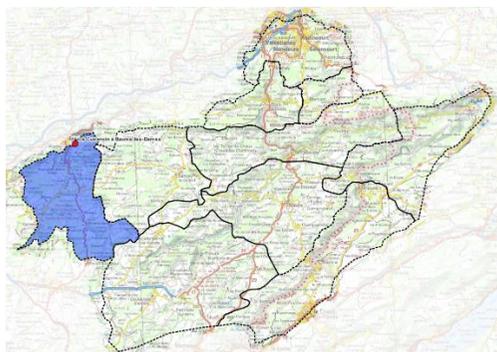


Figure 86 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Cusancin à Baume-les-Dames (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

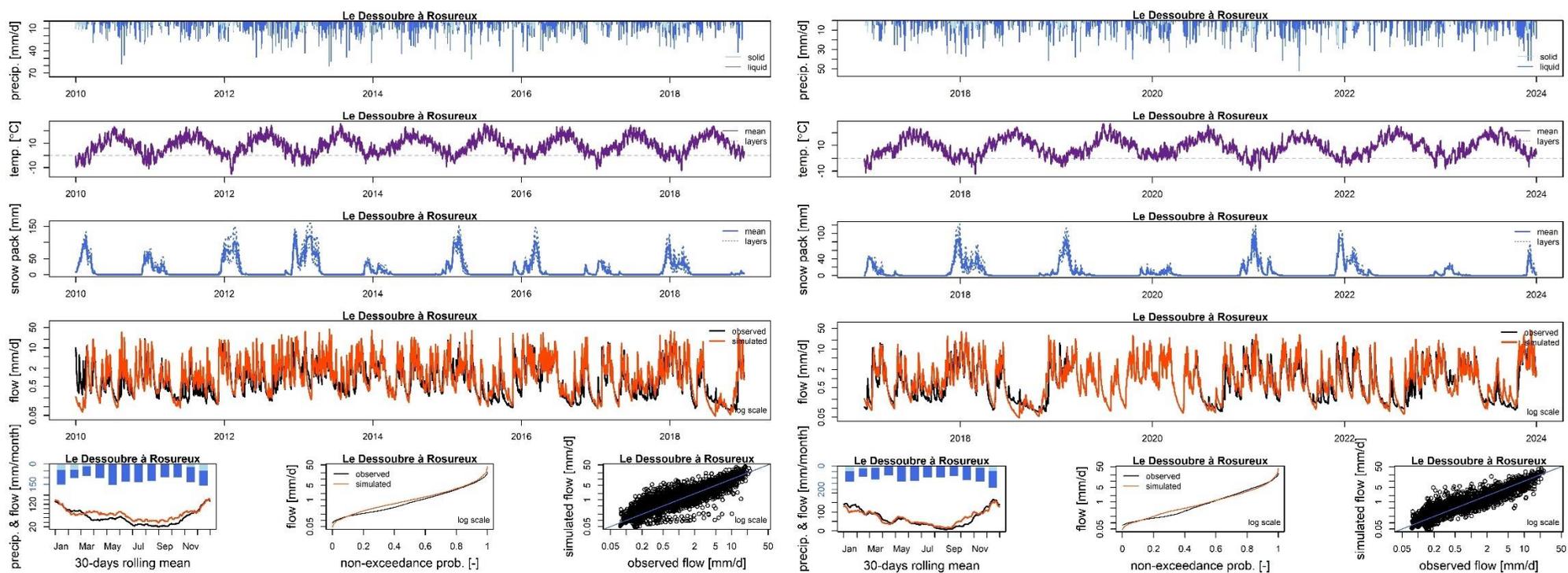
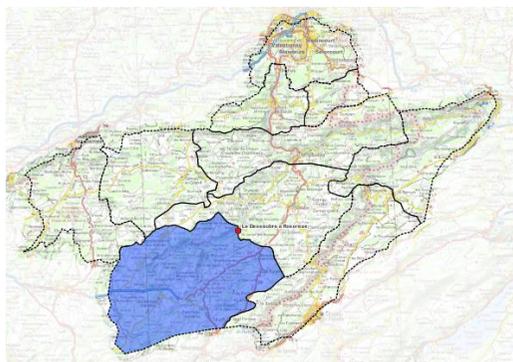


Figure 87 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Dessoubre à Rosureux (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

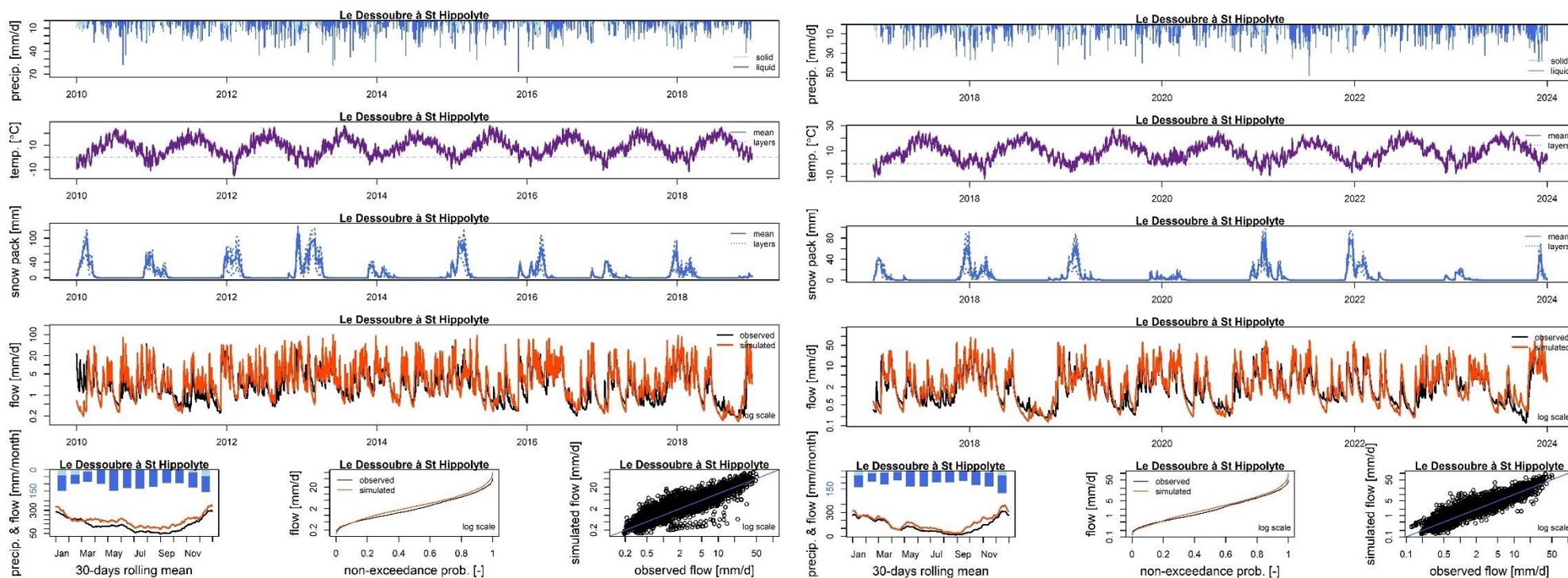
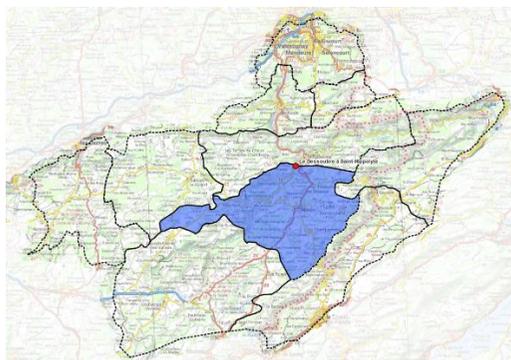


Figure 88 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

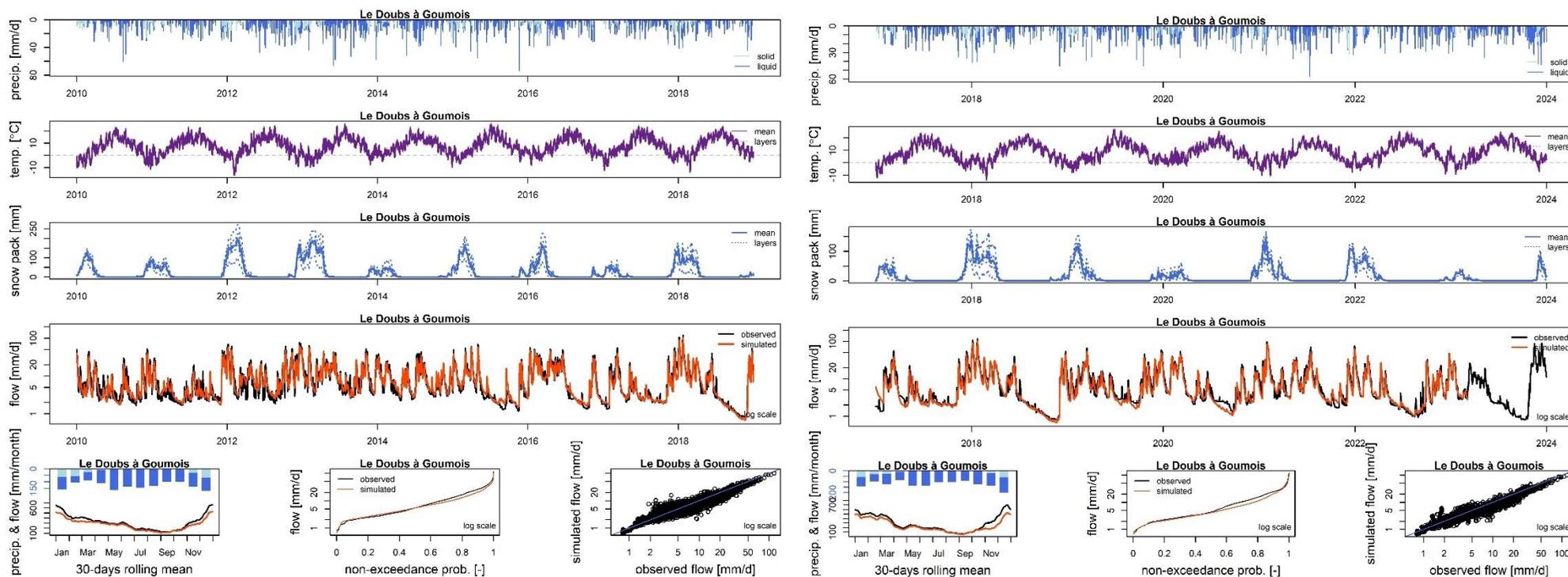
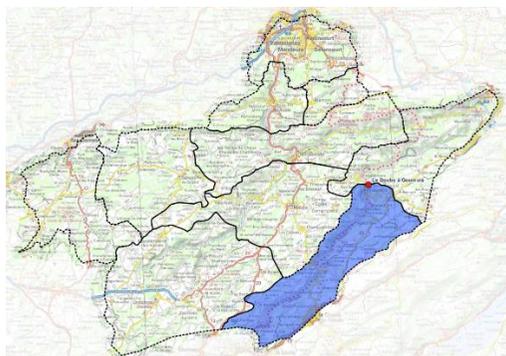


Figure 89 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Goumois (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

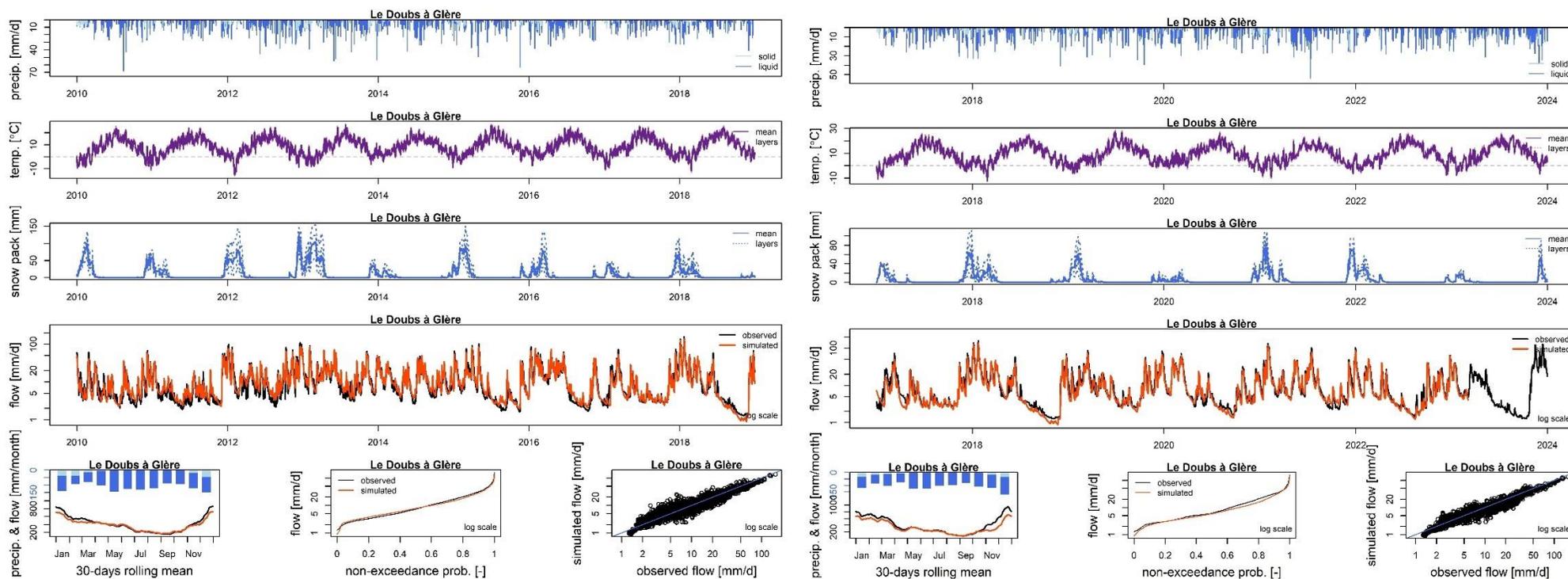
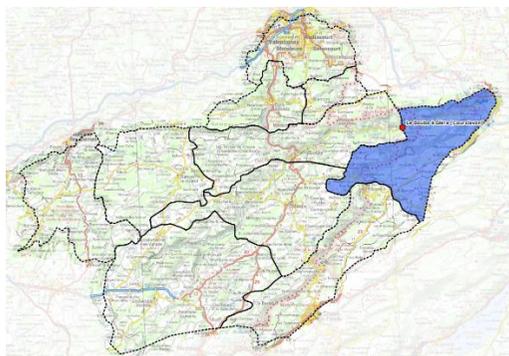


Figure 90 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Glère (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

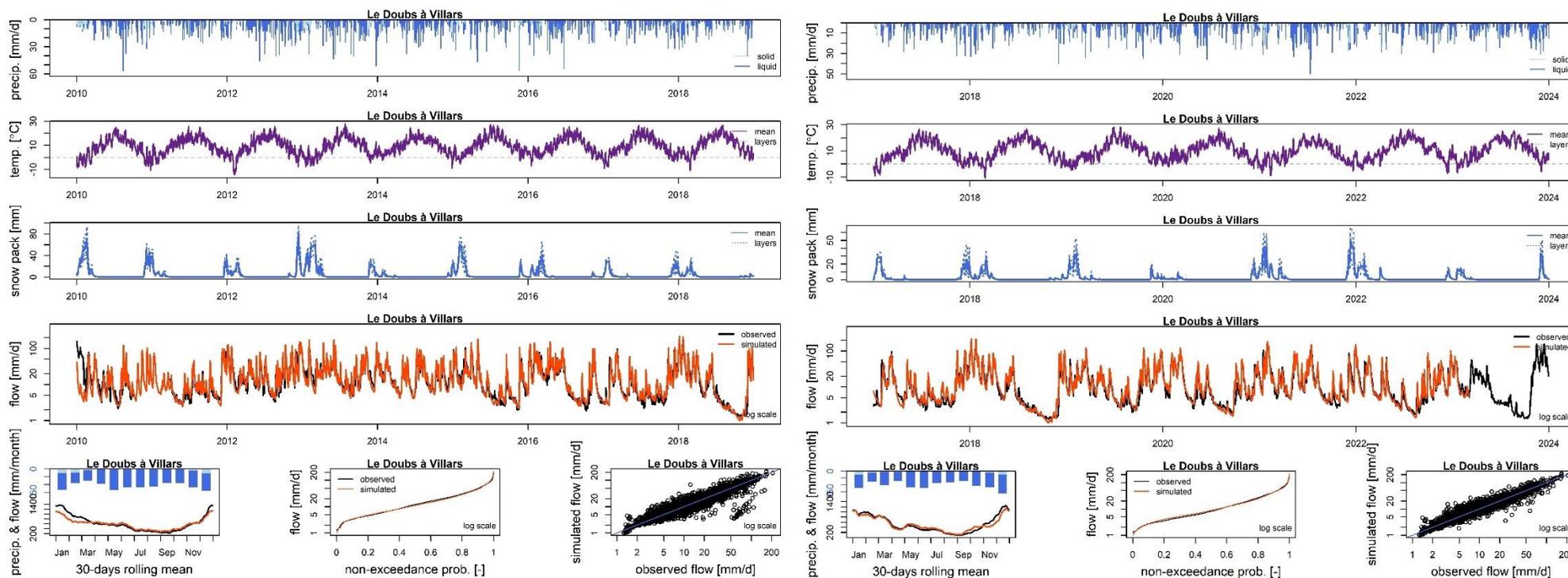
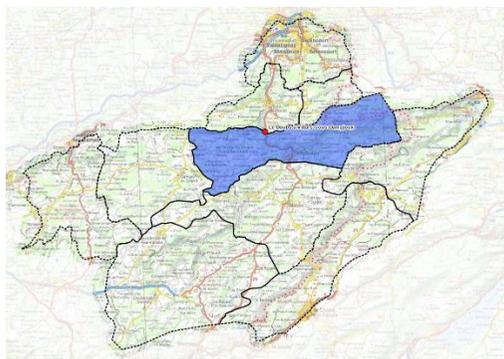


Figure 91 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Villars (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

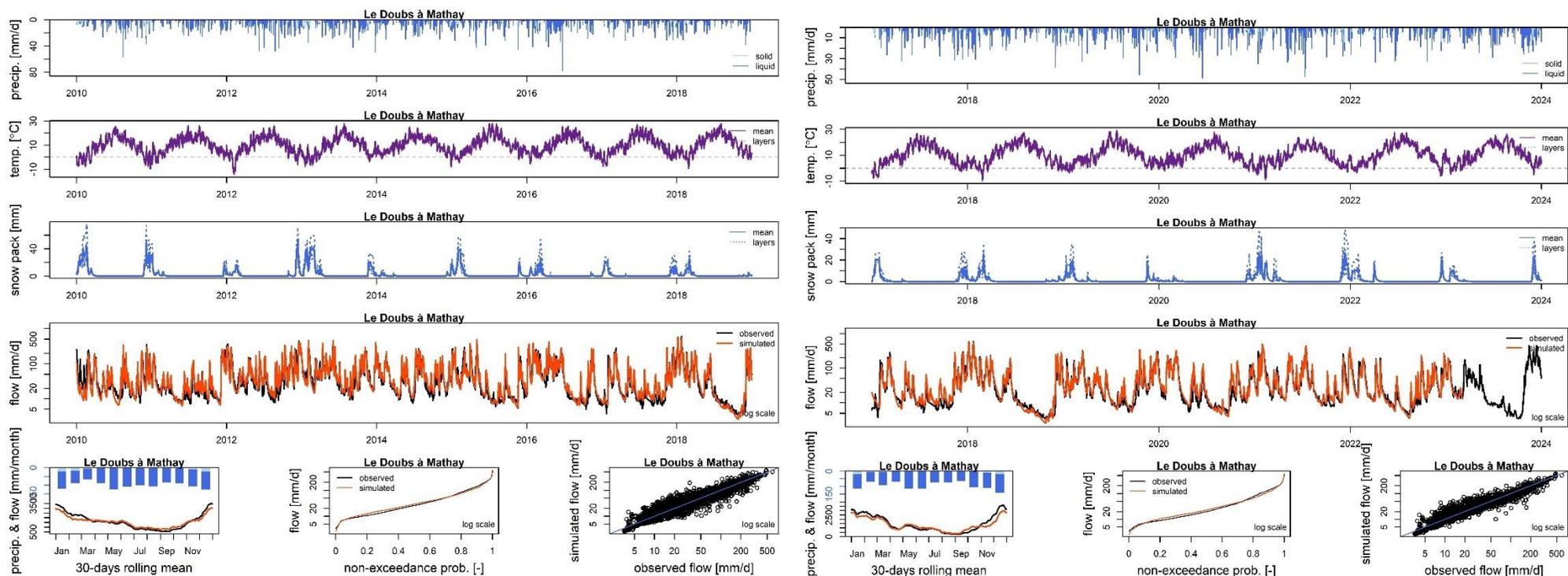
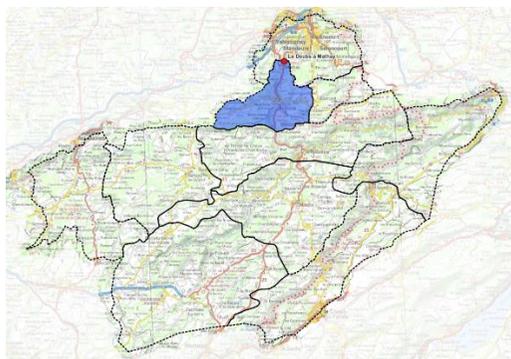


Figure 92 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Mathay (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

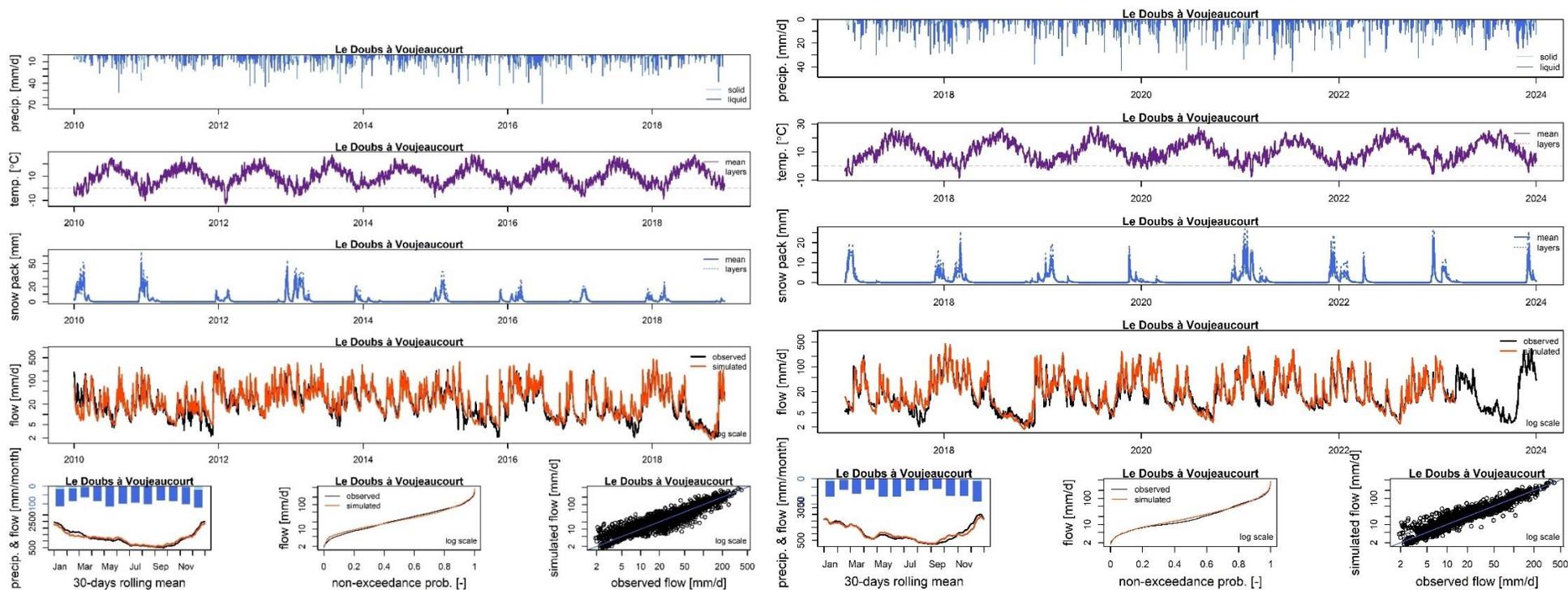
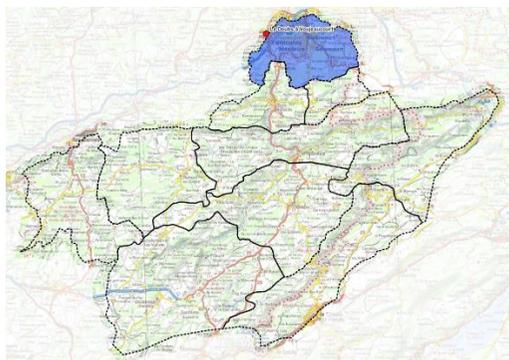


Figure 93 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Doubs à Voujeaucourt modifiée pour retirer l'influence de l'Allan sur les débits (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

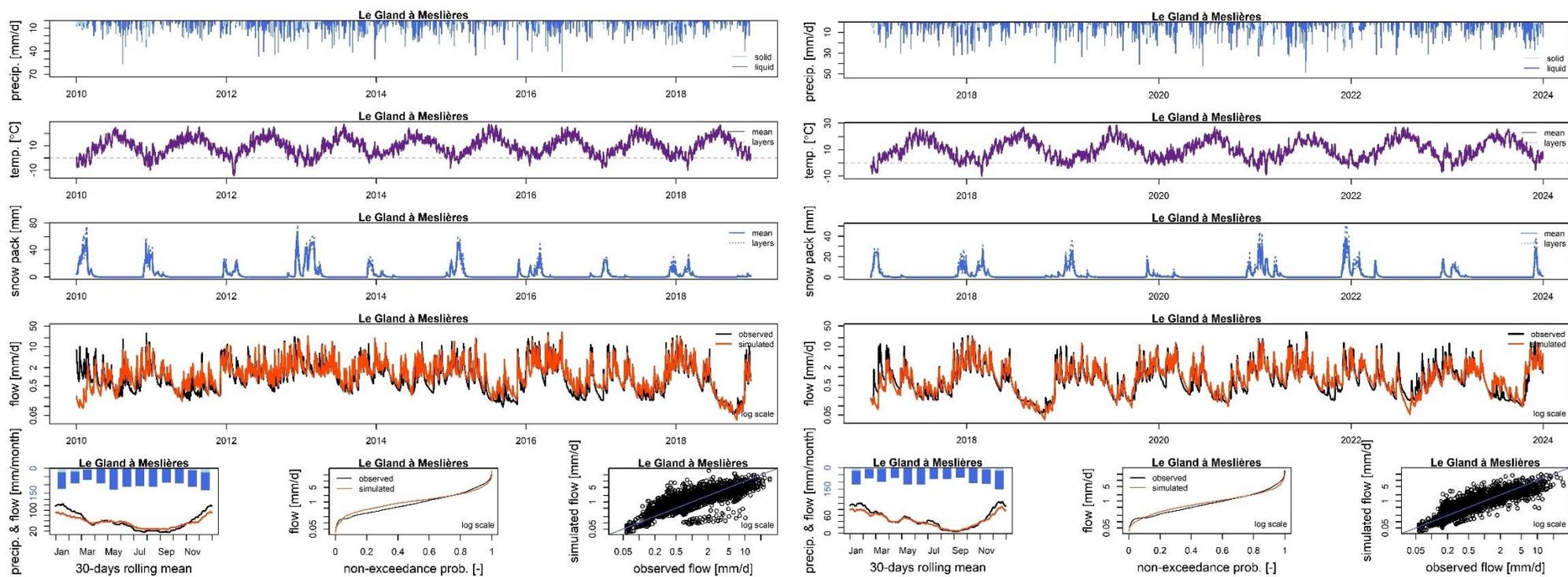
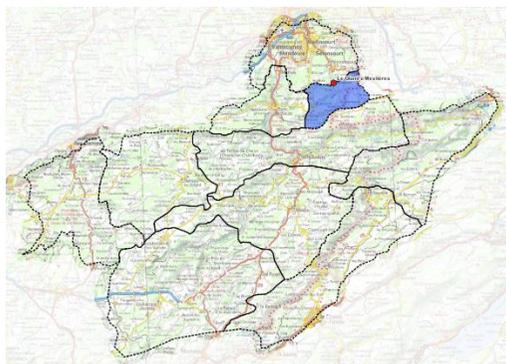


Figure 94 : Comparaison des débits observés et simulés à la station du Gland à Meslières (Source observations : Banque Hydroportail) – période de calage (2010-2018) à gauche et période de contrôle (2017-2023) à droite

Afin d'évaluer la performance des modèles à reproduire les observations le critère de Kling-Gupta (parfois abrégé en KGE pour Kling-Gupta Efficiency) a été choisi. Il s'agit d'un critère efficace pour les modèles hydrologiques, se focalisant sur les débits d'étiage.

Cet indicateur est présenté dans le tableau suivant pour deux périodes, une première période de calage (2010-2018, les deux premières années pouvant correspondre à l'initialisation des modèles) et une période de contrôle (2017-2023) permettant de juger de la robustesse du modèle à simuler des périodes hydroclimatiques différentes. Les indicateurs sont également présentés pour la simulation réalisée en prenant en compte les prélèvements réels entre 2010 et 2023.

Tableau 16 : Indicateur de calage (KGE) pour la période de calage et de contrôle.

	KGE		
	Période de calage (2010-2018)	Période de contrôle (2018-2023)	Prise en compte des prélèvements de chaque années (2010-2023)
Cusancin à Cusance	0,76	0,73	0,69
Cusancin à Baume les Dames	0,84	0,72	0,73
Dessoubre à Rosureux	0,72	0,76	0,74
Dessoubre à Saint-Hippolyte	0,76	0,76	0,74
Doubs à Goumois	0,94	0,89	0,93
Doubs à Glère	0,90	0,79	0,91
Doubs à Villars	0,93	0,92	0,92
Doubs à Mathay	0,88	0,87	0,88
Doubs à Voujeaucourt	0,77	0,84	0,82
Le Gland à Meslières	0,74	0,73	0,72

L'indicateur de Kling-Gupta est supérieur à 70% pour tous les bassins versants, à la fois sur la période de calage (2010-2018) et sur la période de contrôle (2017-2023).

La simulation prenant en compte les prélèvements réels entre 2010 et 2023 renvoie des indicateurs de calage similaires, mettant en évidence la robustesse du modèle.

Vu la complexité des écoulements (liée au karst notamment), le calage du modèle peut être considéré comme globalement satisfaisant, et permet la réalisation de simulations prospectives. Compte-tenu des incertitudes qui subsistent dans le calage du modèle, il conviendra de rester prudent sur les résultats obtenus.

## 8.2. SIMULATIONS DE L'EVOLUTION DE LA RESSOURCE EN EAU SOUS CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'évaluation de l'impact du changement climatique sur la ressource en eau se base sur la modélisation hydrologique réalisée (et décrite ci-avant) en appliquant les projections climatiques mises à disposition par DRIAS. Ceci permet dans un premier temps d'évaluer l'évolution possible des débits sur les cours d'eau modélisés, mais aussi par extrapolation à juger de la vulnérabilité des usages de l'eau sans relation directe avec les grands cours d'eau (sources karstiques utilisées pour l'AEP, etc.).

Les résultats ne constituent pas des prévisions mais des projections visant à donner une image de l'hydrologie future possible à l'horizon 2050-2070 et de la vulnérabilité des ressources en eau face aux changements climatiques. Il est essentiel de garder à l'esprit que de nombreuses incertitudes subsistent (incertitudes intrinsèques aux modélisations climatiques, évolution des pertes karstiques, changement de gestion des usages de l'eau, etc.), il faut donc rester critique sur l'utilisation des résultats. Il est notamment fait l'hypothèse d'une absence d'évolution des pertes karstiques situées à l'amont pour permettre la comparaison des résultats (voir discussion au §4.1).

Les résultats de la simulation sont des chroniques de débit et de niveau qui vont de 2010 à 2070 : pour permettre l'interprétation des données et la comparaison entre les scénarios, des indicateurs ont été choisis en fonction des enjeux.

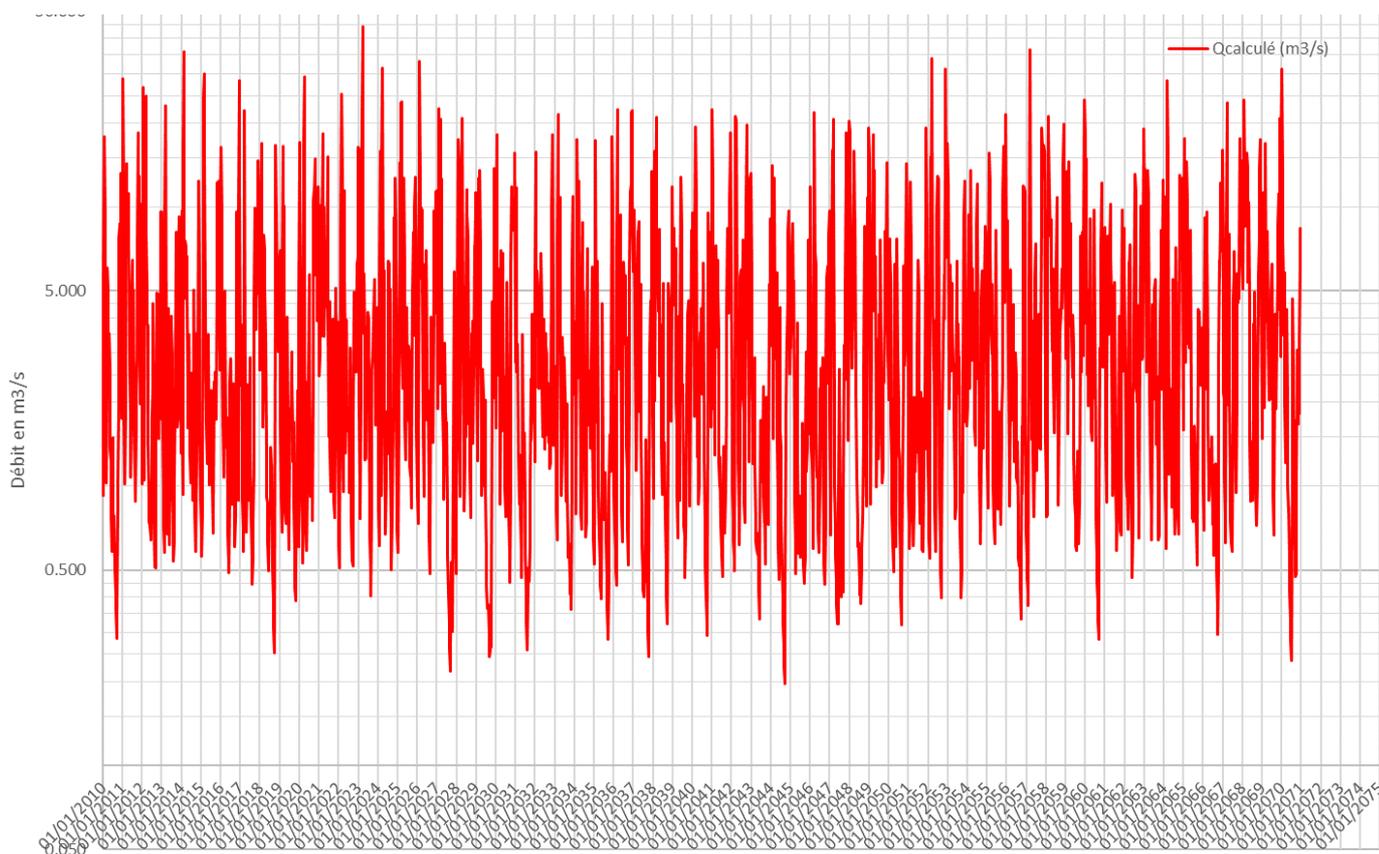


Figure 95 : Exemple de chronique obtenue avec la prise en compte des données des modèles climatiques DRIAS.

Les résultats sont comparés entre trois différentes périodes : la période de référence (1975-2005), l'horizon moyen (2020-2050) et l'horizon lointain (2040-2070). Une période de 30 ans est classiquement choisie dans les études sur le changement climatique pour prendre en compte les variations interannuelles qui peuvent exister naturellement (Explore2070 2012c).

### 8.2.1. Scénarios climatiques Aladin et IPSL avec usages statu quo

La première simulation a consisté à simuler les débits des cours d'eau selon les projections climatiques du scénario RCP 4.5 pour les modèles climatiques ALADIN et ISPL. Dans cette première simulation, les usages sont considérés constants à ceux de la période actuelle (2021 d'après les données de la BNPE).

Le tableau suivant présente les moyennes des débits aux différentes stations hydrométriques.

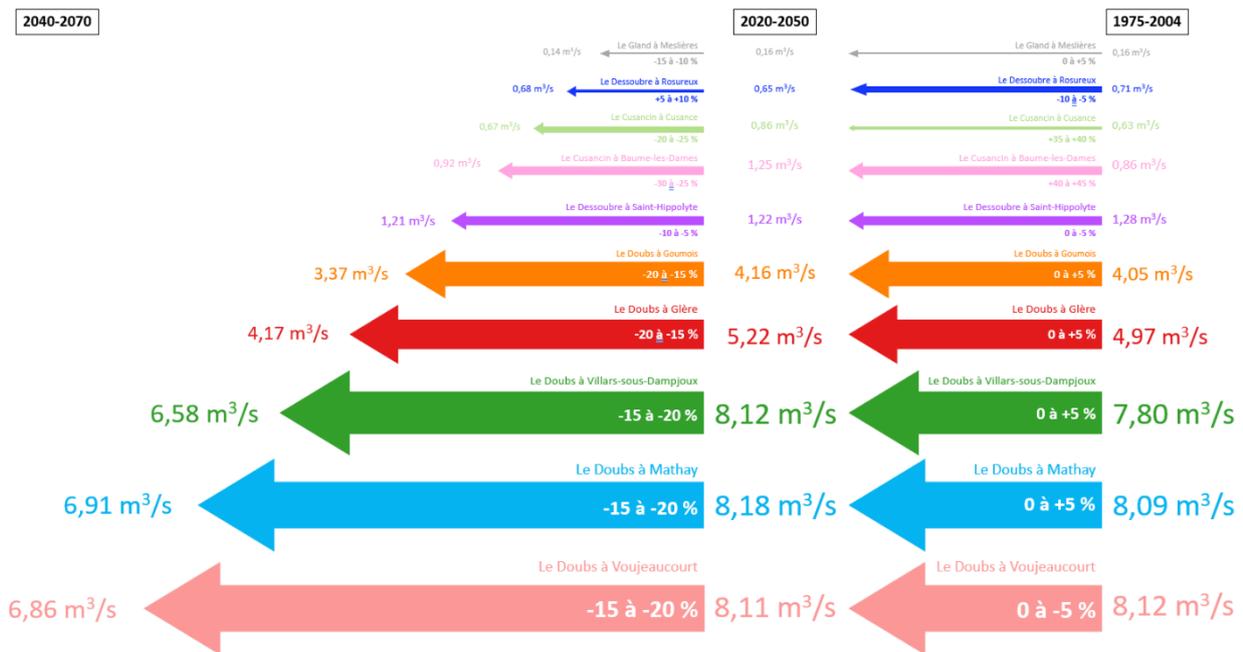
Tableau 17 : Influence du changement climatique sur les débits moyens à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique Aladin et IPSL, par rapport à la situation de référence (1975-2005), pour des usages constants.

Moyenne des débits (m3/s)		Cusancin à Cusance	Cusancin à Baume-les-Dames	Dessoubre à Rosureux	Dessoubre à St-Hippolyte	Doubs à Goumois	Doubs à Glère	Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Doubs à Mathay	Doubs à Voujeaucourt modifié	Gland à Meslières
Aladin	référence	4,330	8,538	10,801	17,765	18,366	21,937	44,947	46,912	49,845	0,974
	2020-2050	+ 7 %	+ 6 %	+ 5 %	+ 6 %	+ 2 %	+ 3 %	+ 5 %	+ 5 %	+ 5 %	+ 9 %
	2040-2070	+ 2 %	+ 2 %	+ 1 %	+ 2 %	-5 %	-4 %	-1 %	-1 %	0 %	+ 4 %
IPSL	référence	4,346	8,591	10,943	17,977	21,061	24,392	47,312	49,260	52,188	0,972
	2020-2050	+ 11 %	+ 11 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 9 %	+ 17 %	+ 14 %	+ 14 %	+ 14 %	+ 12 %
	2040-2070	+ 8 %	+ 10 %	+ 9 %	+ 9 %	+ 4 %	+ 13 %	+ 12 %	+ 12 %	+ 12 %	+ 10 %

Orange => pourcentage entre -10 et 0 %  
 Vert clair => pourcentage entre 0 et +10 %  
 Vert foncé => pourcentage >10 %

Les moyennes des débits semblent relativement peu affectées par le changement climatique, avec des variations par rapport à la période de référence de moins de 15 %. Des différences notables sont observées entre les horizons temporels et les modèles pris en compte. Ces variabilités soulignent les incertitudes du modèles liées aux scénarios et modèles climatiques pris en compte pour les simulations.

Les figures ci-après présentent l'évolution du QMNA5 (Débit Moyen Mensuel minium de période de retour 5 ans), qui correspond au débit le plus faible qui survient tous les 5 ans en moyenne.

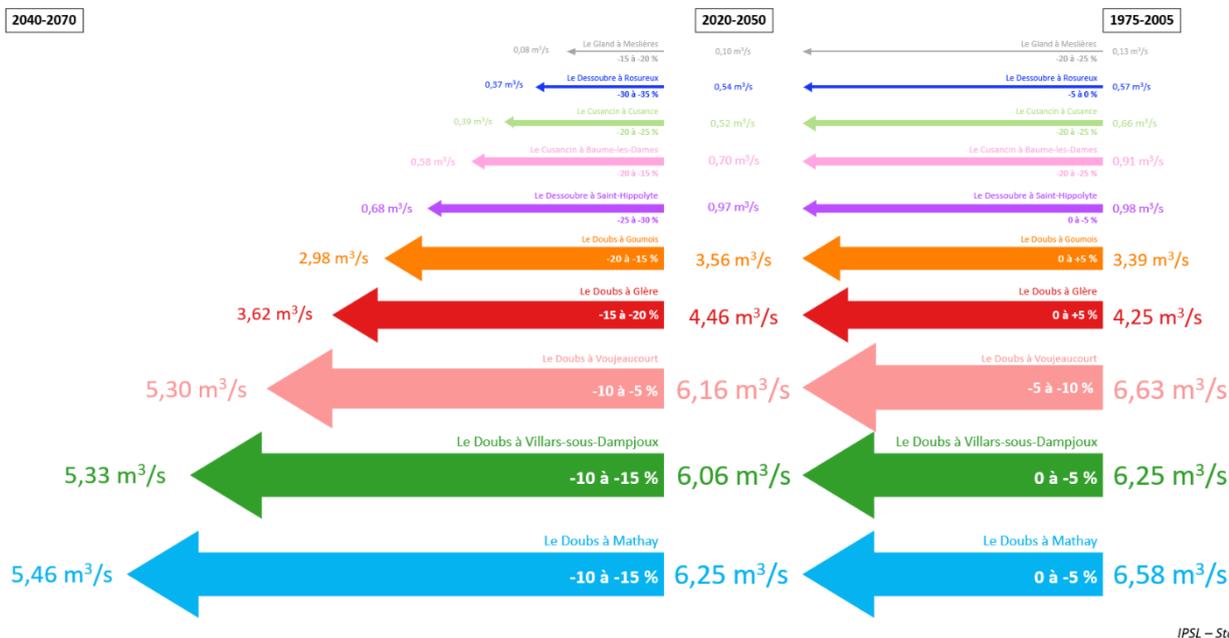


ALADIN – Statu Quo

Rapport de phase 1

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES EFFETS SUR LES RESSOURCES EN EAU A L'ECHELLE DE L'EPAGE DOUBS DESSOUBRE ET DE L'INTEGRALITE DU SOUS-BASSIN VERSANT DU DOUBS MEDIAN EN VUE D'UNE STRATEGIE D'ADAPTATION

Figure 96 : Représentation schématique de l'évolution du débit d'étiage (QMNA5) par rapport à la situation actuelle, d'après le modèle climatique ALADIN, scénario en Statu Quo.



IPSL – Statu Quo

Figure 97 : Représentation schématique de l'évolution du débit d'étiage (QMNA5) par rapport à la situation actuelle, d'après le modèle climatique IPSL, scénario en Statu Quo

QMNA5  
RCP 4.5  
ALADIN ET IPSL  
Statu Quo

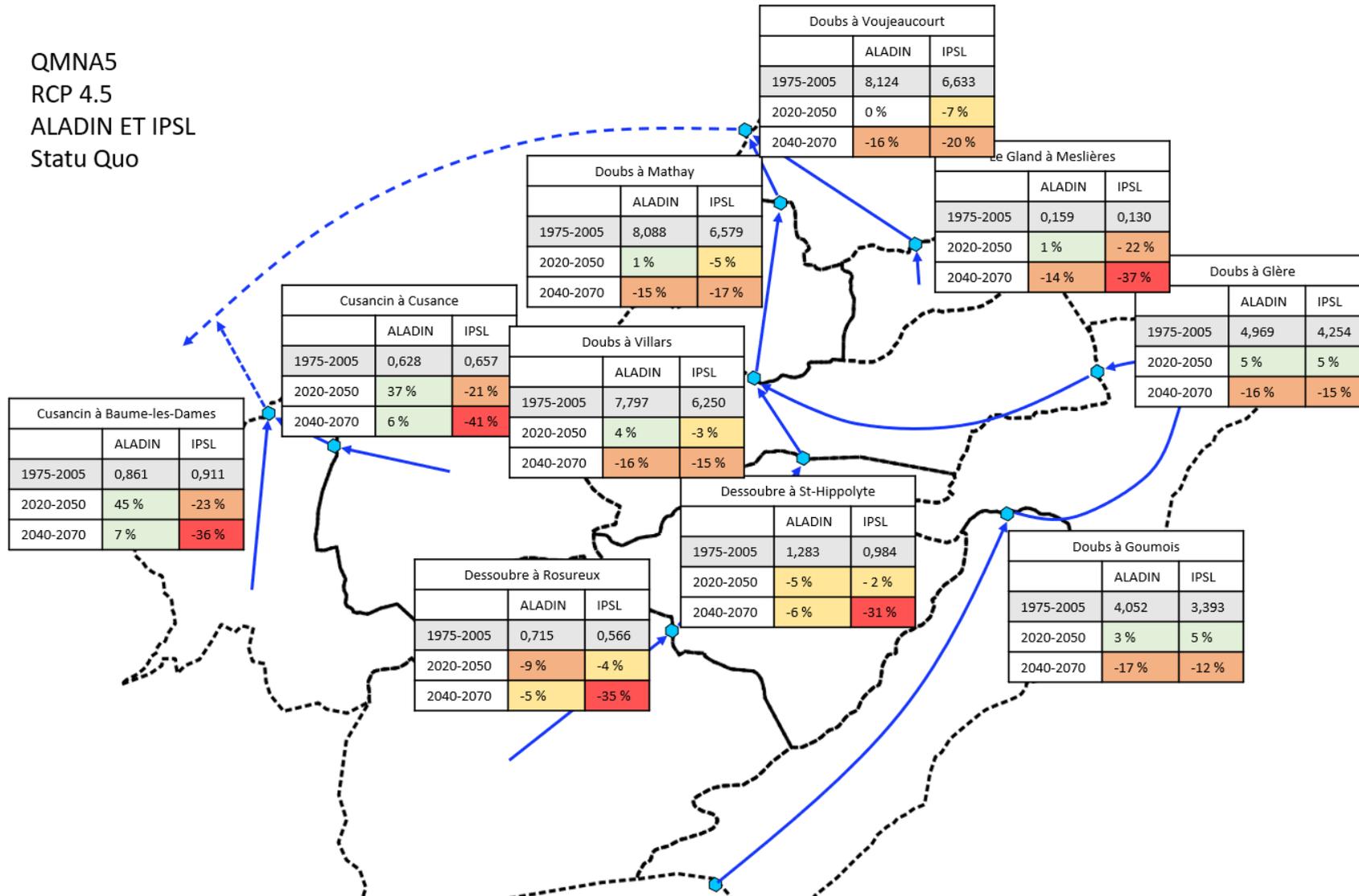


Figure 98 : Evolution du QMNA 5 aux stations hydrométriques modélisées, avec usage statu quo et modèles climatiques Aladin et IPSL

On constate que la vulnérabilité des débits au changement climatique est variable en fonction des périodes considérées. En effet, la période lointaine présente des baisses de débits d'été plus marquées que pour l'horizon moyen.

La vulnérabilité dépend également du cours d'eau et du bassin versant : d'après le modèle climatique ALADIN, le Doubs est le plus impacté par une diminution des débits d'été avec une diminution de l'ordre de 10 à 20 % à l'horizon lointain. En revanche, d'après le modèle climatique IPSL, les bassins versants les plus impactés sont ceux du Cusancin, du Dessoubre et du Gland avec une diminution du débit d'été de plus de 30% à l'horizon lointain.

Les deux modèles climatiques utilisés renvoient des résultats très différents, en particulier sur les bassins versants du Dessoubre, du Cusancin et du Gland. En effet, le modèle ALADIN est plutôt optimiste sur les sous-bassins du Cusancin : il prévoit une hausse des débits d'été de l'ordre de 6 à 7 % à l'horizon lointain. Sur les sous-bassins versants du Dessoubre, ce modèle prévoit une baisse de moins de 10 % sur le débit d'été à l'horizon lointain, et inférieure à 20 % sur le sous-bassin versant du Gland. En revanche, le modèle climatique IPSL prévoit une diminution du débit d'été de plus de 30 % à l'horizon lointain sur ces sous-bassins versants. Le modèle IPSL est donc plus pessimiste que le modèle ALADIN.

Pour les sous-bassins versants du Doubs, les résultats sont relativement similaires pour les deux modèles climatiques avec une baisse des débits d'été de l'ordre de 10 à 20 % à l'horizon lointain.

Les graphiques ci-dessous présentent les débits minimums annuel pour les deux modèles climatiques, mettant en évidence une différence de tendances sur les bassins versants du Cusancin, du Dessoubre et du Gland.

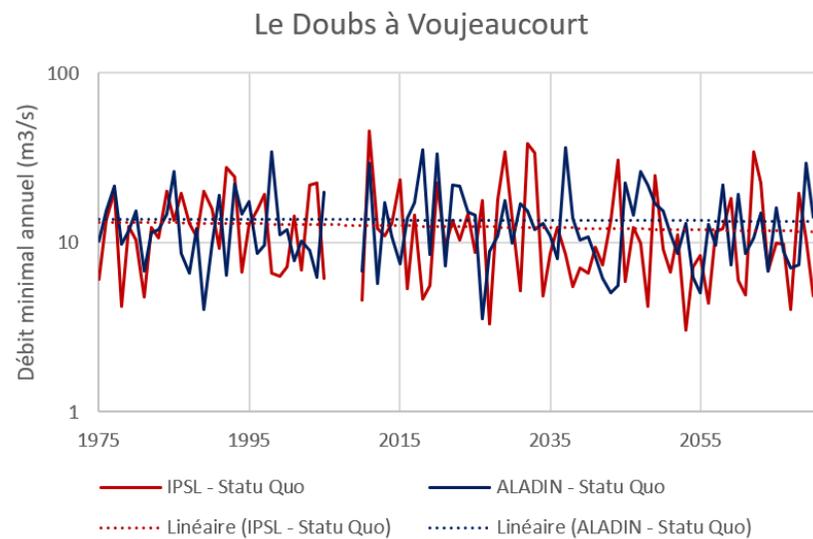
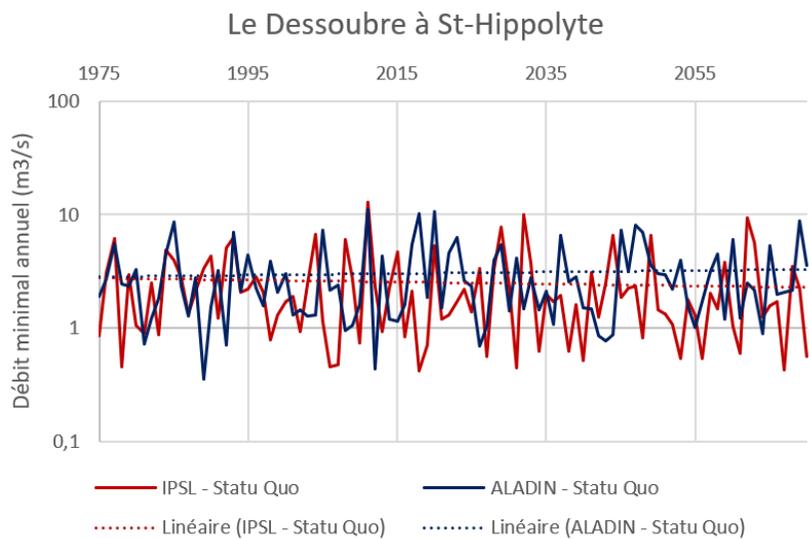
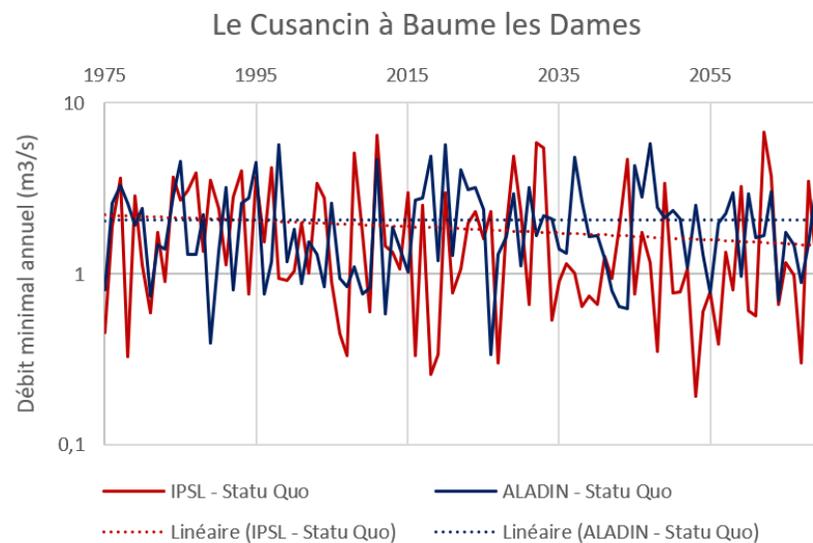
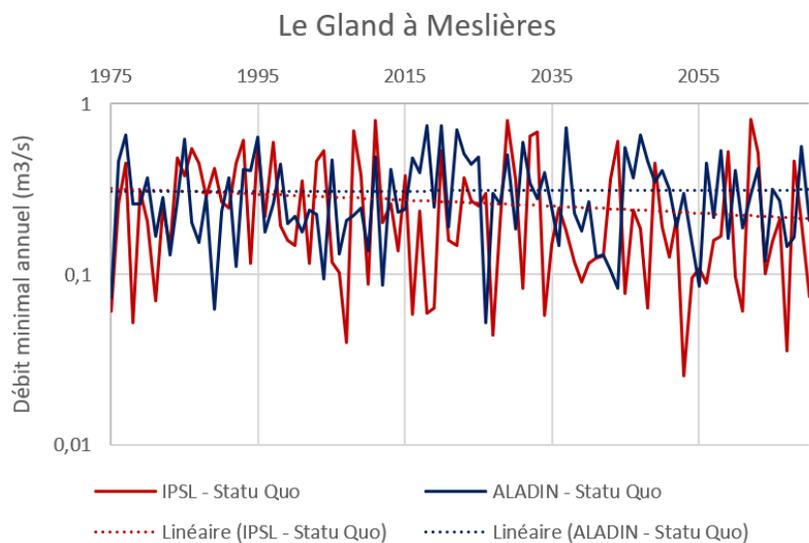


Figure 99 : Prévion des débits minimums annuels en fonction des modèles climatiques d'après le scénario climatique RCP 4.5

Par ailleurs, la précocité des étiages a été évaluée en calculant le mois à partir duquel le débit passe sous le QMNA2 (étiage courant). Le graphique suivant présente l'évolution du début de l'étiage sur la période simulée avec le modèle Aladin pour le scénario Statu Quo.

Les simulations ne montrent pas d'évolution significative de la périodicité des étiages.

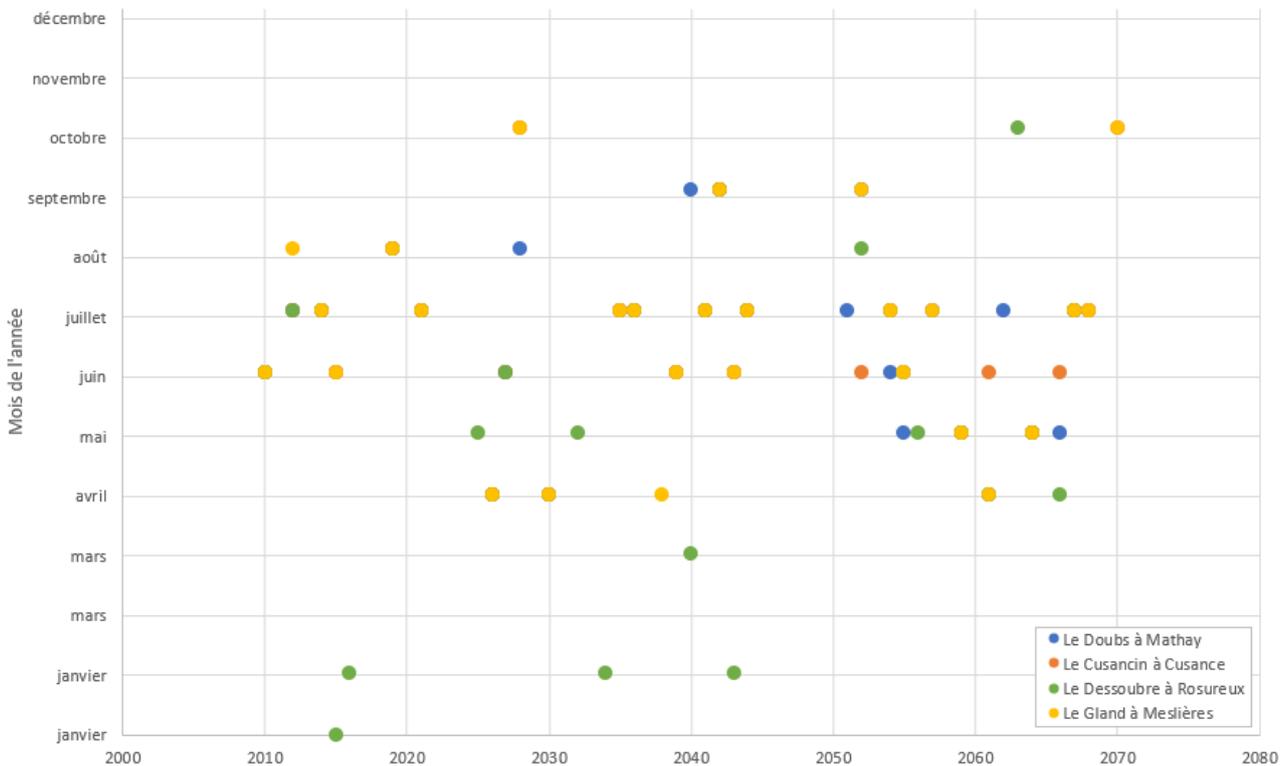


Figure 100 : Evolution du mois de début d'étiage pour la période simulée pour le modèle Aladin – Statu Quo

Les VCN3 (débits d'étiage enregistrés sur 3 jours consécutifs) ont été calculés pour les simulations en statu quo (Cf. Tableau 18). Les variations du VCN3 sont comprises entre +40 et -40 % par rapport à la période de référence pour l'horizon lointain.

Les résultats sont, là encore, très dépendants des bassins versants, mais également du modèle climatique considéré.

D'après le modèle ALADIN, les débits d'étiage (VCN3) sont plus impactés à l'horizon moyen (2020-2050) avec des diminutions du VCN3 de plus de 40% par rapport à la période de référence (1975-2005) sur les bassins versants du Doubs à Glère et du Doubs à Goumois.

Au contraire, avec le modèle climatique IPSL, ce sont les bassins versants du Cusancin et du Gland qui sont les plus impactés à l'horizon lointain (2040-2070) avec des diminutions du VCN3 de plus de 30 % par rapport à la période de référence.

A noter que le VCN3 correspond à des valeurs basses extrêmes. Le calcul de ces valeurs par le modèle est très contrasté. Il semble donc difficile d'extraire de ces simulations une évolution précise des plus faibles débits d'étiage sur le territoire, mais la tendance de l'évolution est clairement à la baisse. Cette tendance à l'évolution à la baisse des débits d'étiage semble confirmer, au moins dans les grandes lignes, les tendances déjà observées ces dernières années (cf. §4.5).

Tableau 18 : Evolution des VCN3 sur le territoire pour la simulation avec stabilité des usages (statu quo)

Min des VCN3 (m3/s)		Cusancin à Cusance	Cusancin à Baume-les-Dames	Dessoubre à Rosureux	Dessoubre à St-Hippolyte	Doubs à Goumois	Doubs à Glère	Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Doubs à Mathay	Doubs à Voujeaucourt modifié	Gland à Mesières
Aladin	référence	0,166	0,244	0,149	0,268	2,791	2,991	3,461	3,485	3,303	0,033
	2020-2050	-20 %	+4 %	+35 %	+48 %	-43 %	-42 %	-26 %	-26 %	-28 %	-37 %
	2040-2070	+9 %	+15 %	+29 %	+43 %	-19 %	-15 %	+10 %	+11 %	+11 %	+3 %
IPSL	référence	0,170	0,251	0,171	0,326	2,201	2,761	3,644	3,658	3,471	0,031
	2020-2050	-19 %	-21 %	+1 %	-5 %	-8 %	-22 %	-27 %	-27 %	-29 %	-12 %
	2040-2070	-39 %	-33 %	-21 %	-18 %	-10 %	-17 %	-24 %	-24 %	-26 %	-38 %

Rouge => pourcentage < -20 %  
 Vert clair => pourcentage entre 0 et +10 %  
 Vert foncé => pourcentage >10 %

## 8.2.2. Situation sans prélèvements

Afin d'évaluer l'incidence des prélèvements sur la ressource en eau dans un contexte de changement climatique, l'approche a consisté à simuler la suppression de l'ensemble des prélèvements et des rejets. Cette simulation a ensuite été comparée à la situation avec statu quo des usages (usages actuels).

Le tableau suivant présente l'influence des prélèvements sur les débits d'étiage (QMNA5) aux différentes stations hydrométriques, pour les modèles climatiques ALADIN et IPSL.

Tableau 19 : Influence des usages actuels sur le QMNA5 (en m<sup>3</sup>/s) à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique ALADIN par rapport à la situation statu quo

		Cusancin à Cusance	Cusancin à Baume-les-Dames	Dessoubre à Rosureux	Dessoubre à St-Hippolyte	Doubs à Goumois	Doubs à Glère	Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Doubs à Mathay	Doubs à Voujeaucourt modifié	Gland à Meslières
Avec prélèvements actuels (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,863	1,250	0,651	1,220	4,159	5,222	8,119	8,180	8,111	0,161
	2040-2070	0,668	0,921	0,682	1,209	3,368	4,167	6,575	6,905	6,857	0,136
Sans prélèvements (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,869	1,260	0,635	1,199	4,160	5,263	8,168	8,236	8,427	0,168
	2040-2070	0,674	0,930	0,666	1,187	3,369	4,209	6,624	6,951	7,135	0,143
Différence (%) *	2020-2050	-0,74%	-0,78%	+2,55%	+1,65%	-0,01%	-0,79%	-0,60%	-0,69%	-3,90%	-4,89%
	2040-2070	-1,03%	-1,01%	+2,36%	+1,82%	-0,03%	-0,99%	-0,74%	-0,67%	-4,06%	-4,98%
Vert => pourcentage entre 0 et +10% Orange clair => pourcentage entre -5 et 0 % Orange foncé => pourcentage < -5%		*Les valeurs négatives impliquent que les prélèvements entraînent une diminution du débit d'étiage. Au contraire, les différences positives impliquent que les rejets sont plus importants que les prélèvements et entraînent une augmentation du débit d'étiage.									

Tableau 20 : Influence des usages actuels sur le QMNA5 (en m<sup>3</sup>/s) à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique IPSL par rapport à la situation statu quo

		Cusancin à Cusance	Cusancin à Baume-les-Dames	Dessoubre à Rosureux	Dessoubre à St-Hippolyte	Doubs à Goumois	Doubs à Glère	Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Doubs à Mathay	Doubs à Voujeaucourt modifié	Gland à Meslières
Avec prélèvements actuels (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,517	0,699	0,541	0,967	3,559	4,455	6,060	6,250	6,157	0,101
	2040-2070	0,385	0,582	0,370	0,684	2,978	3,617	5,329	5,464	5,300	0,082
Sans prélèvements (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,523	0,709	0,524	0,945	3,560	4,498	6,103	6,299	6,452	0,107
	2040-2070	0,392	0,592	0,354	0,664	2,979	3,658	5,378	5,521	5,617	0,089
Différence (%) *	2020-2050	-1,31%	-1,52%	+3,02%	+2,28%	-0,02%	-0,95%	-0,70%	-0,79%	-4,79%	-6,79%
	2040-2070	-1,84%	-1,67%	+4,37%	+2,97%	-0,03%	-1,14%	-0,92%	-1,04%	-5,97%	-9,13%
Vert => pourcentage entre 0 et +10% Orange clair => pourcentage entre -5 et 0 % Orange foncé => pourcentage < -5%		*Les valeurs négatives impliquent que les prélèvements entraînent une diminution du débit d'étiage. Au contraire, les différences positives impliquent que les rejets sont plus importants que les prélèvements et entraînent une augmentation du débit d'étiage.									

L'impact des prélèvements est faible. En effet, les prélèvements entraînent une diminution des débits d'étiage de moins de 10 %. Le sous-bassin versant le plus impacté par les prélèvements est celui du Gland à Meslières. En effet, il s'agit du sous-bassin versant où les prélèvements sont les plus importants proportionnellement au débit d'étiage.

A noter que les plus gros prélèvements s'effectuent sur le bassin versant du Doubs à Voujeaucourt (par la prise d'eau de Mathay). Ce bassin versant n'est que peu impacté par les prélèvements (différence de 3 à 6%) compte tenu de l'important débit du Doubs dans ce secteur.

En revanche, l'arrêt de tous les prélèvements et rejets entrainerait une augmentation des débits d'étiage sur les sous-bassins versants du Dessoubre. En effet, sur ces deux sous-bassins versants, les rejets sont plus importants que les prélèvements et permettent donc de soutenir les débits d'étiage.

De manière générale, les usages de l'eau ne semblent pas exercer une influence majeure à l'échelle des sous-bassins versants. Il est évident que ce constat réalisé au droit de points nodaux du réseau hydrographique n'est pas forcément vrai en tous points des bassins versants, puisque localement (surtout en tête de bassin par exemple), un prélèvement pourrait avoir un impact significatif sur la ressource.

Par ailleurs, les éclusées réalisées au niveau des différents barrages peuvent également affecter le débit des cours d'eau, entraînant des hausses et des baisses de débit sur une même journée. Ces phénomènes d'éclusées ne sont pas reproduits dans le présent modèle dans la mesure où les simulations sont réalisées au pas de temps journalier.

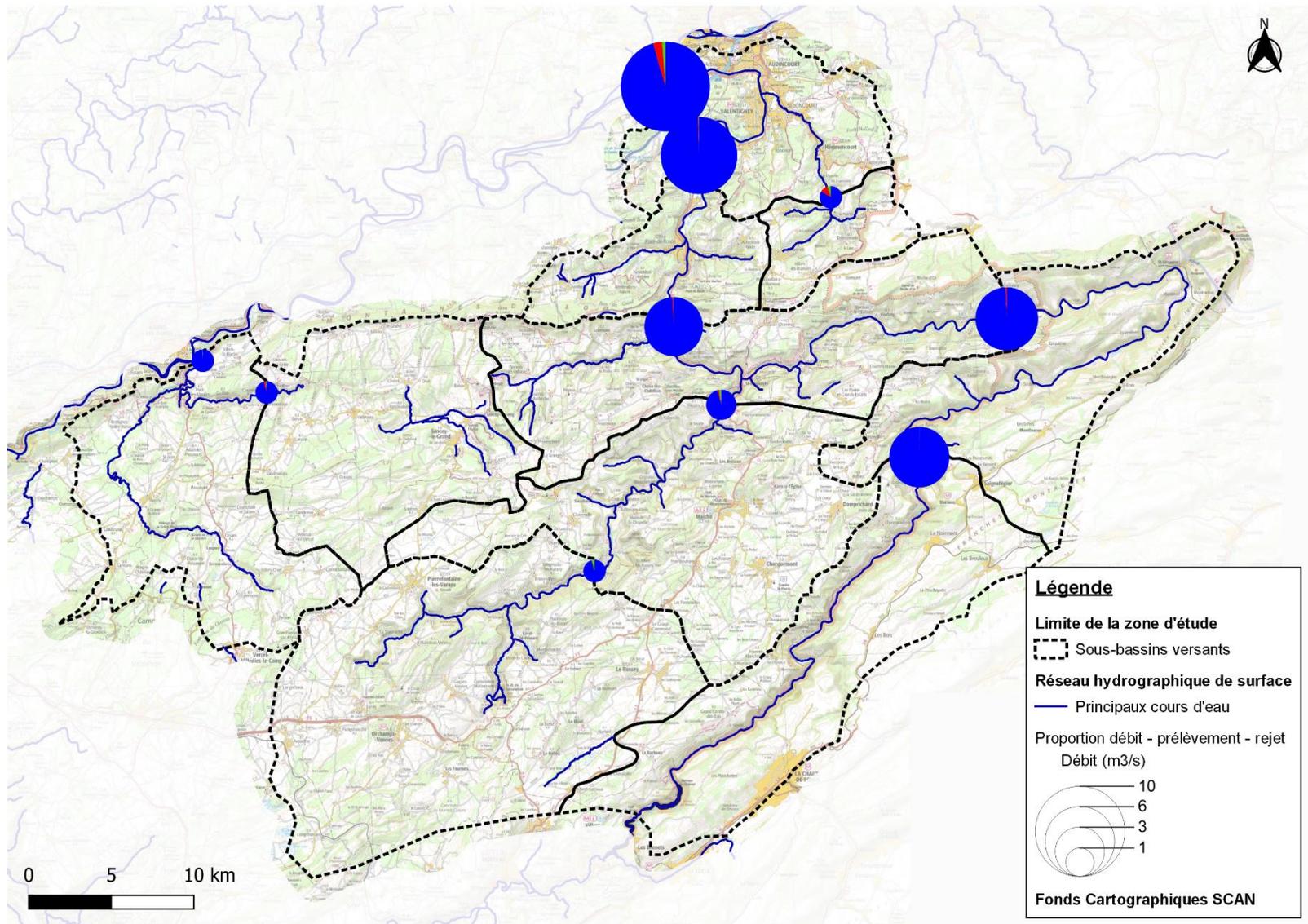


Figure 101 : Représentation schématique de l'importance des prélèvements (en rouge), des rejets (en orange) et des débits d'étiage (en bleu) dans chaque sous-bassins versants.

Rapport de phase 1

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES EFFETS SUR LES RESSOURCES EN EAU A L'ECHELLE DE L'EPAGE DOUBS DESSOUBRE ET DE L'INTEGRALITE DU SOUS-BASSIN VERSANT DU DOUBS MEDIAN EN VUE D'UNE STRATEGIE D'ADAPTATION

QMNA5  
RCP 4.5  
ALADIN ET IPSL  
Sans prélèvements

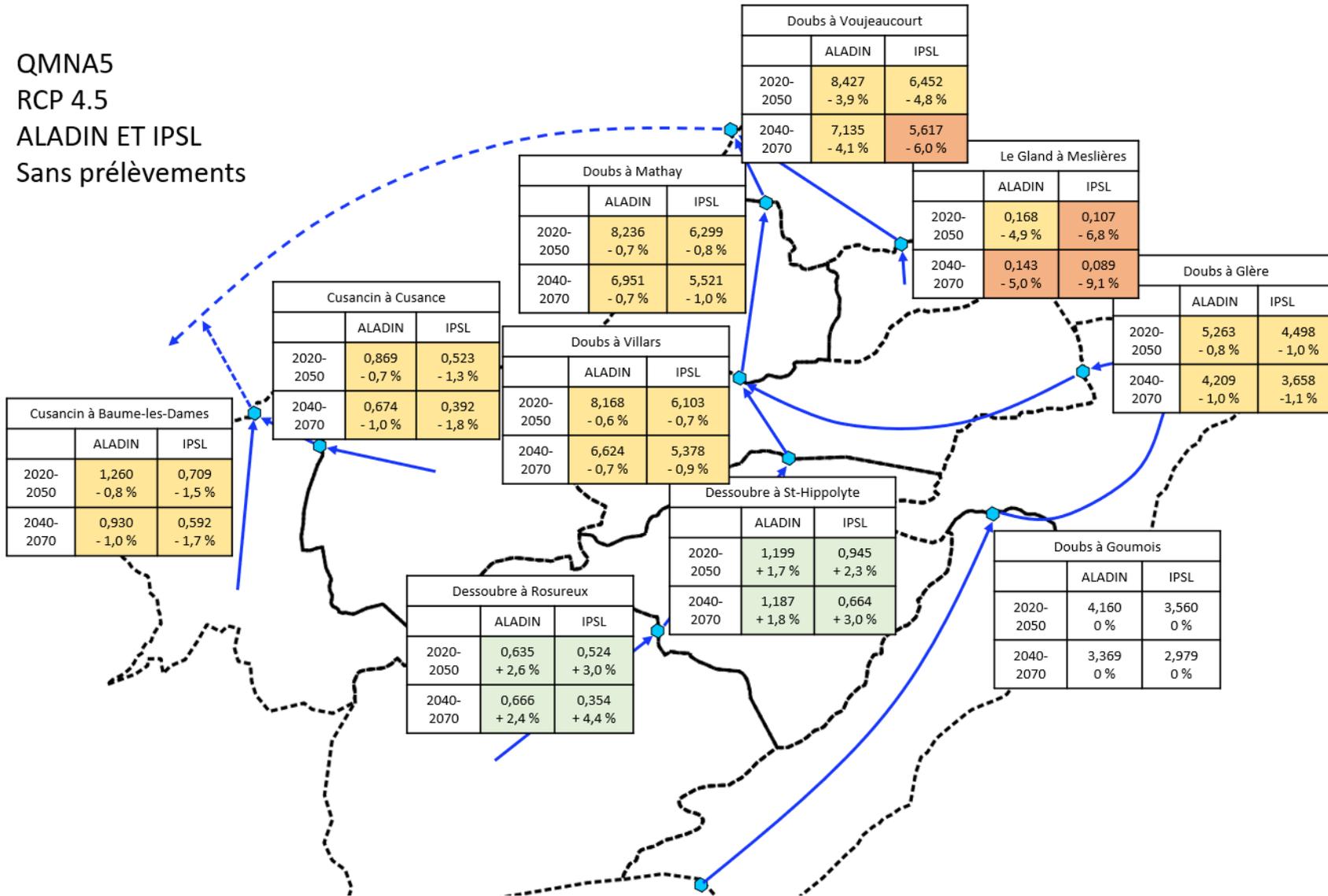


Figure 102 : Evolution du QMNA4 aux stations hydrométriques modélisées sans prélèvements, par rapport au scénario avec usages statu quo, pour les modèles climatiques Aladin et IPSL

### 8.2.3. Usages prospectifs

Les usages prospectifs ont été estimés à partir des évolutions tendanciennes par sous-bassin versant (§ 6.2). Les rejets ont été ajustés pour que la proportion de débit qui retourne au milieu par rapport au débit prélevé reste la même.

Deux scénarios ont été testés. Ils prennent en compte l'évolution de la population et des cheptels ainsi que l'évolution des consommations journalières :

- **Le scénario d'usage prospectif avec des hypothèses basses :**
  - Démographie : évolution de la population en cohérence avec les données des différents SCoT du territoire (Cf. § 6.2.1.2) ;
  - Evolution du cheptel : diminution progressive du cheptel basée sur les chiffres énoncés lors des ateliers d'octobre 2024 (Cf. § 6.2.3.2) ;
  - Evolution des consommations domestiques et d'abreuvement : stable ;
  - Evolution des prélèvements liés à l'industrie : maintien des consommations actuelles.
  
- **Le scénario d'usage prospectif avec des hypothèses hautes :**
  - Démographie : évolution de la population en cohérence avec les données des différents SCoT du territoire (Cf. § 6.2.1.2) ;
  - Evolution du cheptel : diminution progressive du cheptel basée sur les chiffres énoncés lors des ateliers d'octobre 2024 (Cf. § 6.2.3.2) ;
  - Evolution des consommations domestiques et d'abreuvement : augmentation de +10% par rapport aux consommations actuelles ;
  - Evolution des prélèvements liés à l'industrie : stable.

Ces deux scénarios sont comparés à la simulation avec statu quo. Les tableaux suivants présentent l'influence de l'évolution du territoire sur les débits d'étiage (QMNA5) au droit des différentes stations hydrométriques pour les modèles climatiques IPSL et ALADIN.

Tableau 21 : Influence de l'évolution du territoire sur les débits d'étiage QMNA5 (en m<sup>3</sup>/s) à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique ALADIN par rapport à la situation statu quo

		Cusancin à Cusance	Cusancin à Baume-les-Dames	Dessoubre à Rosureux	Dessoubre à St-Hippolyte	Doubs à Goumois	Doubs à Glère	Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Doubs à Mathay	Doubs à Voujeaucourt modifié	Gland à Meslières
Avec prélèvements actuels (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,863	1,250	0,651	1,220	4,159	5,222	8,119	8,180	8,111	0,161
	2040-2070	0,668	0,921	0,682	1,209	3,368	4,167	6,575	6,905	6,857	0,136
Scénario prospectif – hypothèse basse (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,863	1,250	0,652	1,221	4,159	5,221	8,119	8,180	8,111	0,161
	2040-2070	0,667	0,921	0,685	1,212	3,368	4,165	6,575	6,906	6,858	0,136
Différence (%)	2020-2050	0%	0%	+0,08%	+0,07%	0%	-0,01%	0%	0%	0%	+0,01%
	2040-2070	-0,01%	-0,02%	+0,41%	+0,26%	0%	-0,05%	0%	+0,01%	+0,01%	+0,03%
Scénario prospectif – hypothèse basse (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,862	1,249	0,654	1,223	4,159	5,217	8,117	8,177	8,104	0,160
	2040-2070	0,667	0,920	0,687	1,214	3,368	4,161	6,573	6,904	6,853	0,136
Différence (%)	2020-2050	-0,08%	-0,07%	+0,34%	+0,24%	0%	-0,09%	-0,03%	-0,03%	-0,09%	-0,33%
	2040-2070	-0,12%	-0,12%	+0,69%	+0,47%	0%	-0,16%	-0,04%	-0,02%	-0,06%	-0,31%
Vert => pourcentage entre 0 et +10 % Orange clair => pourcentage entre -5 et 0 % Orange foncé => pourcentage < -5 %		Les valeurs négatives impliquent que l'évolution du territoire entraîne une diminution des débits d'étiage. Au contraire, les différences positives impliquent une augmentation des débits d'étiage cas les rejets sont plus importants que les prélèvements, y compris en prenant en compte l'évolution du territoire.									

Tableau 22 : Influence de l'évolution du territoire sur les débits d'étiage QMNA5 (en m<sup>3</sup>/s) à l'échelle des sous-bassins versants pour le modèle climatique IPSL par rapport à la situation statu quo

		Cusancin à Cusance	Cusancin à Baume-les-Dames	Dessoubre à Rosureux	Dessoubre à St-Hippolyte	Doubs à Goumois	Doubs à Glère	Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Doubs à Mathay	Doubs à Voujeaucourt modifié	Gland à Meslières
Avec prélèvements actuels (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,517	0,699	0,541	0,967	3,559	4,455	6,060	6,250	6,157	0,101
	2040-2070	0,385	0,582	0,370	0,684	2,978	3,617	5,329	5,464	5,300	0,082
Scénario prospectif – hypothèse basse (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,517	0,699	0,542	0,968	3,559	4,455	6,060	6,250	6,157	0,101
	2040-2070	0,385	0,582	0,374	0,686	2,978	3,615	5,329	5,464	5,301	0,082
Différence (%)	2020-2050	+0,01%	-0,01%	+0,24%	+0,13%	0%	-0,02%	+0,01%	+0,01%	+0,01%	+0,02%
	2040-2070	-0,01%	0%	+0,96%	+0,38%	0%	-0,07%	0%	0%	+0,01%	+0,05%
Scénario prospectif – hypothèse basse (m <sup>3</sup> /s)	2020-2050	0,516	0,698	0,544	0,970	3,559	4,450	6,058	6,248	6,151	0,100
	2040-2070	0,385	0,581	0,376	0,689	2,978	3,610	5,326	5,461	5,293	0,081
Différence (%)	2020-2050	-0,12%	-0,16%	+0,57%	+0,38%	0%	-0,12%	-0,03%	-0,03%	-0,09%	-0,44%
	2040-2070	-0,19%	-0,17%	+1,50%	+0,71%	0%	-0,19%	-0,05%	-0,05%	-0,13%	-0,59%
Vert => pourcentage entre 0 et +10 % Orange clair => pourcentage entre -5 et 0 % Orange foncé => pourcentage < -5 %		Les valeurs négatives impliquent que l'évolution du territoire entraîne une diminution des débits d'étiage. Au contraire, les différences positives impliquent une augmentation des débits d'étiage cas les rejets sont plus importants que les prélèvements, y compris en prenant en compte l'évolution du territoire.									

Rapport de phase 1

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES EFFETS SUR LES RESSOURCES EN EAU A L'ECHELLE DE L'EPAGE DOUBS DESSOUBRE ET DE L'INTEGRALITE DU SOUS-BASSIN VERSANT DU DOUBS MEDIAN EN VUE D'UNE STRATEGIE D'ADAPTATION

D'après ces résultats, l'évolution du territoire (en tant que tel, c'est-à-dire l'évolution des prélèvements en eau) n'engendre pas de différence majeure au niveau des débits des différents cours d'eau au droit des stations hydrométriques. En effet, le modèle calcule des différences de moins de 1% par rapport au scénario avec les prélèvements actuels (statu quo), même avec le scénario le plus pessimiste.

A noter que les sous-bassins versants du Dessoubre enregistrent plutôt une augmentation des débits des cours d'eau sur ces scénarios d'évolution du territoire. En effet, ces territoires sont largement dépendants des importations d'eau. Une augmentation des consommations n'engendre donc pas une forte augmentation des prélèvements, mais une augmentation des rejets d'eau dans les cours d'eau.

Ces résultats confirment les résultats du scénario sans prélèvements. Les usages de l'eau ne semblent pas exercer une influence majeure sur la ressource en eau à l'échelle des sous-bassins versants ; à la différence les évolutions climatiques grèvent significativement les débits d'étiage. Il est rappelé que ce constat est réalisé au droit de points nodaux du réseau et ne représente pas forcément le comportement des cours d'eau en tout point du bassin versant. Localement (en particulier en tête de bassin), un prélèvement – et donc son évolution – peut avoir un impact significatif sur la ressource.

QMNA5  
RCP 4.5  
ALADIN ET IPSL  
Scénarios prospectifs  
Hypothèse basse  
Hypothèse haute

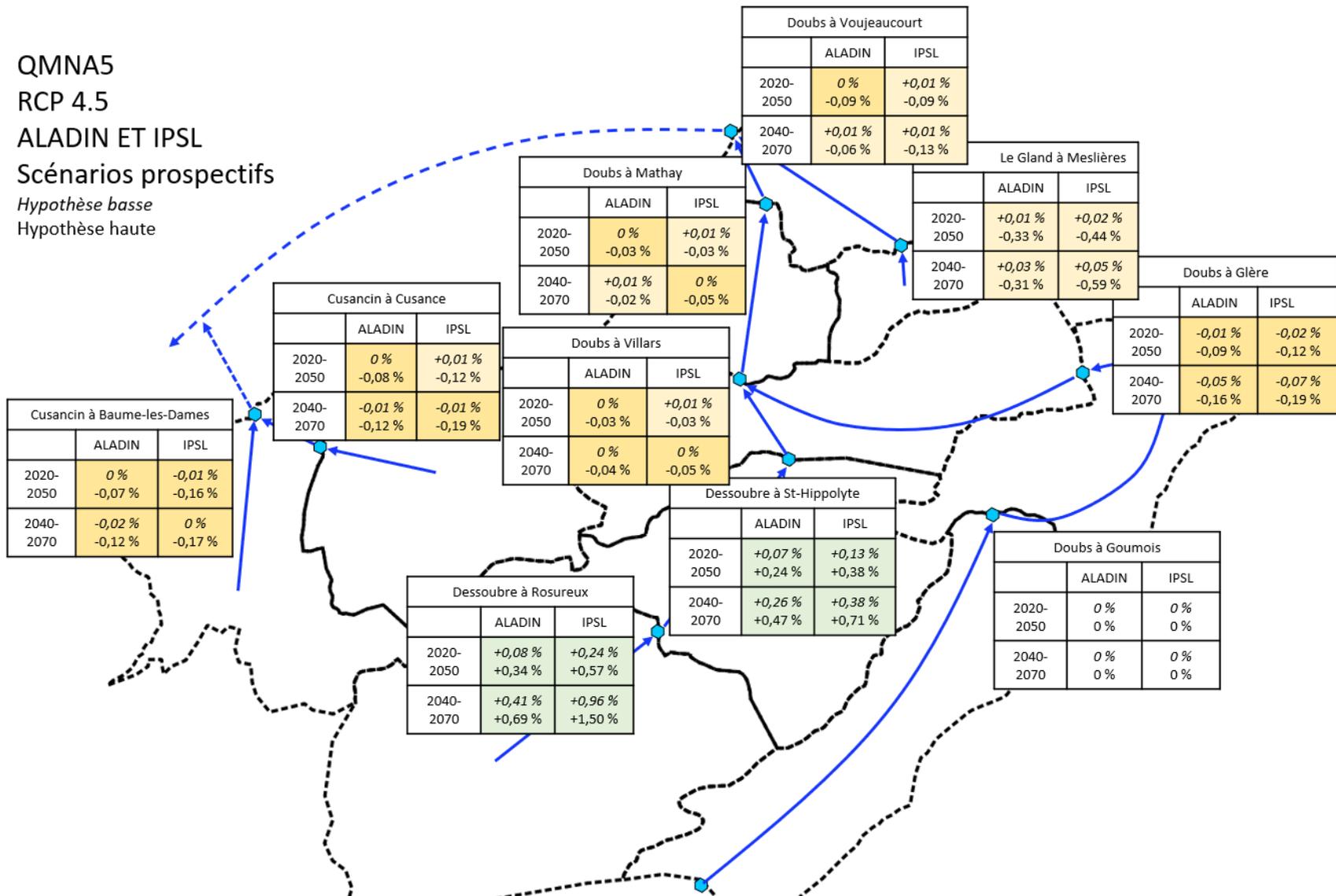


Figure 103 : Evolution du QMNA5 pour les scénarios prospectifs (hypothèse basse et haute) par rapport à la situation avec statu quo, pour les modèles climatiques ALADIN et IPSL

## 9. IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE MILIEU

### 9.1. QUALITE CHIMIQUE, ECOLOGIQUE, THERMIQUE ET SANITAIRE DE L'EAU

#### 9.1.1. Thermie de l'eau

L'influence du changement climatique, et en particulier l'élévation moyenne de la température de l'air, s'observe sur les stations du territoire d'étude.

Par exemple, cette augmentation s'observe nettement sur la température du Doubs (à la station DOUBS\_20, en aval du barrage du Châtelot). En projetant l'évolution des températures moyennes actuelles, la température du Doubs dans ce secteur pourrait atteindre 12°C en moyenne annuelle, contre 10°C en moyenne actuellement.

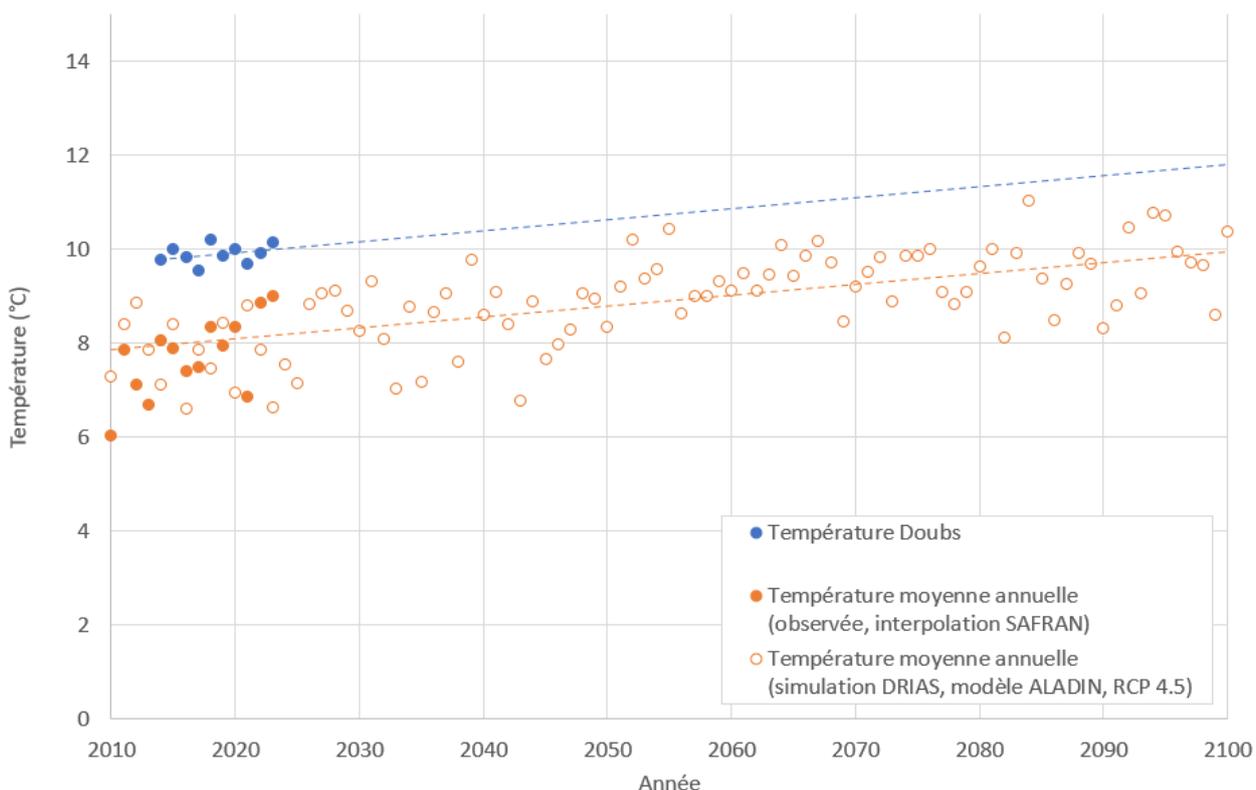


Figure 104 : Température du Doubs (en aval du barrage de Châtelot) depuis 2010 (source Fédération de Pêche, en bleu) et de l'air (source MétéoFrance, en orange), et évolution probable future (source DRIAS)

Pour évaluer l'incidence du changement climatique sur la thermie de l'eau, une modélisation de la température de l'eau a été construite pour plusieurs stations de suivi du secteur étudié.

Bien que les facteurs influençant la température de l'eau soient nombreux (débits, hydraulité des cours d'eau, lame d'eau, ripisylve, etc.), le facteur prépondérant dans l'évolution de la température de l'eau est souvent la température de l'air. Le modèle thermique peut alors s'établir avec une équation de ce type (Eaucea 2022) (Explore2070 2012a) :

$$T_{eau} = a * \frac{\sum_{j-n}^j (T_{air,j})}{n} + b$$

Avec  $T_{air,j}$  qui représente la température de l'air mesurée sur une période glissante de  $n$  jours, et  $a$  et  $b$  correspondent respectivement à la pente et à l'ordonnée à l'origine.

A noter que la température de l'air est lissée par une moyenne glissante en fonction de la corrélation entre la température de l'air et de l'eau.

La calibration de ce modèle a été réalisée sur l'année 2018. Un récapitulatif des paramètres issus de ce calage et des coefficients de corrélation sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 23 : Paramètres issus du calage du modèle thermique

Nom de la station	Moyenne glissante (jours)	Pente (a)	Ordonnée à l'origine (b)	Coefficient de détermination (R <sup>2</sup> )	Coefficient de corrélation
CUSA_07	3	0,471	6,149	0,747	0,864
DESS_02	2	0,174	8,119	0,743	0,862
DESS_09	5	0,455	6,869	0,863	0,929
DESS_13	3	0,569	6,125	0,831	0,911
DOUBS_20	40	0,578	5,471	0,950	0,975
DOUBS_34	8	0,801	5,377	0,890	0,944
DOUBS_36	10	0,751	4,593	0,936	0,967
GLAN_04	4	0,512	6,138	0,907	0,953

La calibration de ce modèle donne de bons résultats entre les années 2018 et 2021. A noter cependant que le modèle a tendance à sous-estimer les températures de l'eau lorsque les débits sont plus élevés sur la station sur le Cusancin CUSA\_07. Néanmoins, l'évaluation de l'impact s'effectuant principalement sur les températures les plus élevées, donc sur des périodes où les débits sont les plus faibles, cette différence de température en période de forts débits n'aura pas d'impact sur les indicateurs examinés.

Les graphiques suivants présentent la comparaison entre température simulée et température observée.

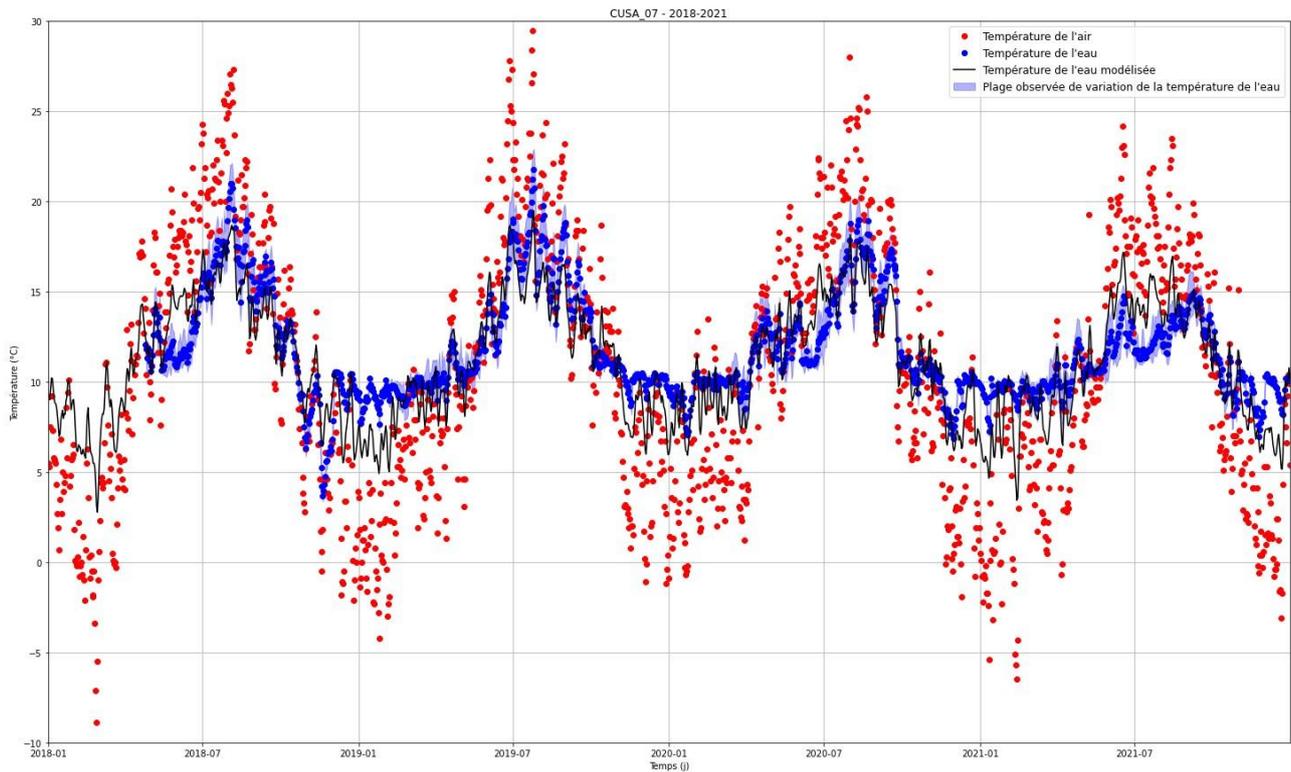


Figure 105 : Modèle thermique de l'eau sur le Cusancin à Pont-les-Moulins

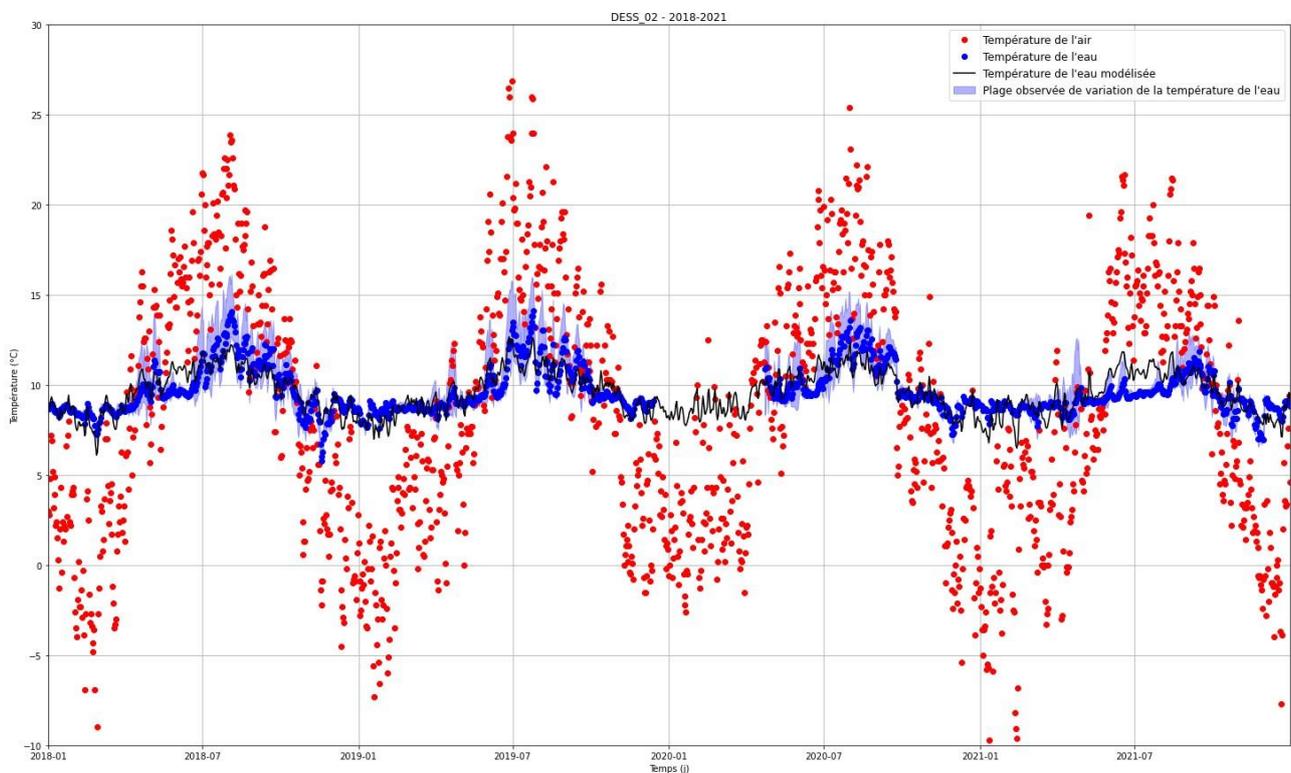


Figure 106 : Modèle thermique de l'eau sur le Dessoubre à Consolation-Maisonnettes

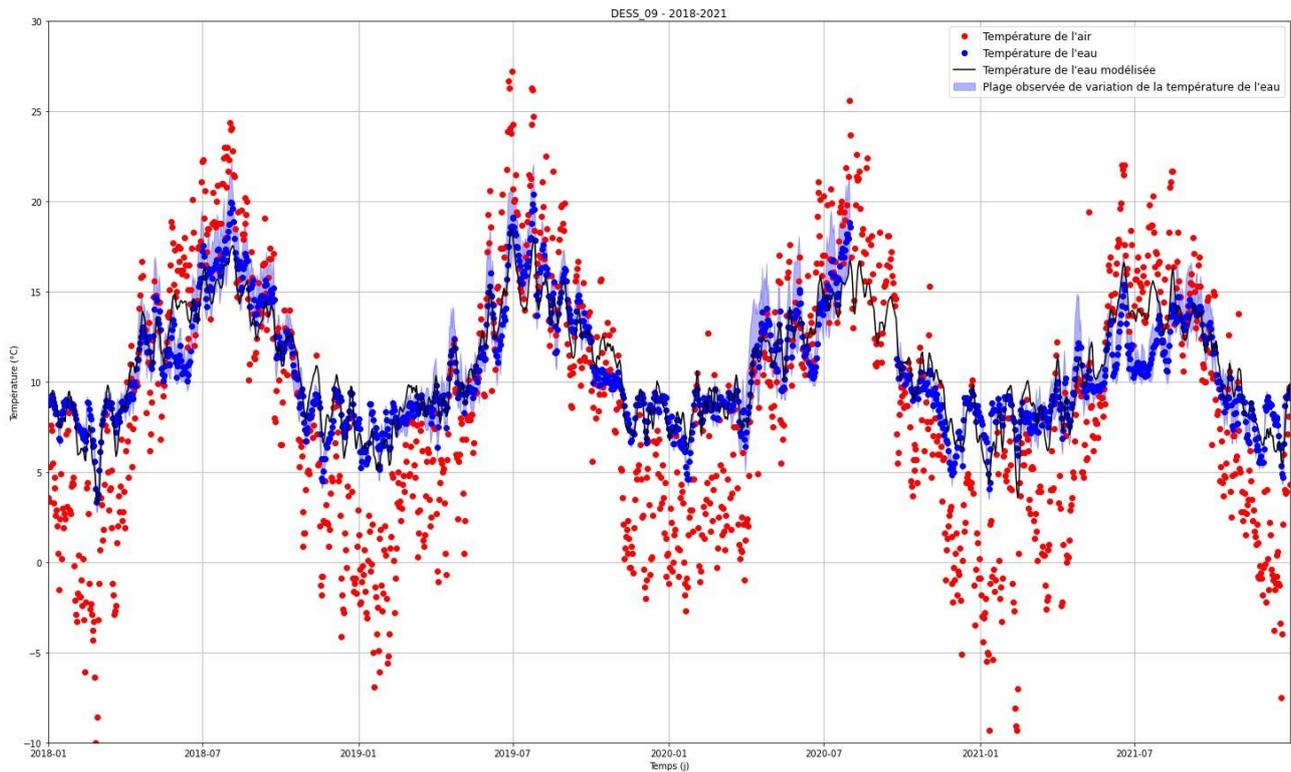


Figure 107 : Modèle thermique de l'eau sur le Dessoubre à Vacluse

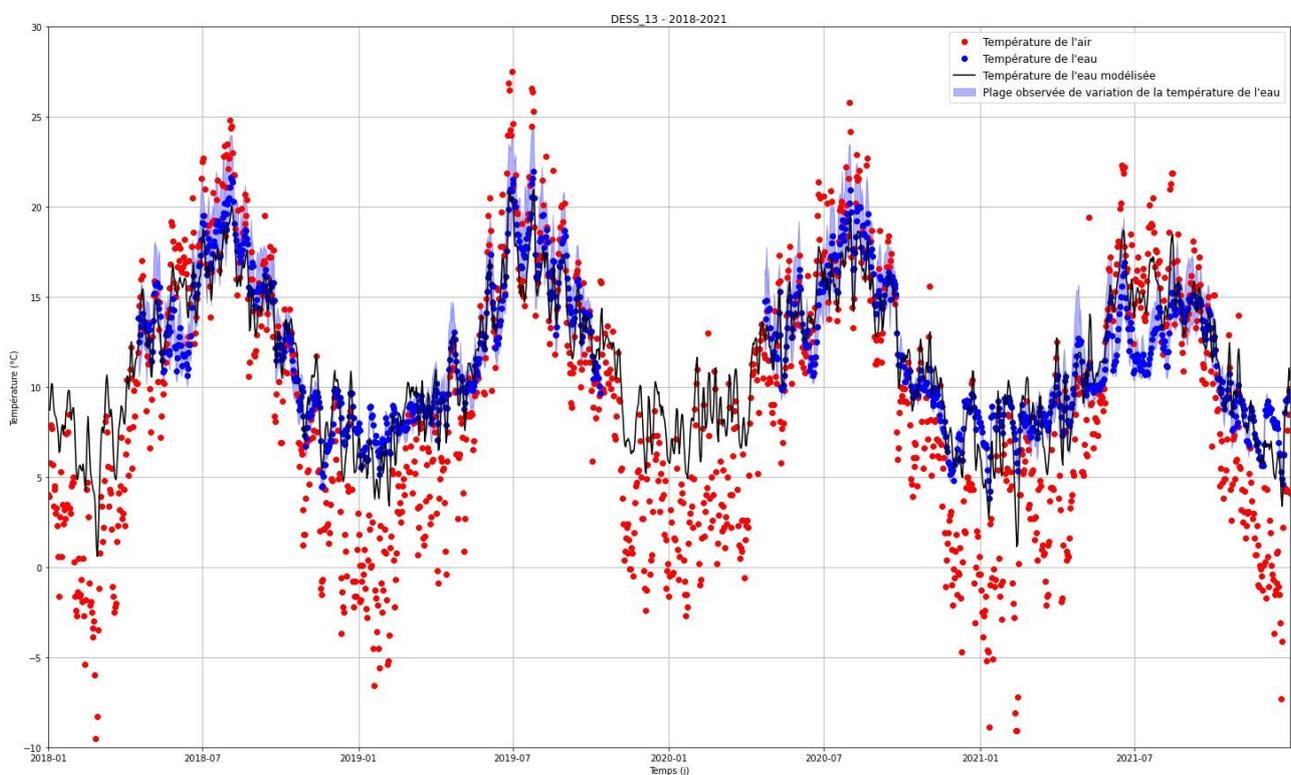


Figure 108 : Modèle thermique de l'eau sur le Dessoubre à Saint-Hippolyte

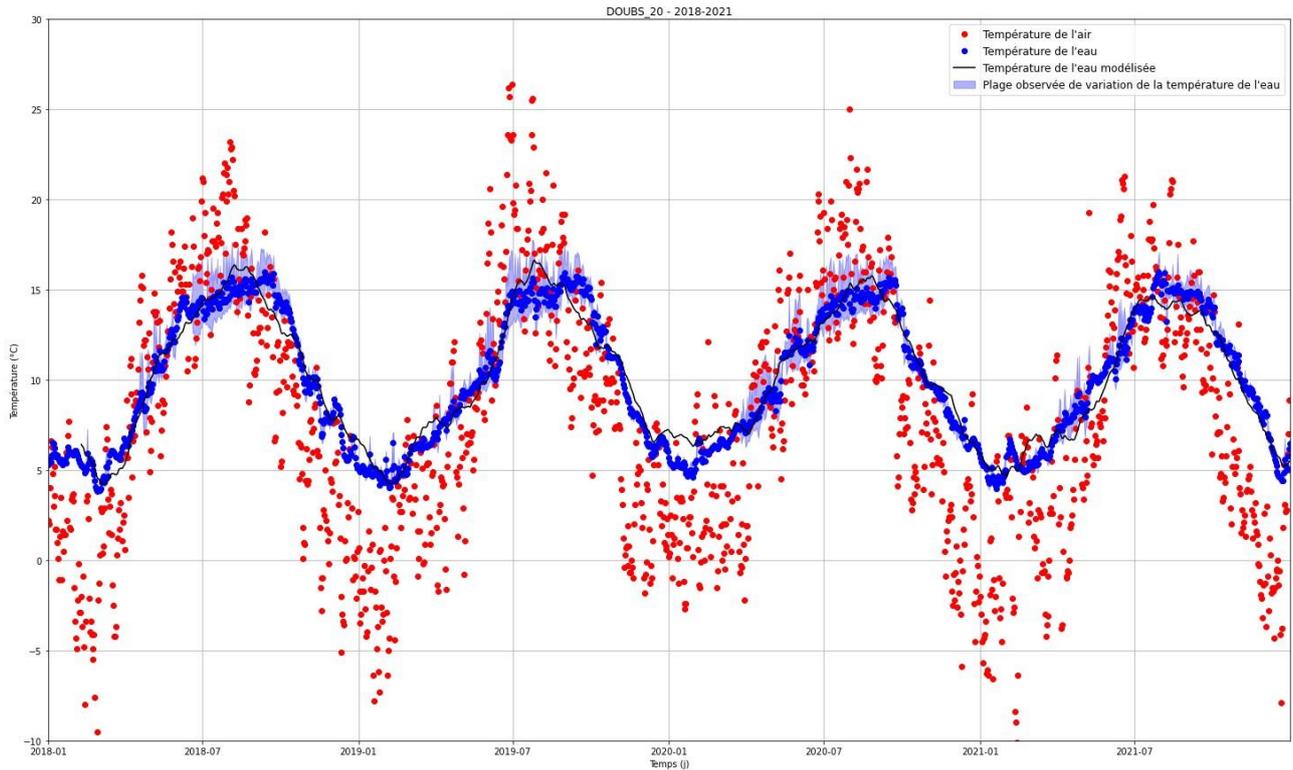


Figure 109 : Modèle thermique de l'eau sur le Doubs à Grand'Combe-des-Bois

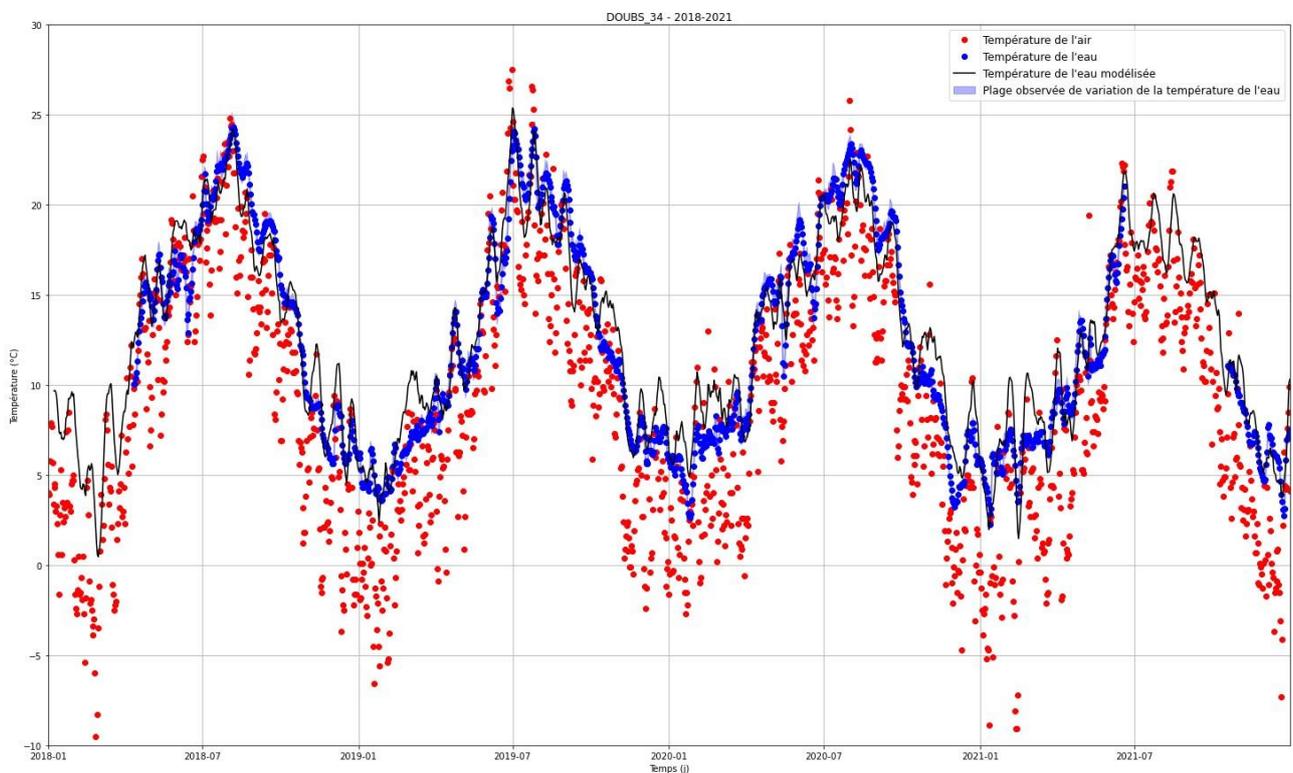


Figure 110 : Modèle thermique de l'eau sur le Doubs à Soultz-Cernay

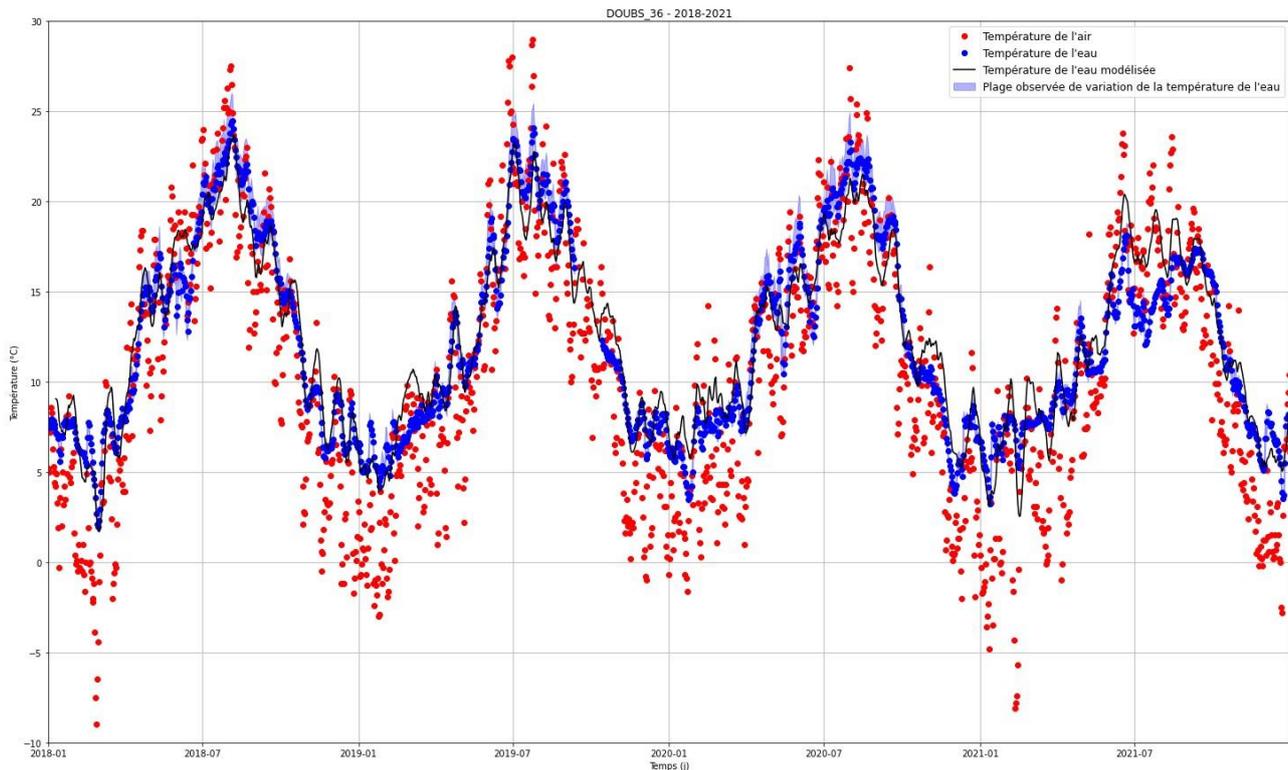


Figure 111 : Modèle thermique de l'eau sur le Doubs à Villars-sous-Dampjoux

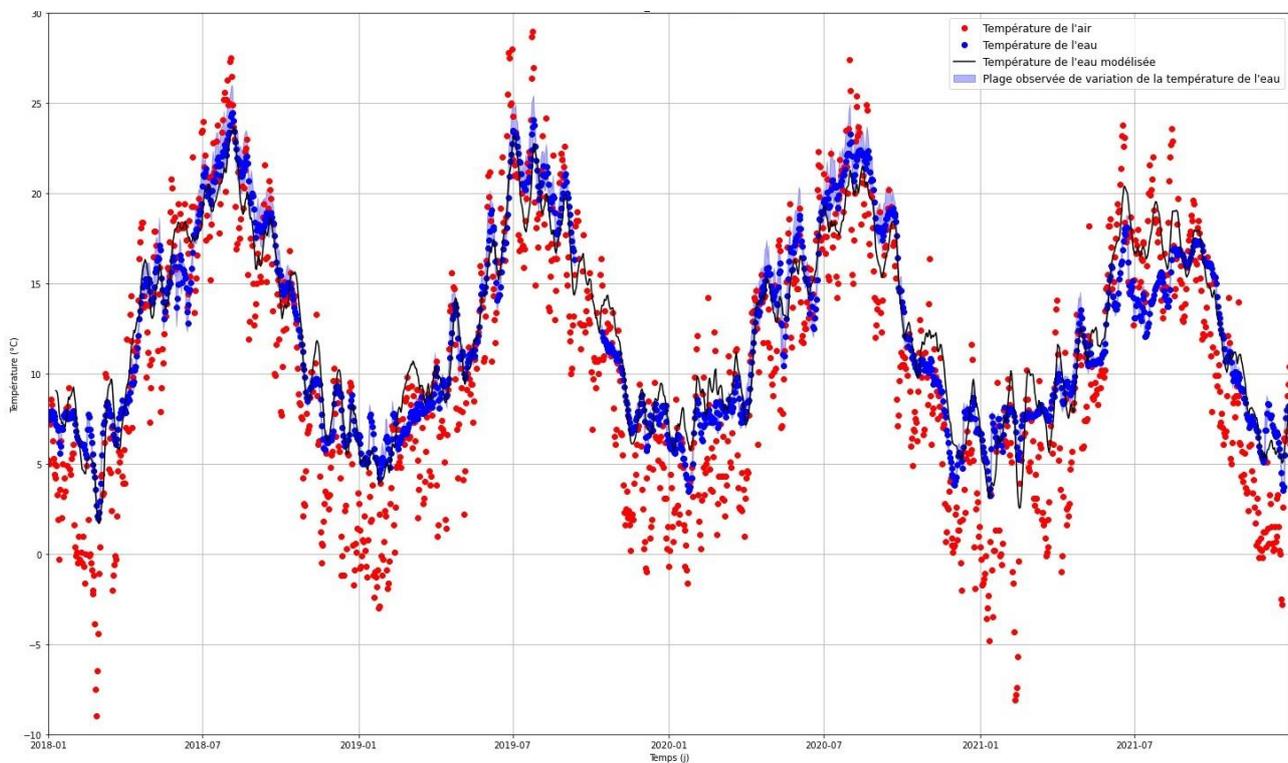


Figure 112 : Modèle thermique de l'eau sur le Gland à Seloncourt

Les températures des cours d'eau ont été ensuite simulées en prenant en compte les résultats de la simulation climatique. Les températures simulées selon les deux modèles climatiques (ALADIN et IPSL) sur la période 2010-2100 sont présentées dans les figures suivantes.

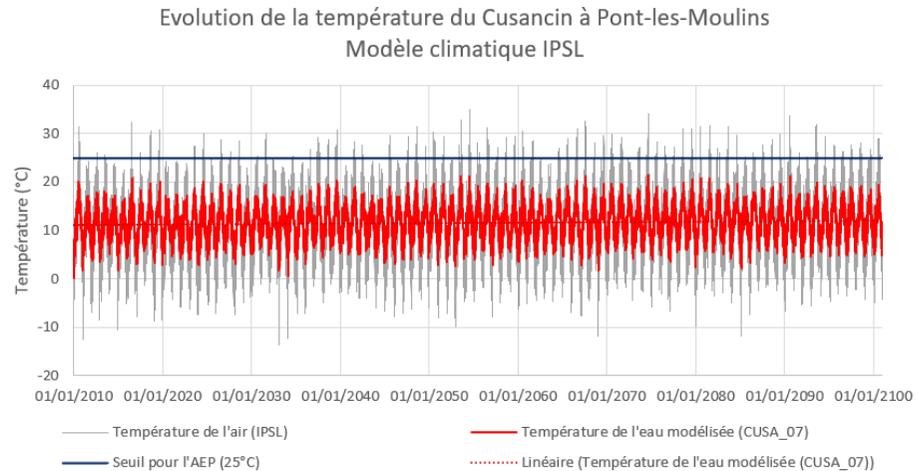
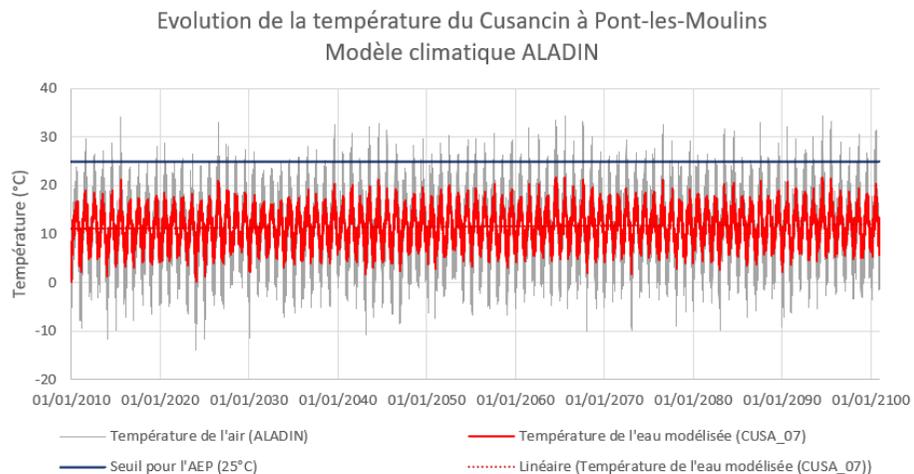


Figure 113 : Evolution de la température du Cusancin à Pont-les-Moulins (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite)

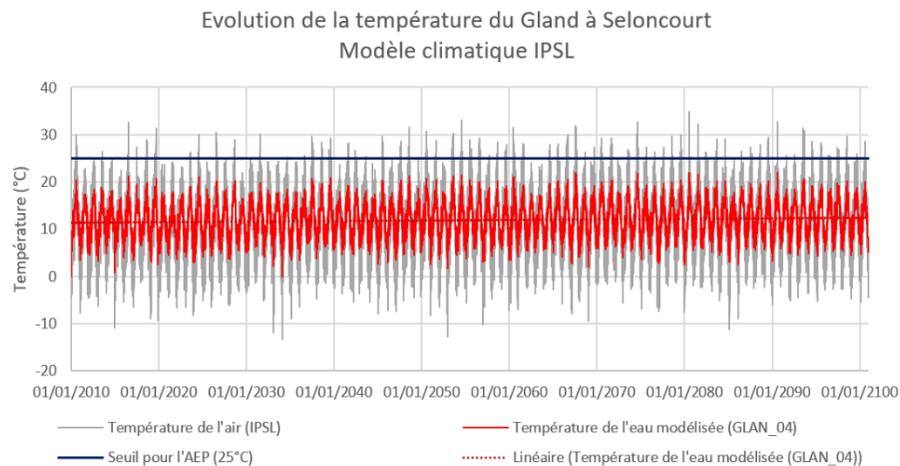
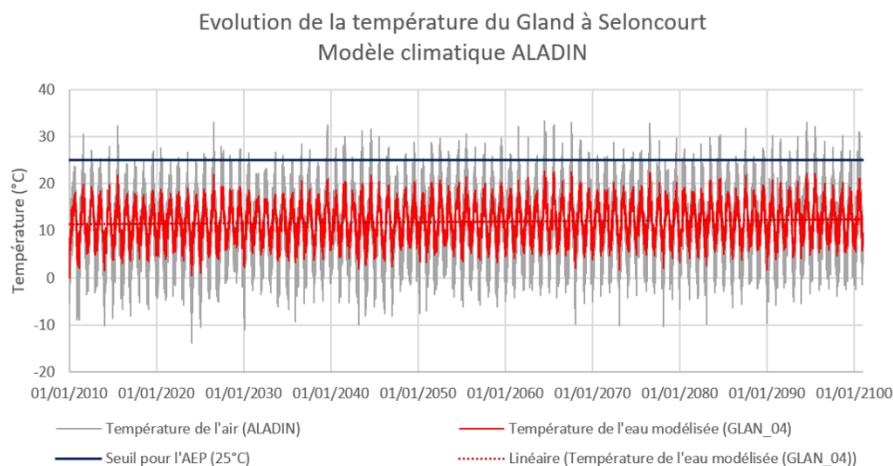


Figure 114 : Evolution de la température du Gland à Seloncourt (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite)

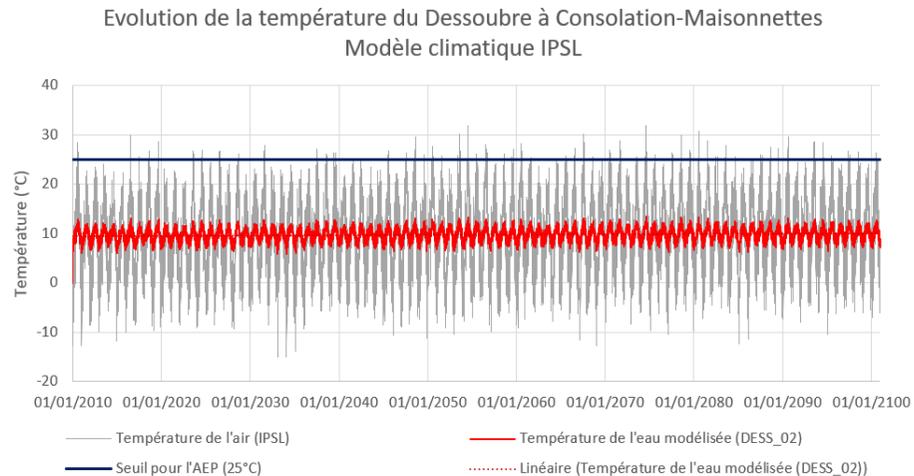
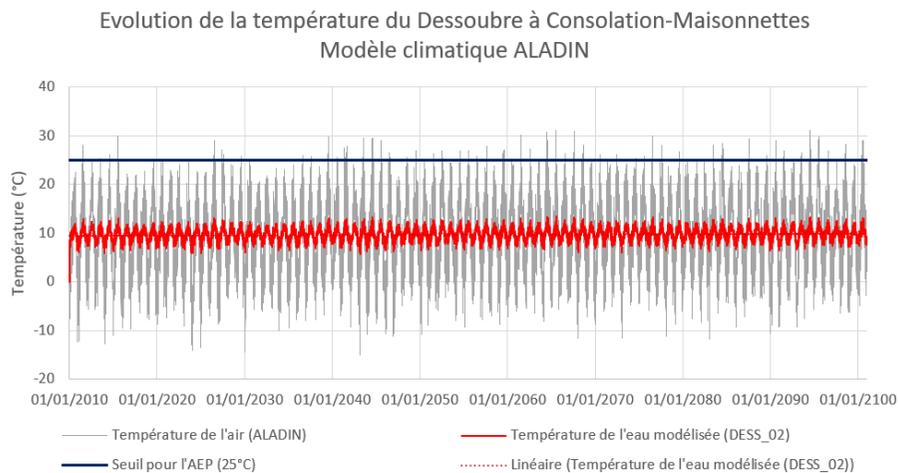


Figure 115 : Evolution de la température du Dessoubre à Consolation-Maisonnettes (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite)

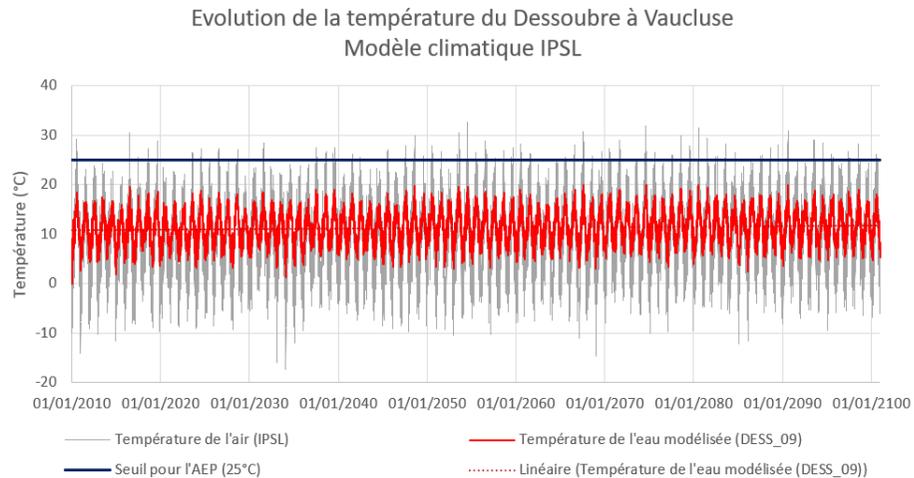
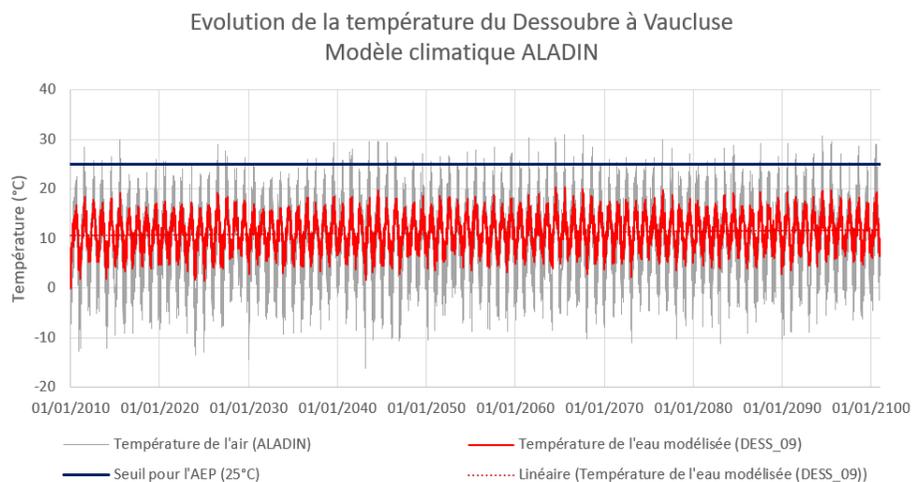


Figure 116 : Evolution de la température du Dessoubre à Vaucluse (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite)

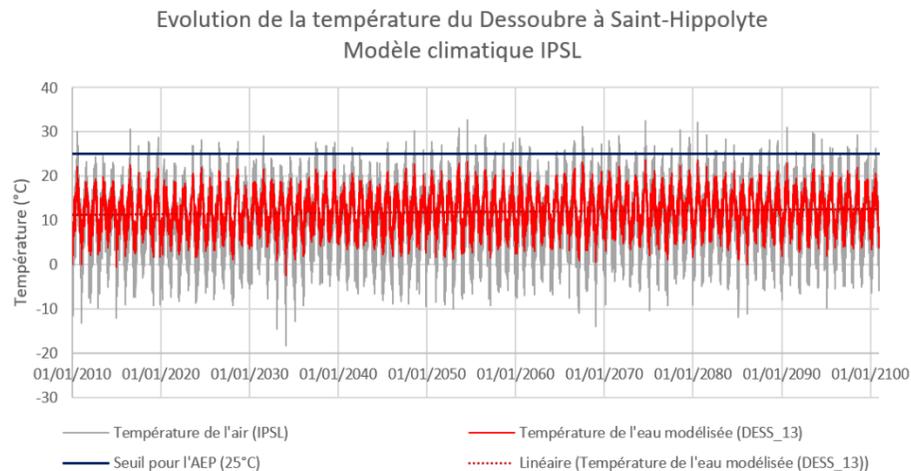
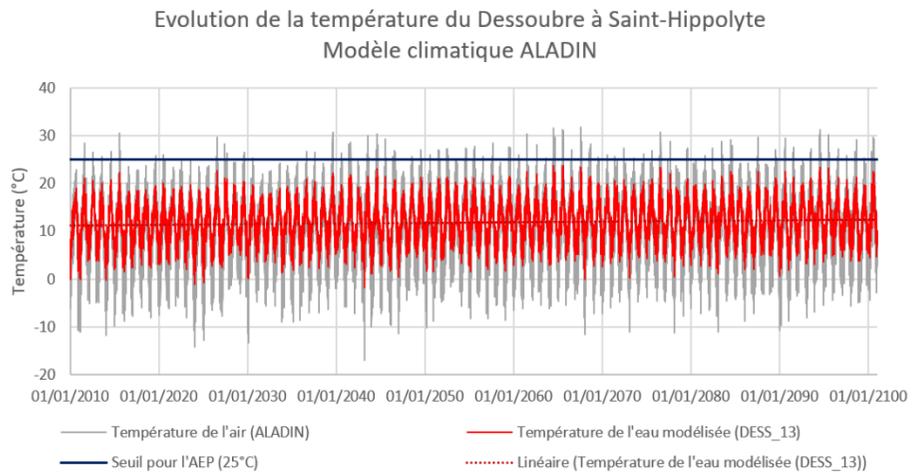
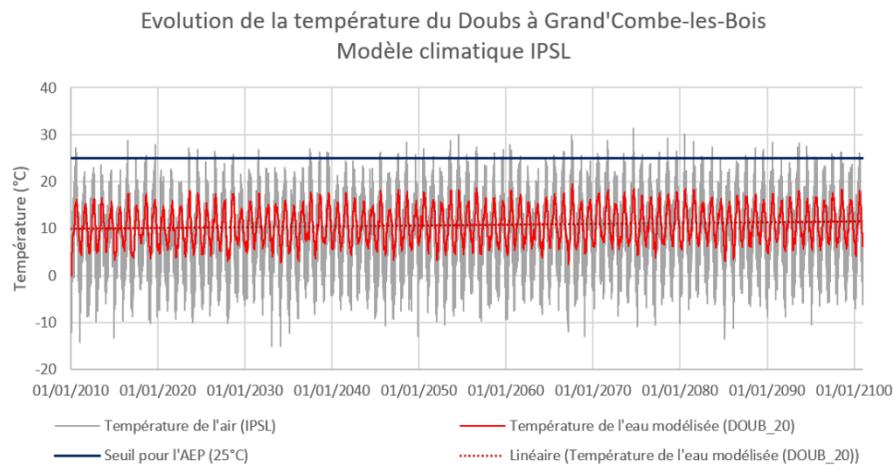
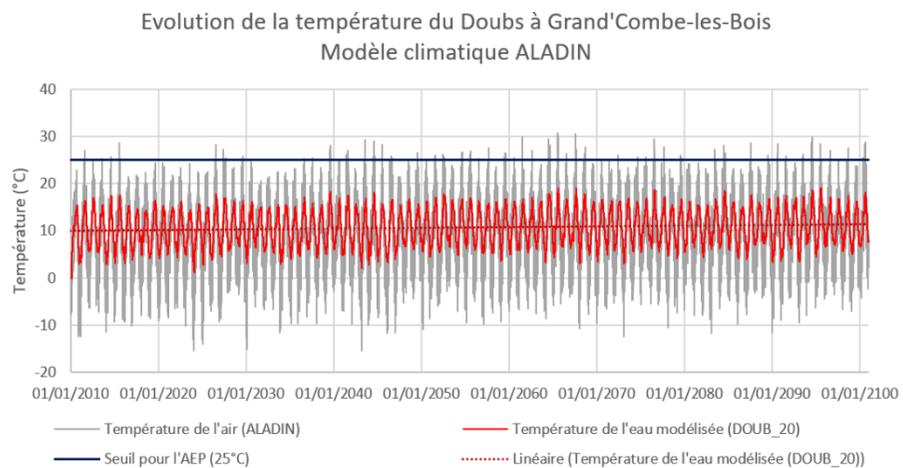


Figure 117 : Evolution de la température du Dessoubre à Saint-Hippolyte (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite)



S

Figure 118 : Evolution de la température du Doubs à Grand'Combe-les-Bois (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite)

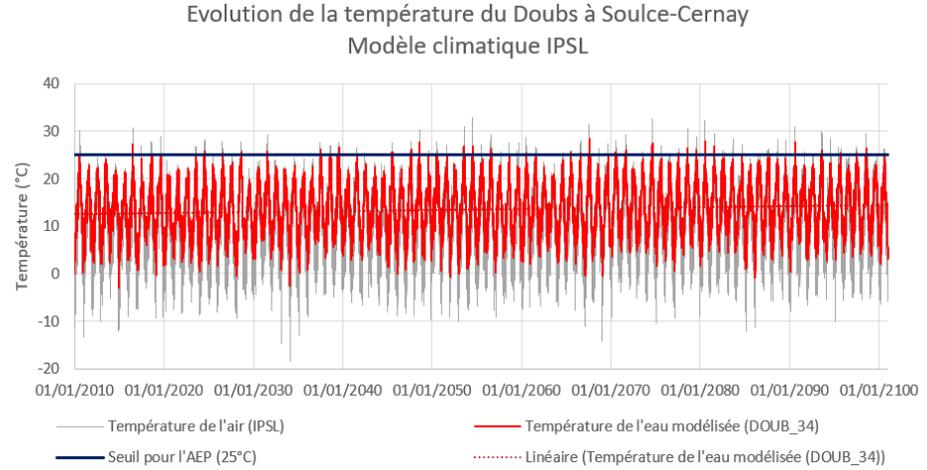
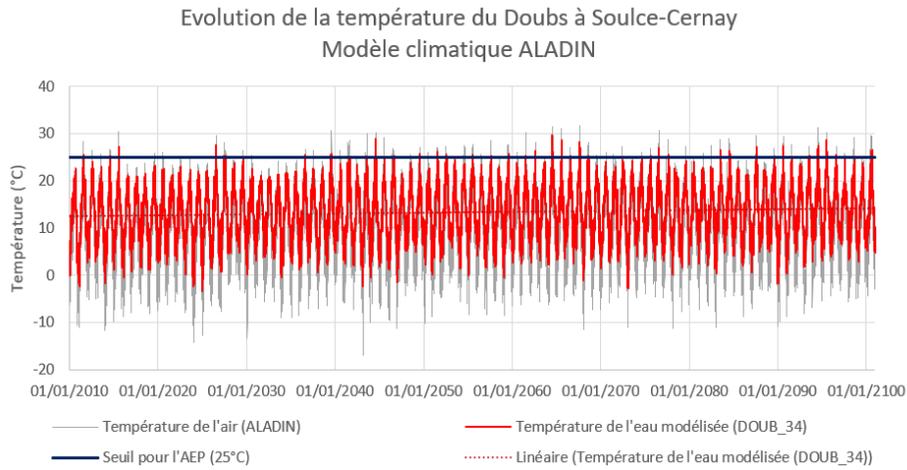


Figure 119 : Evolution de la température du Doubs à Soulce-Cernay (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite)

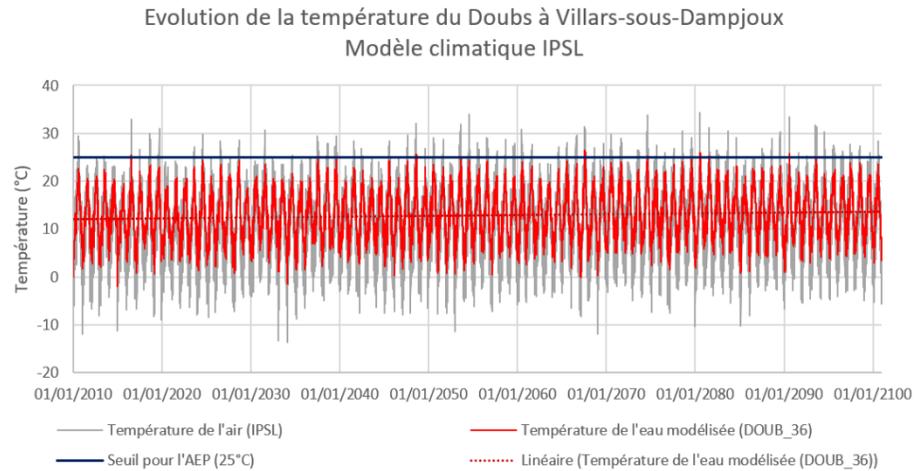
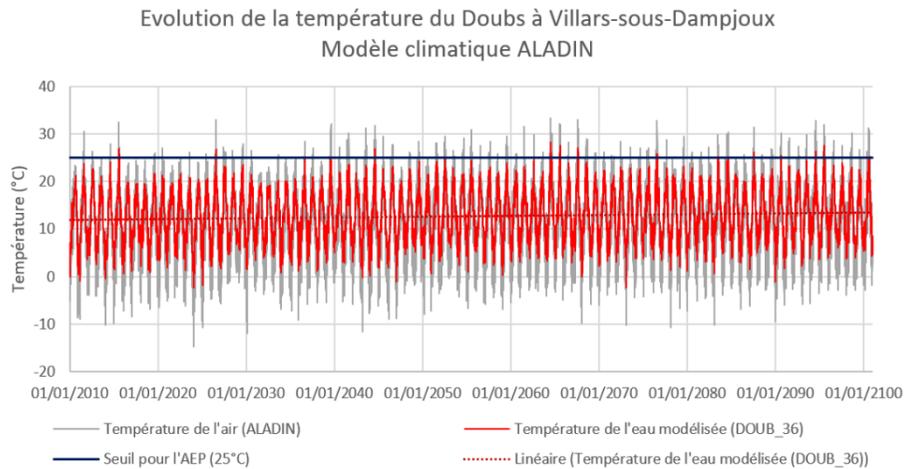


Figure 120 : Evolution de la température du Doubs à Villars-sous-Dampjoux (2010-2100), d'après les modèles climatiques ALADIN (à gauche) et IPSL (à droite)

### 9.1.2. Impact du changement climatique sur la thermie de l'eau vis-à-vis de l'alimentation en eau potable

L'alimentation en eau potable du territoire se fait en partie par des prises d'eau dans les cours d'eau, notamment par la prise d'eau de Mathay.

Les acteurs rencontrés lors des ateliers d'octobre 2024 sont inquiets vis-à-vis du risque qualité de la ressource. En effet, selon eux la problématique première de ce type d'ouvrage correspond à la qualité de l'eau, liée à la thermie, notamment avec des problématiques sur les cyanobactéries.

Par ailleurs, la distribution d'eau de surface pour l'alimentation en eau potable est réglementée vis-à-vis de la thermie de l'eau. En effet, si la température de l'eau est supérieure à 25°C, des déclarations supplémentaires sont nécessaires pour la distribution. Lors du COTECH de septembre 2024, il a été précisé que la température de l'eau n'a dépassé les 25°C qu'en 2003 sur le captage de Mathay.

D'après les simulations thermiques réalisées, seules les stations situées sur le Doubs (à Soulce-Cernay et Villars-sous-Dampjoux) présentent des températures supérieures à 25°C.

Les graphiques suivants présentent le nombre de jours où la température journalière est supérieure à 25°C sur une année pour les deux stations modélisées du Doubs, entre 2010 et 2070.

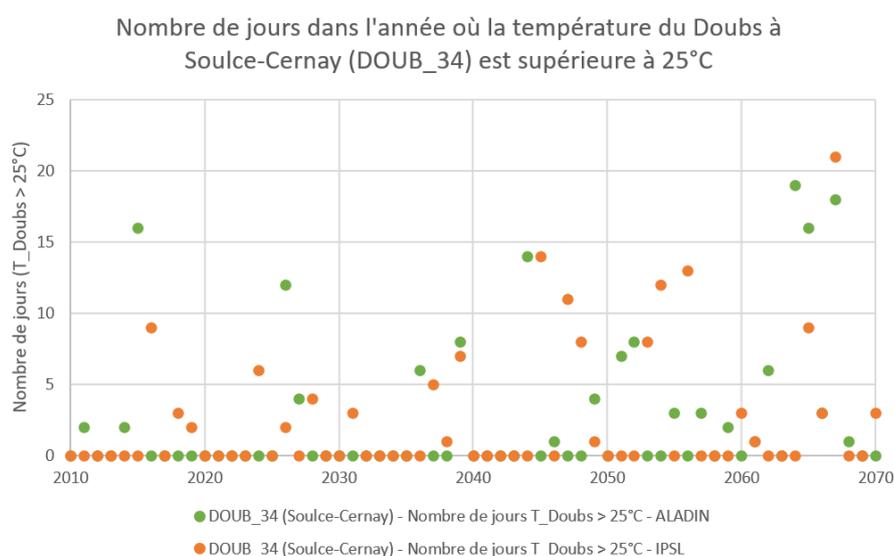


Figure 121 : Nombre de jours dans l'année où la température du Doubs à la station de Soulce-Cernay dépasse les 25°C

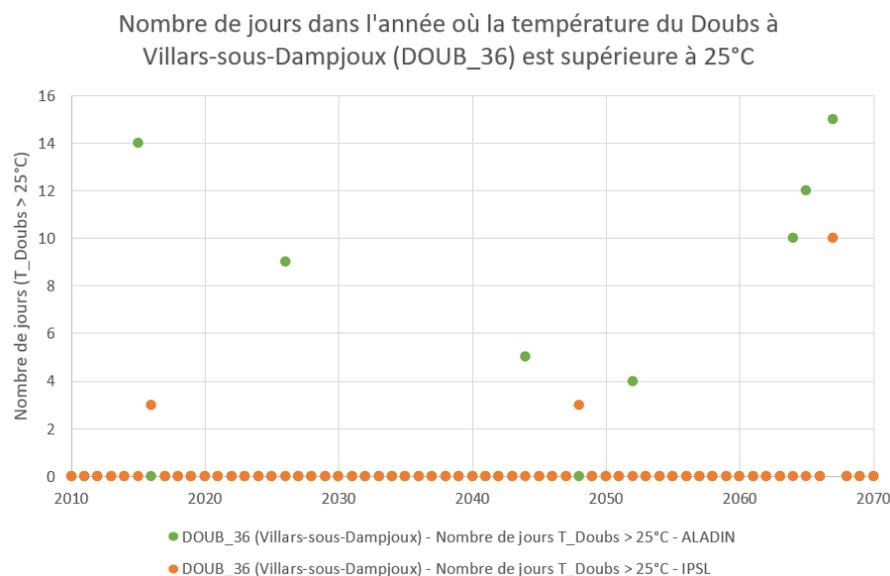


Figure 122 : Nombre de jours dans l'année où la température du Doubs à la station de Villars-sous-Dampjoux dépasse les 25°C

Ces graphiques mettent en évidence que le seuil des 25°C pour la distribution en eau potable sera dépassé fréquemment au droit de la station de Soultz-Cernay, et ces périodes de dépassement pourraient être de plus en plus longues. Au droit de la station de Villars-sous-Dampjoux, des dépassements sont également observés, mais moins fréquemment que pour la station de Soultz-Cernay et sur des périodes moins longues.

Pour rappel, la prise d'eau de Mathay est située à 13 km en aval de la station de Villars-sous-Dampjoux.

### 9.1.3. Qualité de l'eau

Un des principaux impacts du changement climatique sur la qualité de l'eau sera lié à la diminution des débits d'étiage et donc à la plus faible dilution des flux de polluants : notamment des eaux rejetées par les stations d'épuration (STEP domestiques, fromageries, etc.). Cet effet sera plus important sur les bassins versants où les baisses de débits d'étiage sont les plus importantes et où des rejets de station d'épuration sont importants (bassins versants du Dessoubre, du Cusancin et du Gland).

Par ailleurs, le BRGM a constaté que l'intensité des sécheresses est un facteur clé pour expliquer l'intensité d'une mobilisation des nitrates ( $\text{NO}_3$ ) dans les eaux (BRGM NutriKarst, 2022, [9]). En effet, une baisse de rendement de la végétation induit par la sécheresse entraîne une augmentation des reliquats azotés disponibles au lessivage.

Dans ces conditions, une tendance à l'augmentation des pics de nitrates sera probablement observée, en lien avec l'augmentation des températures et la diminution des débits d'étiage.

## 9.2. BIOTOPE DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES ET HUMIDES

### 9.2.1. Ecosystèmes aquatiques

Les écosystèmes aquatiques et humides abritent de nombreuses espèces animales et végétales dont le rôle est primordial pour leur fonctionnement. Le biotope aquatique est régi par les variations saisonnières de température et de précipitation. Ainsi, les espèces sont continuellement amenées à s'adapter aux variations de température et de débit. Toutefois, des perturbations trop importantes ou trop régulières peuvent entraîner une altération telle que le milieu est en incapacité de retrouver un équilibre.

A l'heure actuelle, ces milieux sont d'ores et déjà fragilisés par les activités anthropiques. La pollution à travers les rejets et les intrants agricoles nocifs pour les espèces, participent à la pression exercée sur les rivières. Ajouter à cela, l'artificialisation des rivières qui altère profondément la fonctionnalité du milieu. La suppression de méandres conjugué au recalibrage et à l'endiguement réduit drastiquement la connectivité latérale. Les bénéfices des zones d'expansion des crues et annexes hydrauliques, essentielles pour le cycle de reproduction de nombreuses espèces et les échanges nutritifs, se voient alors totalement supprimés sur certaines rivières. La destruction de la végétation rivulaire contribue fortement à la dégradation des conditions de vie pour la faune aquatique et participe considérablement au réchauffement de l'eau.

Or, les écosystèmes aquatiques vont pleinement subir les conséquences du changement climatique dans les prochaines années. Sur la base des résultats des modélisations, les effets prévisibles sur les milieux aquatiques sont :

- Une modification du régime hydrologique des cours d'eau avec de longues périodes sans pluie pouvant conduire à une diminution des débits estivaux et à l'inverse des épisodes de pluie intenses pouvant provoquer des crues intenses ;
- Une modification de la thermie de l'eau à travers une élévation de la température moyenne et/ou des températures journalières.

Face à ce constat, il est nécessaire de s'interroger sur la capacité d'adaptation de nos rivières déjà dégradées. L'objet de ce paragraphe n'est pas d'apporter des réponses sur un sujet si complexe, mais d'alimenter la réflexion sur les tendances globales auxquelles nous pouvons nous attendre sur les rivières et les zones humides associées de la zone d'étude.

#### 9.2.1.1. Evolutions tendancielle des débits

Les moyennes des débits semblent relativement peu affectées par le changement climatique, avec des variations par rapport à la période de référence de moins de 20%.

En revanche, on constate que la période lointaine présente des baisses de débits d'étiage marquées. Néanmoins, la vulnérabilité dépend également du cours d'eau et du bassin versant. De plus, les résultats des deux modèles montrent des résultats différents qu'il convient donc de prendre avec précaution.

- Doubs : Diminution de 15 à 20 % des débits d'étiage à l'horizon lointain (modèles ALADIN et IPSL).
- Cusancin, Dessoubre, Gland :
  - Modèle ALADIN : Prévisions plus optimistes avec une hausse de 6 % pour le Cusancin et des baisses de moins de 10 % pour le Dessoubre et de moins de 15 % pour le Gland.
  - Modèle IPSL : Prévisions plus pessimistes avec une diminution de plus de 35 % pour ces bassins.

A noter que les simulations ne montrent pas d'évolution significative de la précocité des étiages.

En résumé, la tendance montre une vulnérabilité accrue des débits d'étiage à l'horizon lointain, avec des variations significatives selon les modèles climatiques et les bassins versants. Le modèle IPSL prévoit des scénarios plus sévères comparé au modèle ALADIN.

La baisse des niveaux d'eau provoque une réduction des habitats pour la faune et la flore. Les zones peu profondes sont des refuges pour de très nombreuses espèces d'invertébrés aquatiques et des alevins de plusieurs espèces de poissons. La pression de prédation est alors plus forte avec une chance de survie moindre pour les juvéniles qui peut influencer directement la communauté du peuplement piscicole mais également la pérennité de certaines espèces dans le cours d'eau. En cas d'assec, c'est l'ensemble du peuplement piscicole qui est mis en péril si les individus n'ont pas la possibilité de se diriger vers une zone refuge.

La baisse des débits d'étiage dans les rivières du Doubs médian peut avoir des impacts significatifs sur les populations piscicoles. Pour exemple la Truite Fario (*Salmo trutta fario*) nécessite des eaux fraîches et bien oxygénées. La baisse des débits ainsi que l'élévation des températures de l'air peuvent entraîner une augmentation de la température de l'eau et une diminution de l'oxygène dissous, rendant l'habitat moins favorable pour cette espèce. Le chabot (*Cottus gobio*) est une espèce benthique qui dépend des habitats de substrat grossier. La réduction des débits peut entraîner une sédimentation accrue, altérant les habitats de fond nécessaires pour cette espèce.

De très nombreuses études ont montré que des déplacements de distribution vers des latitudes ou altitudes plus élevées se sont produits au cours des dernières décennies en réponse à un réchauffement rapide du climat (Parmesan et Yohe 2003, Chen *et al.* 2011). Les résultats des études révèlent selon les espèces, leur localisation géographique, et selon les cas une augmentation ou une réduction d'aire d'habitats favorables. Toutefois, il semblerait que les espèces et leur localisation géographique, situées en amont (zone à truite, zone à barbeau) soient celles qui subiraient le plus souvent une contraction de leur aire d'habitat.

Il serait intéressant de quantifier la perte d'habitat que représente cette baisse des débits d'étiage pour les différents cours d'eau. La quantification de la perte d'habitat due à la baisse des débits d'étiage nécessite une combinaison de données hydrologiques, de modélisation hydraulique et d'analyse des habitats. En utilisant ces méthodes, il est possible d'estimer la perte d'habitat en termes de surface et de pourcentage, ce qui aide à comprendre l'impact potentiel sur les populations piscicoles et à planifier des mesures de conservation.

### 9.2.1.2. Focus sur l'effet de l'élévation de la température de l'eau sur les espèces aquatiques

Les deux modèles climatiques prévoient une augmentation linéaire des températures d'ici 2100, suggérant une tendance cohérente entre les deux modèles. Les deux modèles ont des taux de variation annuels moyens similaires mais légèrement différents.

La physiologie, les rythmes biologiques et la répartition des poissons dépendent de facteurs environnementaux dont la température est un paramètre majeur et conditionne la teneur en oxygène dissous dans l'eau. Or, certaines espèces sont strictement dépendantes de la température de l'eau telles que la truite (*Salmo trutta*) et l'ombre (*Thymallus thymallus*). Ces espèces ont besoin des eaux froides (10 à 15 °C) où l'oxygène est présent en concentration de l'ordre de 9 à 12 mg/l. En revanche, d'autres espèces sont capables de s'adapter à de faibles concentrations, de 5 à 9 mg/l, acceptent des eaux de 15 à 30 °C et plus en période de canicule.

Le changement climatique est amené à modifier les facteurs environnementaux des cours d'eau dont dépendent la faune et la flore aquatique. Bien que des tendances se profilent pour certaines espèces et certains cours d'eau, le signal n'est ni régulier, ni global puisque les modifications varient selon les secteurs géographiques et les besoins des espèces. Sans compter sur les pressions anthropiques qui viennent parasiter l'analyse stricte des incidences du changement climatique et accentuer les modifications écologiques. Néanmoins, les conditions d'étiages en période estivale apparaissent comme très impactant pour les milieux. Les conditions extrêmes risquent de s'accroître et d'augmenter la pression sur les espèces qui vivent dans les milieux les plus sensibles. L'adaptation au changement climatique est brutale pour les espèces à spectre de température étroit et qui présentent peu de capacité d'acclimatation. Les effets sont d'autant plus importants que les différents facteurs agissent en synergie. Par exemple, la diminution du débit agit

Rapport de phase 1

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES EFFETS SUR LES RESSOURCES EN EAU A L'ECHELLE DE L'EPAGE DOUBS DESSOUBRE ET DE L'INTEGRALITE DU SOUS-BASSIN VERSANT DU DOUBS MEDIAN EN VUE D'UNE STRATEGIE D'ADAPTATION

doublement sur l'oxygénation de l'eau en diminuant le brassage de l'eau (écoulement lenticques) et favorisant l'élévation de la température. A l'inverse, la diminution de l'oxygène dissous entraîne un facteur de stress chez les poissons qui accroît leurs besoins physiologiques. Ces individus sont alors plus vulnérables à la prédation et aux maladies. C'est pourquoi, les efforts menés pour limiter les conséquences du réchauffement climatiques et des pressions anthropiques doivent être multiples pour espérer qu'ils puissent agir en synergie et avoir un effet favorable.

Un indicateur<sup>14</sup> pouvant être utilisé pour juger de l'évolution sur le long terme d'une population de truite commune, est la moyenne des températures journalières sur les 30 jours les plus chauds (ou encore le maximum annuel de la moyenne mobile des températures sur 30 jours). Le tableau suivant donne les conditions de développement d'une population de truite commune en fonction de cet indicateur (d'autres éléments influencent le développement des truites, il s'agit ici uniquement de l'aspect thermique). A noter que localement les échauffements journaliers des cours d'eau (ensoleillement l'après-midi par exemple et refroidissement la nuit par apport d'eau fraîche) peuvent avoir des conséquences sur la vie piscicole qui n'est pas pris en compte dans cet indicateur.

Tableau 24 : Conditions de développement d'une population de truite commune en fonction de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds (Fédération Pêche Allier, 2021)

Température journalière des 30 jours les plus chauds	
> 19°C	Très défavorable
18,5 – 19°C	Défavorable
18 – 18,5°C	Faiblement favorable
17,5 – 18°C	Moyennement favorable
17 – 17,5°C	Assez favorable
16,5 – 17°C	Favorable
< 16,5°C	Très favorable

Les graphiques suivants présentent l'évolution prédictive de température sur les stations pour lesquelles un modèle thermique a été développé (avec visualisation en parallèle des conditions de développement d'une population de truite), pour les modèles climatiques ALADIN et IPSL.

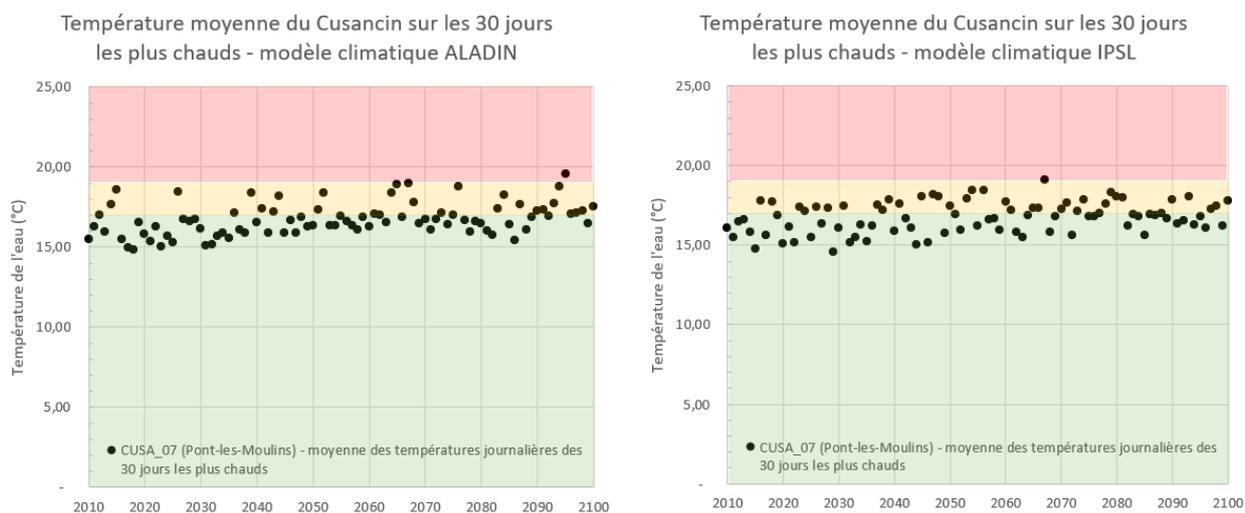


Figure 123 : Evolution de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds sur la station modélisée du Cusancin

<sup>14</sup> Utilisé par les fédérations de pêche de l'Allier et de la Saône et Loire (Fédération Saône et Loire, 2016)

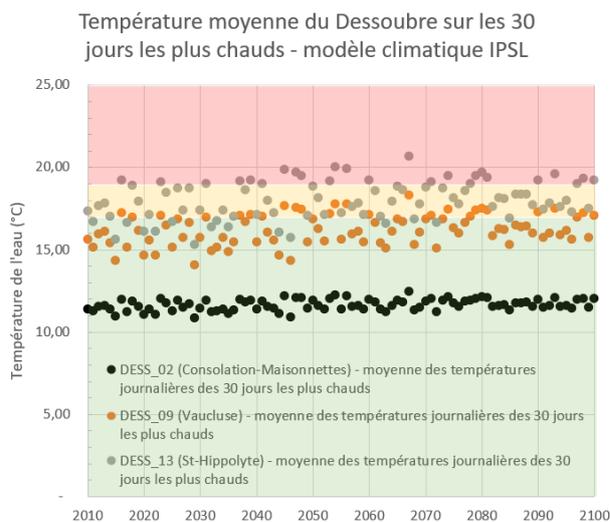
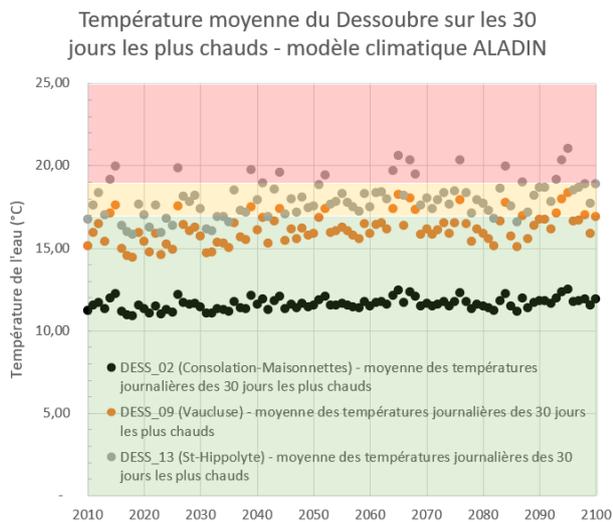


Figure 124 : Evolution de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds sur les stations modélisées du Dessoubre

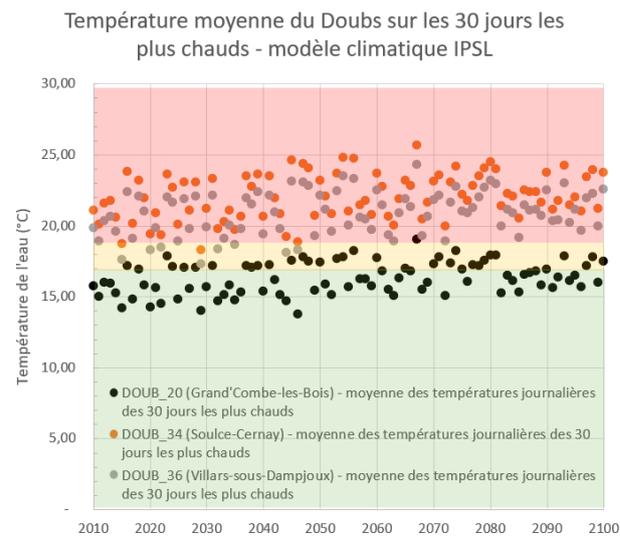
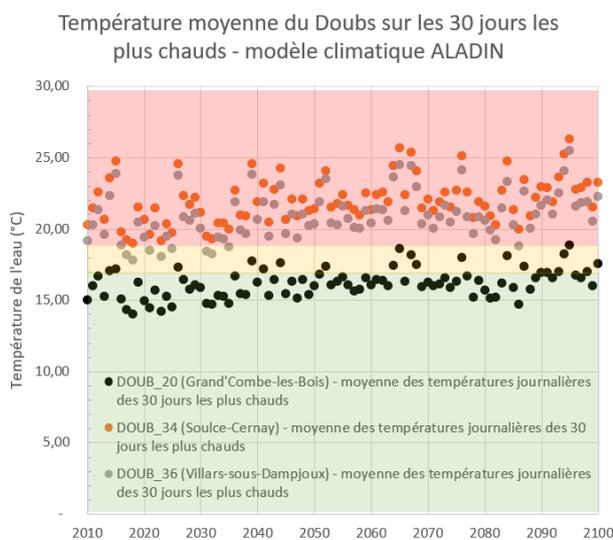


Figure 125 : Evolution de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds sur les stations modélisées du Doubs

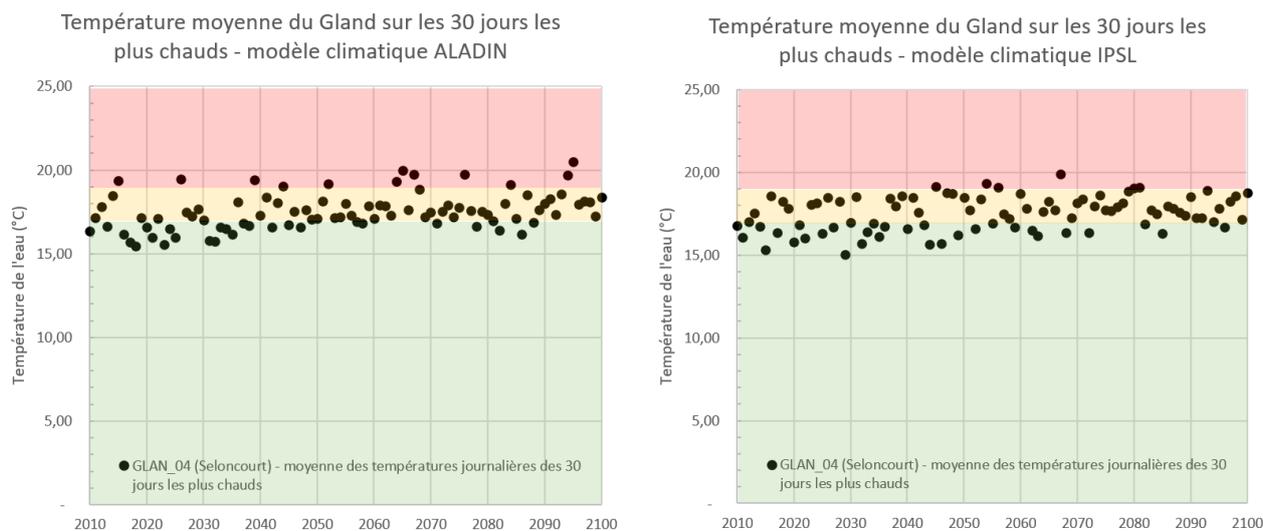


Figure 126 : Evolution de la température moyenne sur les 30 jours les plus chauds sur la station modélisée du Gland

A partir de ces graphiques, on observe que, de manière générale les cours d'eau seront moins favorables au développement des populations de truite avec le temps ; par conséquent, il en sera de même pour les autres espèces.

En particulier, sur le Doubs les stations de Soultz-Cernay et Villars-sous-Dampjoux seront constamment défavorables à partir de 2040 (d'après les deux modèles climatiques étudiés).

### 9.2.2. Espèces invasives

Le changement climatique a une influence sur la prolifération des espèces invasives courantes dans les milieux aquatiques.

Les températures plus élevées favorisent la croissance et la reproduction des espèces invasives, souvent plus tolérantes aux conditions extrêmes que les espèces locales. De plus, Les espèces invasives peuvent coloniser de nouvelles zones géographiques où les températures deviennent plus favorables.

Enfin, les espèces locales peuvent être stressées par les températures élevées, ce qui les rend plus vulnérables à la compétition avec les espèces invasives.

Un exemple d'espèce invasive dans les rivières du Doubs est l'écrevisse signal (*Pacifastacus leniusculus*). Originnaire d'Amérique du Nord, cette écrevisse a été introduite en Europe pour l'aquaculture.

Cette écrevisse est plus tolérante aux températures élevées que les espèces locales, ce qui lui permet de coloniser de nouvelles zones. Par ailleurs, la baisse des débits peut faciliter la dispersion de l'écrevisse signal en réduisant les barrières naturelles.

En revanche, elle est porteuse de la peste des écrevisses, une maladie qui a décimé les populations d'écrevisses indigènes en Europe, comme l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*). De plus, l'écrevisse signal concurrence les écrevisses locales pour la nourriture et les habitats, réduisant ainsi les populations indigènes.

Ces changements montrent que le réchauffement climatique et les modifications hydrologiques exacerbent les problèmes posés par les espèces invasives, rendant leur gestion encore plus complexe. Il est donc primordial de mettre des mesures d'adaptation pour protéger les écosystèmes aquatiques (restauration d'habitats, contrôle des invasives, amélioration de la connectivité des habitats, etc.).

### 9.2.3. Zones humides

Le réchauffement climatique et ses effets sur les débits d'étiage et la température de l'eau des rivières ont des conséquences profondes sur les zones humides du bassin du Doubs Médian. Ces changements hydrologiques et thermiques modifient les écosystèmes de manière significative tant en termes d'habitats et d'espèces.

La réduction des débits d'étiage entraîne une diminution des apports en eau dans les zones humides. Par exemple, les marais de Saône, alimentés par les affluents du Doubs, souffrent d'un assèchement progressif. Ce phénomène réduit la superficie des zones humides, limitant leur capacité à soutenir une biodiversité riche. De plus, la baisse des débits affecte la recharge des nappes phréatiques, essentielles pour maintenir le niveau d'eau dans ces zones.

La réduction des débits d'étiage entraîne un assèchement de ces prairies, réduisant les habitats disponibles pour certaines espèces patrimoniales telles que le Cuivré des marais. Les températures plus élevées affectent les plantes hôtes du Cuivré des marais, comme les différentes espèces de Rumex (oseilles). Si ces plantes souffrent de stress thermique, elles deviennent moins abondantes, ce qui limite les sites de ponte et les sources de nourriture pour les chenilles.

La fragmentation des habitats aquatiques est une conséquence directe de la réduction des débits et de l'augmentation des températures. Dans le bassin du Doubs, les zones humides fragmentées, comme les étangs de la Bresse jurassienne, deviennent moins résilientes face aux perturbations. Cette fragmentation limite la migration et la dispersion des espèces, réduisant ainsi leur capacité à s'adapter aux changements climatiques.

Ces exemples montrent clairement comment le réchauffement climatique et les modifications hydrologiques affectent les zones humides. La gestion intégrée des ressources en eau et des mesures d'adaptation sont essentielles pour protéger ces écosystèmes essentiels.

### 9.2.4. Agriculture et changement climatique

Plusieurs études régionales ont montré la vulnérabilité de l'agriculture au changement climatique, en particulier pour l'élevage bovin-lait majoritaire sur la zone étudiée.

Il est notamment montré que :

- L'humidité des sols tend à la diminution d'avril à novembre, et que cette diminution est surtout marquée en août et septembre (MétéoFrance, 2021, [23]) ;
- Le stress thermique augmente pour les bovins (ICARE, 2022, [20]) ;
- La croissance de l'herbe est affectée : précocité de la pousse, creux estival accentué, mais d'avantage de regain et une herbe disponible plus longtemps (Climalait, 2018, [10]).

A l'échelle de la zone d'étude, les indicateurs représentatifs, issus de DRIAS-Eau et DRIAS-Climat, sont proposés pour quantifier ces impacts à l'échelle locale, sur 3 secteurs géographiques distincts :

- La chaîne montagneuse à la frontière avec la Suisse, avec un point centré sur Fournet-Blancheroche ;
- Les hauts plateaux du Jura, avec un point centré sur Pierrefontaine-lès-Blamont ;
- La vallée entaillée du Cusancin, avec un point centré sur Cusance.

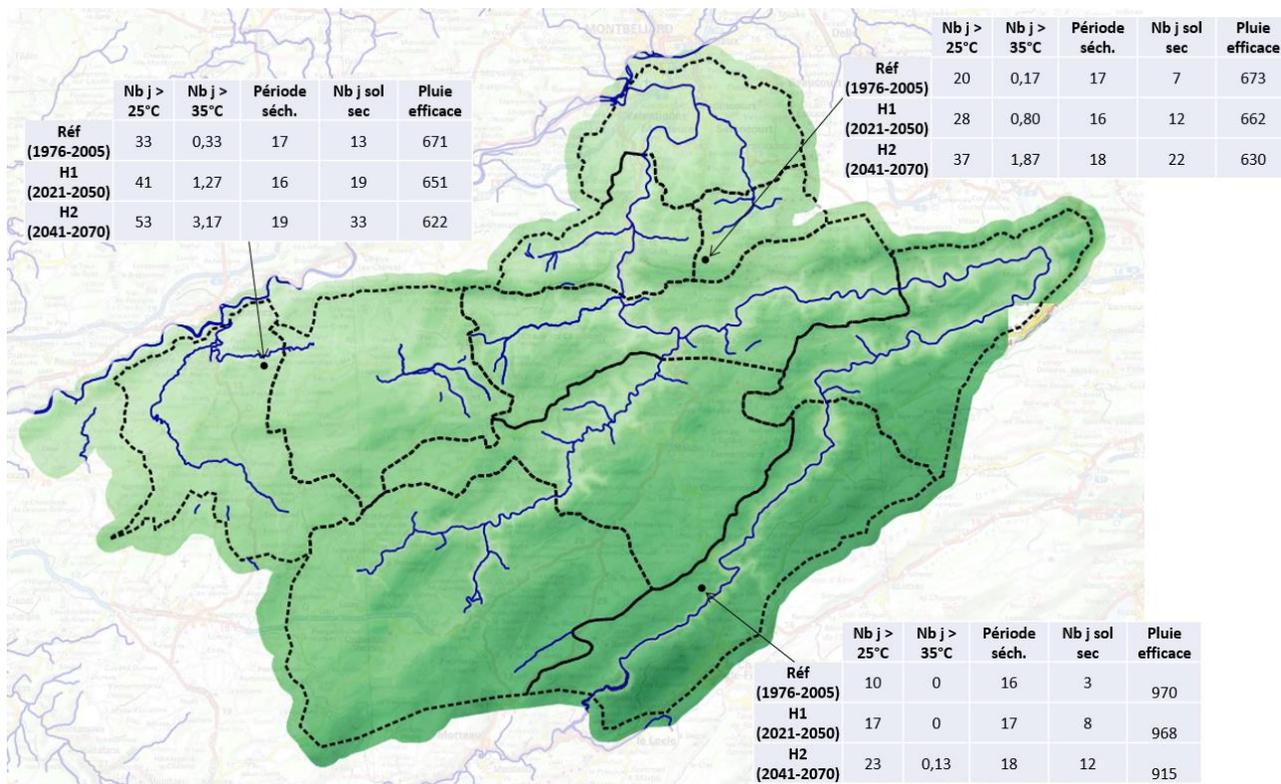


Figure 127 : Effets du changement climatique sur les indicateurs agricoles – scénario climatique RCP 4.5 / modèle climatique ALADIN

Les conclusions sont les suivantes :

1. Le nombre de jours où la température extérieure dépasse 25°C et 35°C, synonyme d'impact négatif sur la croissance de l'herbe et de stress thermique sur le bétail, est en forte augmentation.
2. Les périodes de sécheresse (sans pluie significative), qui affectent par exemple le remplissage des réserves d'eau de pluie sont en augmentation modérée (+5 à 15 % de temps en plus).
3. Le nombre de jours de sol sec, synonyme d'impact négatif sur la pousse de l'herbe (à relier au creux estival évoqué plus haut), va plus que doubler à l'horizon lointain (2070). Sur certains secteurs, il est estimé que le nombre de jours de sol sec sera 4 fois plus important à l'horizon 2070 par rapport à la période de référence.
4. La pluie efficace moyenne en revanche est globalement stable (ou en légère diminution).

### 9.3. ECOSYSTEMES FORESTIERS LOCAUX

Du fait de l'accentuation de la sécheresse estivale, il est attendu que les étages de végétation soient modifiés : des différences de plus de 500 m en altitude par rapport à l'actuel sont notamment prévues en Suisse (OFEV, 2022, [25])

Cet effet sur les étages de végétation aura pour conséquence une modification du mélange des essences d'arbres. Des études menées à l'échelle du Jura montre toutefois que les espèces présentes devraient pouvoir se maintenir à l'horizon 2050 (Ademe, 2015, [1]).

La modification des espèces présentes pourrait avoir une influence sur le cycle hydrologique : les conifères participant à l'interception des précipitations (en hiver significativement plus que les feuillus), la réduction de leur présence influencerait le cycle hydrologique, en augmentant le flux d'eau à l'exutoire des bassins versants (Duranel et al. 2016). Toutefois l'évolution des espèces présentes et l'influence que celles-ci ont sur le fonctionnement hydrologique reste difficile à quantifier.

Une étude de cas menée en Haute-Saône (Centre d'études et de prospective, 2013, [7]) a montré que le changement climatique aura des conséquences modérément négatives sur la forêt (hêtre, sapin et chêne) : dépérissement des sapins dû à la sécheresse (à horizon lointain), augmentation des maladies et des parasites, croissance du hêtre favorisée par l'augmentation de la période de végétation<sup>15</sup> mais impactée négativement par les sécheresses. L'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est cependant jugée sans effet sur la vitesse de croissance du hêtre.

Le risque d'incendie de forêt va augmenter significativement : les indicateurs DRIAS une augmentation importante (indicateur multiplié par 1,5 à l'horizon 2050-2070 par rapport à la période de référence) du nombre de jours où l'indicateur Indice Forêt Météo (IFM) dépasse 20 (seuil pour lequel le risque de déclenchement de feux est réel). Au global, le risque incendie demeure modéré par rapport à l'échelle nationale. De façon similaire, les tourbières qui sont soumises aux sécheresses, peuvent subir et subiront de façon plus marquée des deux de tourbière (e.g. Turetsky et al. 2015, [35]).

Les acteurs présents aux ateliers d'octobre 2024 estimaient que les surfaces de forêt resteront stables à l'avenir mais risquent de devenir moins variées et plus claire, ce qui augmenterait l'évapotranspiration et la sécheresse des milieux.

## 9.4. EVOLUTION DES RISQUES

Le changement climatique entraîne également des conséquences sur les risques naturels :

- Les épisodes de sécheresse en augmentation d'amplitude et de durée (Cf. § 9.2.4) ont un impact sur les phénomènes de retrait-gonflement des argiles. Si les zones concernées par ces phénomènes ne devraient pas varier, la fréquence d'apparition et l'ampleur des phénomènes pourraient être en augmentation.
- L'influence du changement climatique sur les autres mouvements de terrain (éboulement, glissement) est surtout liée à l'évolution de l'intensité des événements pluvieux. Les zones concernées par ces risques ne devraient pas évoluer car ce risque dépend avant tout de facteurs géomorphologiques. Cependant, compte-tenu des simulations climatiques qui montrent une augmentation de la fréquence des événements pluvieux extrêmes, la fréquence d'apparition de ces événements risque d'être plus élevée.
- Du fait de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements pluvieux extrêmes, les inondations pourraient être favorisées.

Bien que difficilement quantifiable, l'augmentation des risques naturels (fréquence et intensité des phénomènes) du fait du changement climatique est certaine, en lien direct avec la modification de la répartition intra-annuelle des précipitations et l'augmentation des épisodes de sécheresse.

---

<sup>15</sup> Période de l'année pendant laquelle une plante croît et se développe activement

## 10. IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES USAGES

### 10.1. IMPACT SUR L'USAGE EAU POTABLE

#### 10.1.1. Adéquation ressource-besoins usages prospectifs (hypothèse basse)

Pour évaluer l'impact du changement climatique sur l'adéquation ressource / besoin d'un point de vue de l'eau potable, il a été choisi de comparer les situations futures issues du modèle hydrologique avec la situation vécue en 2018 où de nombreuses problématiques d'alimentation en eau sont apparues.

Le débit de chaque station simulée est donc comparé dans un premier temps au débit d'étiage de 2018 pour calculer une fréquence d'apparition d'une sécheresse similaire à 2018, ou plus importante encore.

Il est à noter qu'une grande proportion des captages ayant posé des problèmes en 2018 sont des captages de sources karstiques. Il est fait l'hypothèse que ces captages réagissent de façon similaire aux étiages des rivières. C'est une hypothèse forte car les captages de sources karstiques peuvent avoir des comportements singuliers mais qui sont peu connus dans le détail. Les résultats doivent ainsi être pris en compte comme des indicateurs globaux qui permettent de mettre en évidence les secteurs les plus vulnérables au changement climatique.

Le tableau suivant présente le nombre d'années présentant une sécheresse similaire ou plus sévère que celle de 2018 sur les périodes 1975-2005, 2020-2050 et 2040-2070, d'après les scénarios climatiques ALADIN et ISPL. L'augmentation des besoins correspond ici à l'hypothèse basse des usages prospectifs.

N.B. : On notera que la période 1975-2005 est issue des modèles climatiques et ne correspond donc pas à des observations mais à la traduction des résultats de simulations climatiques. Les chiffres présentés pour cette période de temps peuvent présenter des 'aberrations' comme la présence d'un étiage plus fort que 2018 alors que ça n'a pas forcément été le cas. Cela illustre que les incertitudes liées à l'approche et les nécessaires imperfections des modèles climatiques (qui sont cependant valides pour indiquer les tendances). Pour interpréter les résultats, il convient donc de comparer les périodes entre elles et non de considérer chaque résultat comme des valeurs absolues.

Tableau 25 : Nombre d'apparition d'une sécheresse similaire ou plus sévère que 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le scénario Aladin, pour un usage prospectif hypothèse basse (VCN3)

	Le Cusancin à Cusance	Le Cusancin à Baume les Dames	Le Dessoubre à Rosureux	Le Dessoubre à St-Hippolyte	Le Doubs à Goumois	Le Doubs à Glère	Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Le Doubs à Mathay	Le Doubs à Voujeaucourt modifié	Le Gland à Meslières
1975-2005	2	0	4	4	0	0	0	0	2	0
2020-2050	2	0	8	5	1	1	1	1	3	1
2040-2070	1	0	5	4	0	1	0	0	5	0

Tableau 26 : Nombre d'apparition d'une sécheresse similaire ou plus sévère que 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le scénario IPSL, pour un usage prospectif hypothèse basse (VNC3)

	Le Cusancin à Cusance	Le Cusancin à Baume les Dames	Le Dessoubre à Rosureux	Le Dessoubre à St-Hippolyte	Le Doubs à Goumois	Le Doubs à Glère	Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Le Doubs à Mathay	Le Doubs à Voujeaucourt modifié	Le Gland à Meslières
1975-2005	2	0	6	4	0	1	0	0	3	0
2020-2050	4	0	9	8	1	2	2	2	8	1
2040-2070	6	0	12	10	1	4	3	4	9	3

Les bassins versants les plus vulnérables sont ceux du Dessoubre. Sur ces deux bassins versants, des sécheresses similaires ou plus fortes que 2018 se produiraient entre une année sur 6 et une année sur 3 en fonction du scénario climatique. Le bassin versant du Doubs à Voujeaucourt présente également une vulnérabilité importante face au changement climatique.

La fréquence d'apparition augmente sur presque tous les sous-bassins versants. Seul le sous-bassin versant du Cusancin à Baume-les-Dames semble présenter une vulnérabilité limitée face au changement climatique.

Le débit mensuel de la sécheresse la plus importante sur les périodes futures a également été comparé au débit mensuel le plus faible de 2018.

Tableau 27 : Sévérité de la plus forte sécheresse par rapport à celle de 2018 pour les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique ALADIN, pour un usage prospectif avec hypothèse basse (50% correspond à un débit 2 fois plus faible qu'en 2018)

	Le Cusancin Cusance	Le Cusancin à Baume les Dames	Le Dessoubre à Rosureux	Le Dessoubre à St-Hippolyte	Le Doubs à Goumois	Le Doubs à Glère	Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Le Doubs à Mathay	Le Doubs à Voujeaucourt modifié	Le Gland à Meslières
1975-2005	138 %	145 %	55 %	59 %	144 %	120 %	115 %	102 %	75 %	154 %
2020-2050	112 %	124 %	113 %	115 %	87 %	80 %	96 %	90 %	65 %	128 %
2040-2070	188 %	230 %	121 %	129 %	112 %	101 %	137 %	126 %	93 %	203 %

Tableau 28 : Sévérité de la plus forte sécheresse par rapport à celle de 2018 pour les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique IPSL, pour un usage prospectif avec hypothèse basse (50% correspond à un débit 2 fois plus faible qu'en 2018)

	Le Cusancin à Cusance	Le Cusancin à Baume les Dames	Le Dessoubre à Rosureux	Le Dessoubre à St-Hippolyte	Le Doubs à Goumois	Le Doubs à Glère	Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Le Doubs à Mathay	Le Doubs à Voujeaucourt modifié	Le Gland à Meslières
1975-2005	113 %	120 %	74 %	77 %	112 %	105 %	120 %	106 %	77 %	128 %
2020-2050	106 %	111 %	70 %	75 %	104 %	86 %	93 %	84 %	61 %	109 %
2040-2070	72 %	71 %	62 %	72 %	100 %	86 %	89 %	79 %	56 %	62 %

Le bassin du Doubs à Voujeaucourt présente des débits mensuels minimaux sur les périodes futures 1,5 à 2 fois inférieurs par rapport à la situation de 2018.

La sévérité des étiages est jugée ici par rapport à la situation de 2018, pour laquelle tous les sous-bassins versants et tous les captages ne présentaient pas les mêmes difficultés. Il faut donc croiser la vulnérabilité actuelle de chaque ressource avec cet indicateur pour évaluer la vulnérabilité future.

On remarque qu'avec le modèle IPSL, les sécheresses ont tendance à être plus fréquentes et les débits d'étiage plus faibles. En effet, avec le modèle ALADIN, les bassins versants ne semblent pas sujets à une importante baisse des débits d'étiage, contrairement à la simulation avec le modèle IPSL qui enregistre des débits d'étiage représentant seulement 56 % du débit d'étiage de 2018 sur le bassin versant du Doubs à Voujeaucourt.

### 10.1.2. Adéquation ressource-besoins usages prospectifs (hypothèse haute)

L'exercice a également été réalisé pour un usage prospectif avec une hypothèse haute, à savoir une consommation unitaire à la hausse (+10% pour l'abreuvement du bétail et pour la consommation domestique).

Tableau 29 : Nombre d'apparitions d'une sécheresse similaire ou plus sévère que 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique ALADIN, pour un usage prospectif hypothèse haute

	Le Cusancin à Cusance	Le Cusancin à Baume les Dames	Le Dessoubre à Rosureux	Le Dessoubre à St-Hippolyte	Le Doubs à Goumois	Le Doubs à Glère	Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Le Doubs à Mathay	Le Doubs à Voujeaucourt modifié	Le Gland à Meslières
1975-2005	2	0	4	4	0	0	0	0	2	0
2020-2050	2	0	7	4	1	1	1	1	3	1
2040-2070	1	0	5	4	0	1	0	0	5	0

Tableau 30 : Nombre d'apparitions d'une sécheresse similaire ou plus sévère que 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique IPSL, pour un usage prospectif hypothèse haute

	Le Cusancin à Cusance	Le Cusancin à Baume les Dames	Le Dessoubre à Rosureux	Le Dessoubre à St-Hippolyte	Le Doubs à Gourmois	Le Doubs à Glère	Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Le Doubs à Mathay	Le Doubs à Voujeaucourt modifié	Le Gland à Meslières
1975-2005	2	0	6	4	0	1	0	0	3	0
2020-2050	4	0	9	8	1	2	2	2	8	1
2040-2070	6	0	12	10	1	4	3	4	9	3

L'hypothèse d'une consommation unitaire à la hausse ne change pas la fréquence d'apparition d'une sécheresse sévère par rapport à l'hypothèse d'une consommation basse.

Tableau 31 : Sévérité de la plus forte sécheresse par rapport à celle de 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique ALADIN, pour un usage prospectif hypothèse haute (50% correspond à un débit 2 fois plus faible que 2018)

	Le Cusancin Cusance	Le Cusancin à Baume les Dames	Le Dessoubre à Rosureux	Le Dessoubre à St-Hippolyte	Le Doubs à Gourmois	Le Doubs à Glère	Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Le Doubs à Mathay	Le Doubs à Voujeaucourt modifié	Le Gland à Meslières
1975-2005	138 %	145 %	55 %	59 %	144 %	120 %	115 %	102 %	75 %	154 %
2020-2050	112 %	123 %	113 %	116 %	87 %	80 %	96 %	90 %	65 %	127 %
2040-2070	188 %	230 %	121 %	130 %	112 %	101 %	137 %	126 %	93 %	202 %

Tableau 32 : Sévérité de la plus forte sécheresse par rapport à celle de 2018 sur les périodes 2020-2050 et 2040-2070 pour le modèle climatique IPSL, pour un usage prospectif hypothèse haute (50% correspond à un débit 2 fois plus faible que 2018)

	Le Cusancin Cusance	Le Cusancin à Baume les Dames	Le Dessoubre à Rosureux	Le Dessoubre à St-Hippolyte	Le Doubs à Gourmois	Le Doubs à Glère	Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux	Le Doubs à Mathay	Le Doubs à Voujeaucourt modifié	Le Gland à Meslières
1975-2005	113 %	120 %	74 %	77 %	112 %	105 %	120 %	106 %	77 %	128 %
2020-2050	106 %	111 %	70 %	75 %	104 %	86 %	93 %	84 %	61 %	109 %
2040-2070	72 %	71 %	62 %	72 %	100 %	86 %	89 %	79 %	56 %	62 %

#### Rapport de phase 1

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES EFFETS SUR LES RESSOURCES EN EAU A L'ECHELLE DE L'EPAGE DOUBS DESSOUBRE ET DE L'INTEGRALITE DU SOUS-BASSIN VERSANT DU DOUBS MEDIAN EN VUE D'UNE STRATEGIE D'ADAPTATION

La vulnérabilité de l’approvisionnement en eau potable est similaire avec l’hypothèse haute et l’hypothèse basse d’évolution des consommations. Les deux scénarios mettent en évidence que les bassins versants du Dessoubre et du Doubs à Voujeaucourt sont les plus impactés.

### 10.1.3. Conclusions

Compte-tenu des difficultés remontées lors de l’été de 2018, et par comparaison avec les situations hydrologiques futures, il apparaît que :

- Les bassins versant du Dessoubre sont fortement vulnérables. En effet, lors de l’été de 2018, certaines communes présentes sur ces bassins versants étaient en tension, voire en situation de crise. Par ailleurs, les simulations mettent en évidence une fréquence d’étéages sévères plus importante, et des débits d’étéage pouvant également diminuer (d’après le modèle climatique IPSL) ;
- Le Doubs à Voujeaucourt apparaît également fortement vulnérable. On note en effet que la plupart des communes de ce bassin versant étaient en tension en 2018. Par ailleurs, les simulations prévoient des étéages sévères (similaires à celui de 2018) plus fréquents et plus sévères.
- Le bassin versant du Cusancin à Cusance apparaît également très vulnérable compte tenu des difficultés rencontrées en 2018 (communes en situation de crise) et de la fréquence des étéages sévères attendus dans le futur qui tend à augmenter. La sévérité des étéages en revanche diffère en fonction du modèle climatique pris en compte.
- Au contraire, le bassin versant du Cusancin à Baume les Dames apparaît peu vulnérable : aucune commune n’a été en tension en 2018, il n’est pas attendu d’augmentation significative de la fréquence des étéages sévères dans le futur.
- Les bassins versants du Doubs (à l’exception de celui à Voujeaucourt) ainsi que le bassin versant du Gland à Meslières semblent présenter une vulnérabilité plus faible face au changement climatique. Certaines communes de ces bassins versants ont été tension en 2018. Cependant, l’augmentation de la fréquence des étéages sévères ainsi que la sévérité de ces étéages reste limitées.

Il convient de conserver une certaine prudence vis-à-vis de ces résultats qu’il faut considérer comme des ordres de grandeur au regard de incertitudes inhérentes à la démarche de modélisation (connaissance partielle du fonctionnement hydrologique, des prélèvements réalisés sur le territoire, imprécisions de calage, et particulièrement des incertitudes des projections climatiques, etc.).

## 10.2. IMPACTS SUR LES USAGES HORS PRELEVEMENTS

### 10.2.1. Impact sur les activités aquatiques

Pour rappel la pratique du canoë-kayak est développée sur la vallée du Doubs, mais limitée par les nombreux ouvrages présents qui ne sont pas équipés de passes à canoë. La pratique de ce sport peut être interrompue lorsque le débit est trop faible.

La pratique du canoë-kayak est réglementée par le débit journalier du Doubs à Goumois qui doit être supérieur à 4 m<sup>3</sup>/s. D'après les simulations :

- Pour le modèle ALADIN, sur environ 1 année sur 3 pour la période proche (2020-2050) et 1 année sur 2 pour la période lointaine (2040-2070), il sera nécessaire d'interrompre la pratique de canoë-kayak au moins une fois dans l'année.
- Pour le modèle IPSL, sur environ 1 année sur 2 pour la période proche (2020-2050) et 2 années sur 3 pour la période lointaine (2040-2070), il sera nécessaire d'interrompre la pratique de canoë-kayak au moins une fois dans l'année.

La pratique de rafting nécessite un débit journalier d'au moins 15 m<sup>3</sup>/s à la station de Goumois. Une fréquence plus importante des étiages pourrait donc affecter cette pratique.

### 10.2.2. Impact sur la baignade

L'augmentation des températures de l'eau et la possible dégradation de la qualité de l'eau par les nutriments pourraient entraîner des limitations de possibilité de baignade en favorisant le développement de cyanobactéries par exemple. Il n'est toutefois pas possible de le quantifier à l'heure actuelle.

## 11. CONCLUSIONS

L'état des lieux de la ressource en eau a permis de poser les hypothèses de l'étude et d'identifier les enjeux. Le contexte du secteur d'étude est caractérisé par la nature karstique du sous-sol qui rend le fonctionnement de l'hydrologie et de l'hydrogéologie locale remarquable notamment par sa dynamique particulière et la répartition inégale de la ressource en eau sur le territoire.

Il ressort de la description du territoire que les enjeux de ressource en eau sur le secteur d'étude sont principalement liés à l'alimentation en eau potable (utilisée pour les usages domestiques et pour l'abreuvement du bétail), et le fonctionnement des milieux aquatiques (zones humides et cours d'eau patrimoniaux). D'autres usages sont également importants comme la production d'hydroélectricité et les usages de loisirs.

L'analyse prospective du changement climatique, au travers notamment de modélisations, a permis de mettre en évidence un risque d'aggravement des situations d'étiage et d'un impact sur la qualité de l'eau au sens large (température et charge polluante). L'étude des effets du changement climatiques étant par nature entachée d'incertitude, il convient de considérer les résultats avec prudence comme l'illustre les différences d'intensité de l'impact selon le choix du modèle climatique considéré ; les conclusions générales de l'analyse restent toutefois assez claires sur l'impact significatif du changement climatique sur la ressource.

Cette analyse permettra d'éclairer la recherche de solutions d'adaptation au changement climatique, qui va faire l'objet de la deuxième phase de l'étude et qui conduira à la mise à jour de ce rapport.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ademe. 2015. Evaluer les conséquences du changement climatique sur les forêts et mobiliser les acteurs pour l'adaptation – Parc naturel régional du Haut-Jura
- [2] ARTELIA. 2024. Le changement climatique et ses effets sur les ressources en eau à l'échelle de l'EPAGE et du SAGE Haut-Doubs Haute-Loue en vue d'une stratégie d'adaptation – Etude prospective. Rapport final 8777608.
- [3] BENOIT S. 2023. Spatialisation des caractéristiques hydrogéologiques des systèmes karstiques du bassin de la Loue (25). Rapport de stage de fin d'étude de Master 2 Sciences de l'Eau.
- [4] BRGM. Notice explicative de la carte géologique au 1/50 000 de Maiche (n° 504).
- [5] Cabinet REILE Pascal. 2005. Etude des pertes du cours de la Reverotte – Prospections géophysiques par polarisation spontanée, jaugeages, interprétation du phénomène karstique, propositions d'aménagements – Phase A : Diagnostic / Propositions.
- [6] CD Eau Environnement. 2022. Qualité des eaux superficielles et des sources dans l'emprise de l'EPAGE Doubs Dessoubre – états actuels 2016-2021 et évaluation de l'incidence de l'Opération Collective Limitox
- [7] Centre d'études et de prospective. 2013. Agriculture Forêt Climat : vers des stratégies d'adaptation – Ministère de l'agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
- [8] Charlier J.-B. 2019. Rôle des interactions surface-souterrain sur les crues du Doubs. Rapport final. BRGM/RP-69534-FR.
- [9] Chalier J.-B., Tourenne D., Hévin G., Desprats J.-F. 2022. NUTRI-Karst – Réponses des agro-hydro-systèmes du massif du Jura face au changement climatique et aux activités anthropiques – Rapport final de la Tâche 1 V1. BRGM/RP-72229-FR.
- [10] Climalait. 2018. Pour l'adaptation des élevages laitiers au changement climatique – Résultats pour la zone des Seconds plateaux du Jura (Franche-Comté)
- [11] CPGF-Horizon. 2012. Etude des nappes alluviales dans la vallée du Doubs – Volume 01 – Phase 1 : Pré-identification des secteurs alluviaux majeurs. Etude 12-005/25.
- [12] Courret D. 2014. Caractérisation de la perturbation hydrologique induite par les régimes d'éclusées hydroélectriques et définition d'un indicateur réflexion sur les mesures de mitigation des impacts des éclusées sur les populations de poissons. Thèse INP Toulouse.
- [13] DREAL. 2021. Débits et changement climatique sur des chroniques longues en Bourgogne Franche-Comté (plus de cent ans).
- [14] EDF. 2006. Convention concernant le débit du Doubs à l'amont de la station de pompage de MATHAY
- [15] EDF. Les aménagements hydroélectriques de la vallée du Doubs – Unité de production Est – GEH Jura-Bourgogne. Plaquette.
- [16] EPAGE Doubs Dessoubre. 2022. Contrat de territoire Doubs Dessoubre 2022-2024
- [17] EPTB Saône et Doubs. 2023. Contrat de rivière Vallée du Doubs et territoires associés – Rapport d'état des lieux – diagnostic actualisés 2023.

- [18] EPTB Saône et Doubs. 2022. Les débits d'étiage des rivières du massif du Jura : éléments de caractérisation et évolutions temporelles.
- [19] EPTB Saône et Doubs. 2023. Les étiages des rivières du massif du Jura : analyses statistiques et processus associés.
- [20] ICARE. 2022. Prospective « Eau – Agriculture – Changement climatique » en Bourgogne-Franche-Comté.
- [21] IdéesEaux, BE Caille, MFR, CPIE. 2013. Identification des ressources karstiques majeurs pour l'alimentation en eau potable en vue de leur protection sur une partie du massif du jura. AERMC.
- [22] LE BARBU, PHILIPPE, CADET. 2019. Sécheresse 2018 dans le Haut-Doubs : du jamais vu depuis 1906.
- [23] MétéoFrance. 2021. Agriculture et ressource en eau en Bourgogne-Franche-Comté
- [24] Murgue P. L'abreuvement optimisé pour ne plus se retrouver « ASSECC » - des propositions et plus d'accompagnement pour une meilleure utilisation des ressources naturelles et plus d'autonomie face au changement climatique et aux sécheresses consécutives – Projet ASSECC.
- [25] OFEV. 2022. Adaptation de la forêt aux changements climatiques. Confédération Suisse
- [26] Pays Horloger, Schéma de Cohérence Territoriale du Pays Horloger, Diagnostic, 2022.
- [27] PETR du Doubs Central, Schéma de Cohérence Territoriale du Doubs Central – Diagnostic – Version décembre 2019.
- [28] PMA, Schéma de Cohérence Territoriale du Pays de Montbéliard, projet approuvé par délibération du Conseil communautaire du 16 décembre 2021.
- [29] Richard S., Huger F., Courret D. 2019. Caractérisation des phénomènes d'éclusées sur le Doubs médian – analyse du régime hydrologique et mise en évidence du degré d'artificialisation. AFB.
- [30] SCIMABIO. 2024. Cartographie thermique par infra-rouge thermique aéroporté (IRTa) du Doubs moyen et amont, du Dessoubre et du Cusancin.
- [31] SOBERCO Environnement & Blezat Consulting. 2020. PETR du Doubs Central – Rapport de présentation – pièce n°1 : Diagnostic du territoire volet Economie-Commerces.
- [32] SOBERCO Environnement & URBICAND. 2020. SCoT du Doubs Central – Etat initial de l'environnement.
- [33] Teleos, SCIMABIO, Monitoring du Doubs Franco-Suisse – Rapport de synthèse 2017-2021. Version définitive du 30 mai 2023.
- [34] Thirel G., Tilmant F., Viatgé J., Riboust P., Piazzini G., Perrin C. 2020. Modélisation et prévision en montagne avec les modèles GR et CemaNeige. INRAE Antony, UR HYCAR.
- [35] Turetsky MR, Benscoter B, Page S, Rein G, Van Der Werf GR, Watts A. 2015. Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. Nature Geosci 8:11-14.

Base de données ADES : <https://ades.eaufrance.fr/>

Base de données AERMC : [https://www.eaurmc.fr/jcms/qbr\\_5002/fr/fr](https://www.eaurmc.fr/jcms/qbr_5002/fr/fr)

Base de données BNPE : <https://bnpe.eaufrance.fr/>

Base de données Hydroportail : <https://hydro.eaufrance.fr/>

Base de données Infoclimat : <https://www.infoclimat.fr/>

Base de données DRIAS les futurs de l'eau : [DRIAS, Les futurs de l'Eau - Accueil \(drias-eau.fr\)](https://drias-eau.fr/)

Base de données DRIAS les futurs du climat : [DRIAS, Les futurs du climat - Accueil \(drias-climat.fr\)](https://drias-climat.fr/)

Base de données Doubs Tourisme Pro : [FluxVision - VisitData | Doubs Tourisme Pro \(doubs-tourisme-pro.com\)](https://fluxvision.com/visitedata/doubs-tourisme-pro)

Base de données Pôle Milieux Humides Bourgogne-Franche-Comté : <https://www.cen-bourgogne.fr/les-programmes-regionaux/milieux-humides/pole-milieux-humides/>

# ANNEXES



## A - PRESENTATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES

## B - COMPTE-RENDUS DES ENTRETIENS ET DES ATELIERS -SEPIA CONSEIL



ANNEXE A

# PRESENTATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES

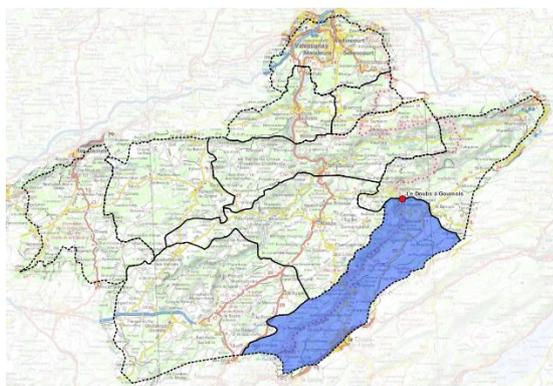
## Le Doubs à Goumois – U212 2010

La station hydrométrique du Doubs à Goumois – U212 2010 – est située en aval du village de Goumois au droit du hameau de La Verte Herbe

Elle présente des chroniques de niveau et de débit depuis 1956. Ces dernières ne présentent pas de lacunes de données. Les données sont donc disponibles sur une période de 67 ans (Cf. Figure 128).

Actuellement, la station est toujours active.

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 219 km<sup>2</sup>. Les barrages suisses du Refrain et de la Goule, ainsi que la centrale du barrage du Châtelot à Villers-le-Lac sont compris dans l'emprise de ce sous-bassin versant. Ces trois barrages fonctionnent par éclusées. Une étude menée en 2019 [29] a mis en évidence que le régime hydrologique du Doubs était influencé par le fonctionnement de la centrale du Châtelot, cependant, depuis 2013, des mesures expérimentales d'atténuation des éclusées mises en œuvre se traduisent au niveau des stations du Doubs une nette amélioration de leurs effets sur les conditions hydrologiques, reflétée par la réduction du nombre, des amplitudes et des gradients des éclusées.



U2122010 - Le Doubs à Goumois

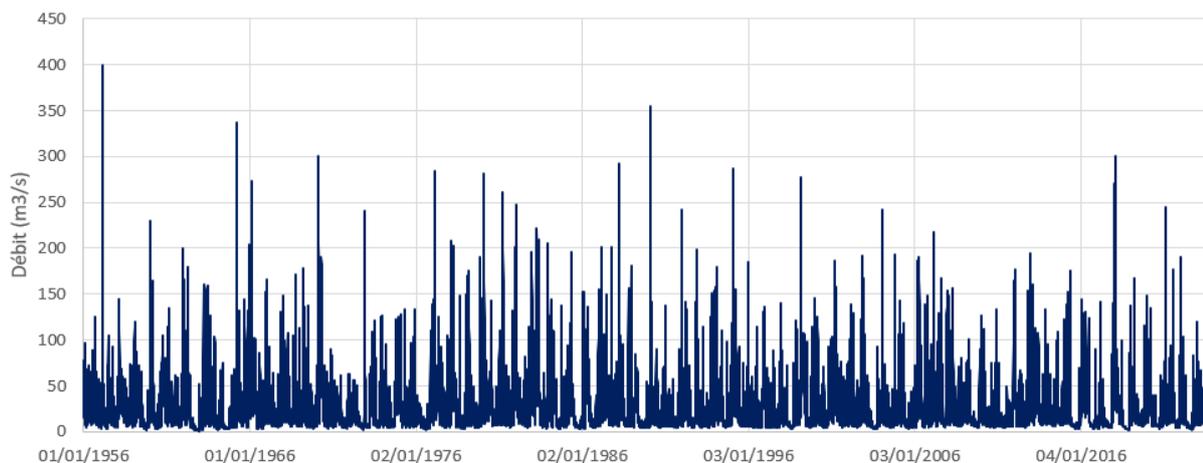


Figure 128 : Evolution du débit à la station "Le Doubs à Goumois - U212 2010" entre 1956 et 2023 (Source : Hydroportail)

## Le Doubs à Glère – U214 2010

La station hydrométrique du Doubs à Glère [Courclavon] – U214 2010 – est située en rive gauche du Doubs sur la commune de Glère.

Elle présente des chroniques de niveau et de débit depuis 1959 et qui ne présentent pas de lacunes de données significatives. Les données sont donc disponibles sur une période de 64 ans (Cf. Figure 129).

Actuellement, la station est toujours active.

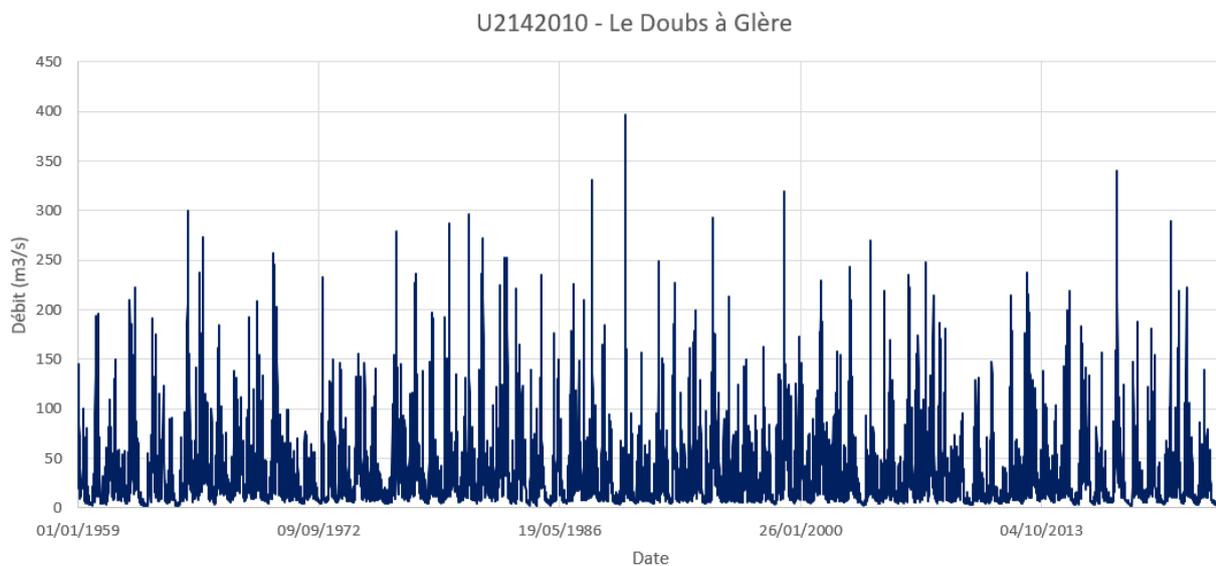
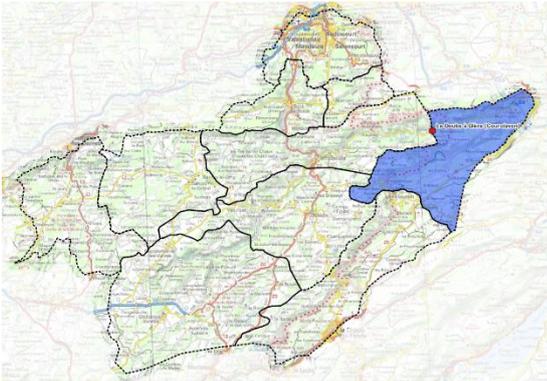


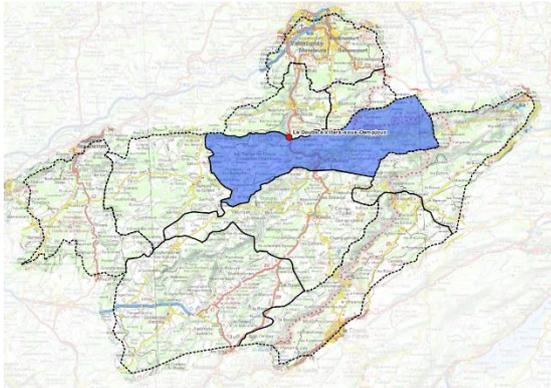
Figure 129 : Evolution du débit à la station "Le Doubs à Glère - U214 2010" entre 1959 et 2023 (Source : Hydroportail)

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 187 km<sup>2</sup>. Le barrage suisse du Moulin Grillon à Saint-Ursanne est compris dans l'emprise de ce sous-bassin versant.

## Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux – U222 2005

La station hydrométrique du Doubs à Villars-sous-Dampjoux – U222 2005 – est située à proximité du pont de Villars-sous-Dampjoux, environ 1,2 km en aval de la centrale hydroélectrique du Barrage de Dampjoux.

Le suivi du niveau et du débit au droit de cette station est réalisé depuis 2008. Les chroniques résultantes de ce suivi présentent une lacune de données entre le 30/09/2010 et le 30/03/2011. Les données sont donc disponibles sur une période de 15 ans, avec une lacune de 5 mois entre 2010 et 2011. Actuellement, la station est toujours active.



U2222005 - Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux

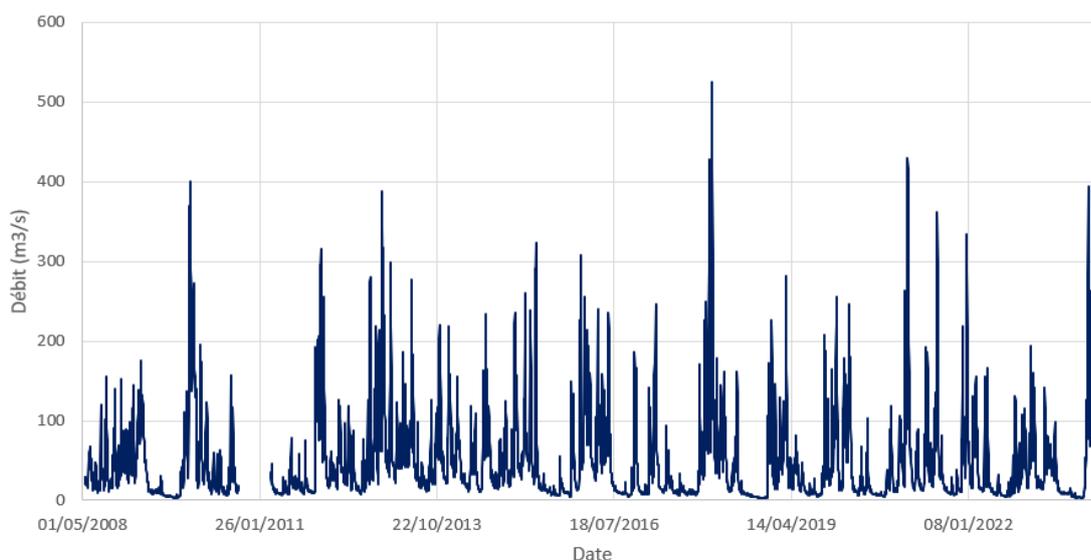


Figure 130 : Evolution des débits à la station « Le Doubs à Villars-sous-Dampjoux – U222 2005 » depuis 2008 (Source : Hydroportail)

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 218 km<sup>2</sup>. Cinq centrales hydroélectriques sont présentes dans l'emprise de ce sous-bassin versant [29] :

- le barrage de Vaufrey : la capacité totale de sa retenue (3,2 Mm<sup>3</sup>) induit un temps de séjour moyen de l'ordre de la journée. La centrale est installée au pied du barrage et fonctionne par écluses, avec un débit d'équipement de 70 m<sup>3</sup>/s.
- le barrage hydroélectrique de Grosbois : la capacité totale de sa retenue (3 Mm<sup>3</sup>) induit un temps de séjour moyen de moins d'une journée. La majeure partie des eaux est détournée vers la centrale de Liebvillers.

- l'usine hydroélectrique de Liebvillers fonctionne par éclusées avec un débit d'équipement de 44 m<sup>3</sup>/s, soit 1,26 fois le module. Lorsque le débit entrant est supérieur à 44 m<sup>3</sup>/s, un groupe de « hautes eaux » permet de turbiner un débit de 15 m<sup>3</sup>/s au maximum. Un autre petit groupe permet de turbiner en permanence les 3,5 m<sup>3</sup>/s de débit réservé restitués dans le tronçon court-circuité en aval du barrage.
- le barrage hydroélectrique de Dampjoux présente une retenue d'une capacité totale de 0,6 Mm<sup>3</sup> induisant un temps de séjour d'environ 3h30. Ce dernier fonctionne par éclusées, avec une capacité de turbinage de 105 m<sup>3</sup>/s, soit 2,14 fois le module.
- le barrage EDF sur le cours du Dessoubre.

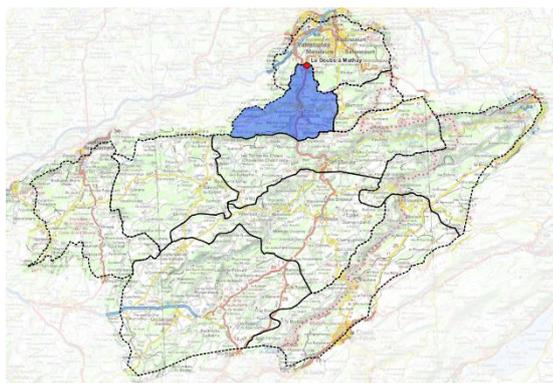
A noter que la Barbèche, affluent du Doubs qui le rejoint en amont de Villars-sous-Dampjoux, est également compris dans ce sous-bassin versant.

## Le Doubs à Mathay – U222 2010

La station hydrométrique du Doubs à Mathay – U222 2010 – est située à la limite entre les communes de Mathay et Mandeuve.

Le suivi du niveau et du débit sur cette station est réalisé depuis 1975 et les chroniques résultantes ne présentent pas de lacunes de données particulières. Les données sont donc disponibles sur une période de 48 ans (Cf. Figure 131). Actuellement, la station est toujours active.

D'après l'étude sur les débits d'étiage dans le Jura (EPTB Saône et Doubs, 2022, [18]), l'évolution des débits d'étiage (VCN 10) ne présente pas de tendance particulière.



U2222010 - Le Doubs à Mathay

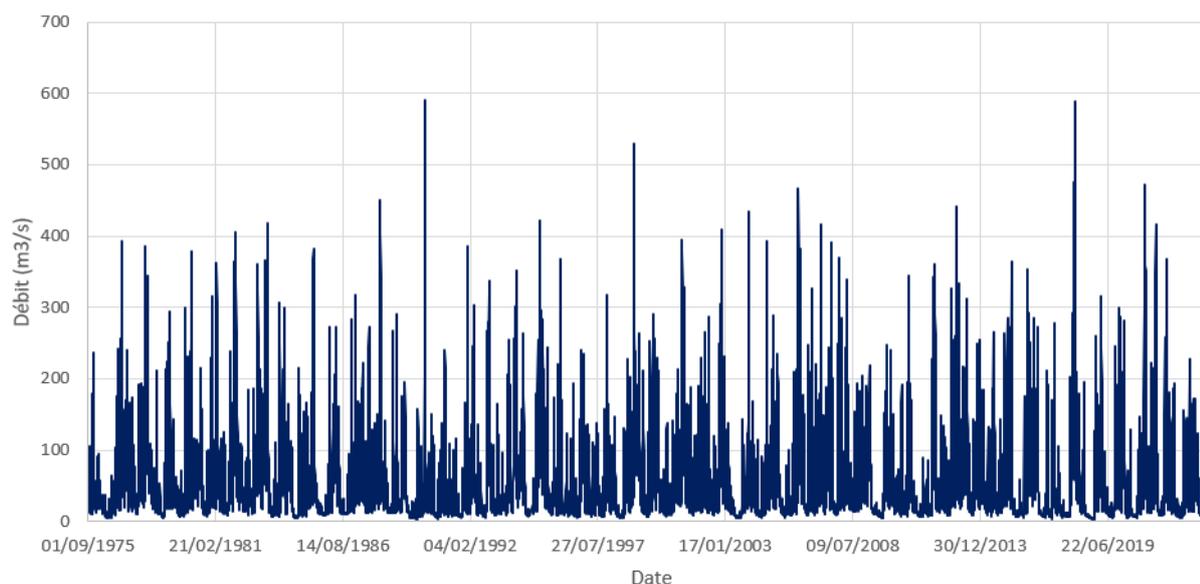


Figure 131 : Evolution du débit à la station du "Doubs à Mathay - U222 2010" depuis 1975 (Source : Hydroportail)

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 85 km<sup>2</sup>. Trois centrales hydroélectriques sont présentes dans l'emprise de ce sous-bassin versant : la centrale de Tellif à Pont-de-Roide, la centrale de Bourguignon et la centrale de Mathay. Ces trois centrales ont un fonctionnement au fil de l'eau avec des débits de d'équipements de respectivement 52,5 m<sup>3</sup>/s (soit 106 % du module), 49,5 m<sup>3</sup>/s (soit 95 % du module) et 38 m<sup>3</sup>/s (soit 73 % du module).

## Le Doubs à Voujeaucourt – U240 2010

La station du Doubs à Voujeaucourt – U240 2010 – est située à la confluence entre le Doubs et l'Allan sur la commune de Voujeaucourt et en aval d'une chute d'eau au droit du croisement entre le Doubs et le Canal du Rhône au Rhin. A noter que cette station intègre donc à la fois le débit du Doubs et celui de l'Allan.

Dans la mesure où la présente étude concerne uniquement le bassin versant du Doubs (et non celui de l'Allan), une correction de la chronique de débit de la station de Voujeaucourt a été réalisée, en soustrayant les débits de l'Allan et du Rupt mesurés à partir des deux stations hydrométriques existantes sur ces cours d'eau :

- U235 4010 : L'Allan à Courcelles-lès-Montbéliard ;
- U235 6610 : Le Rupt à Dung.

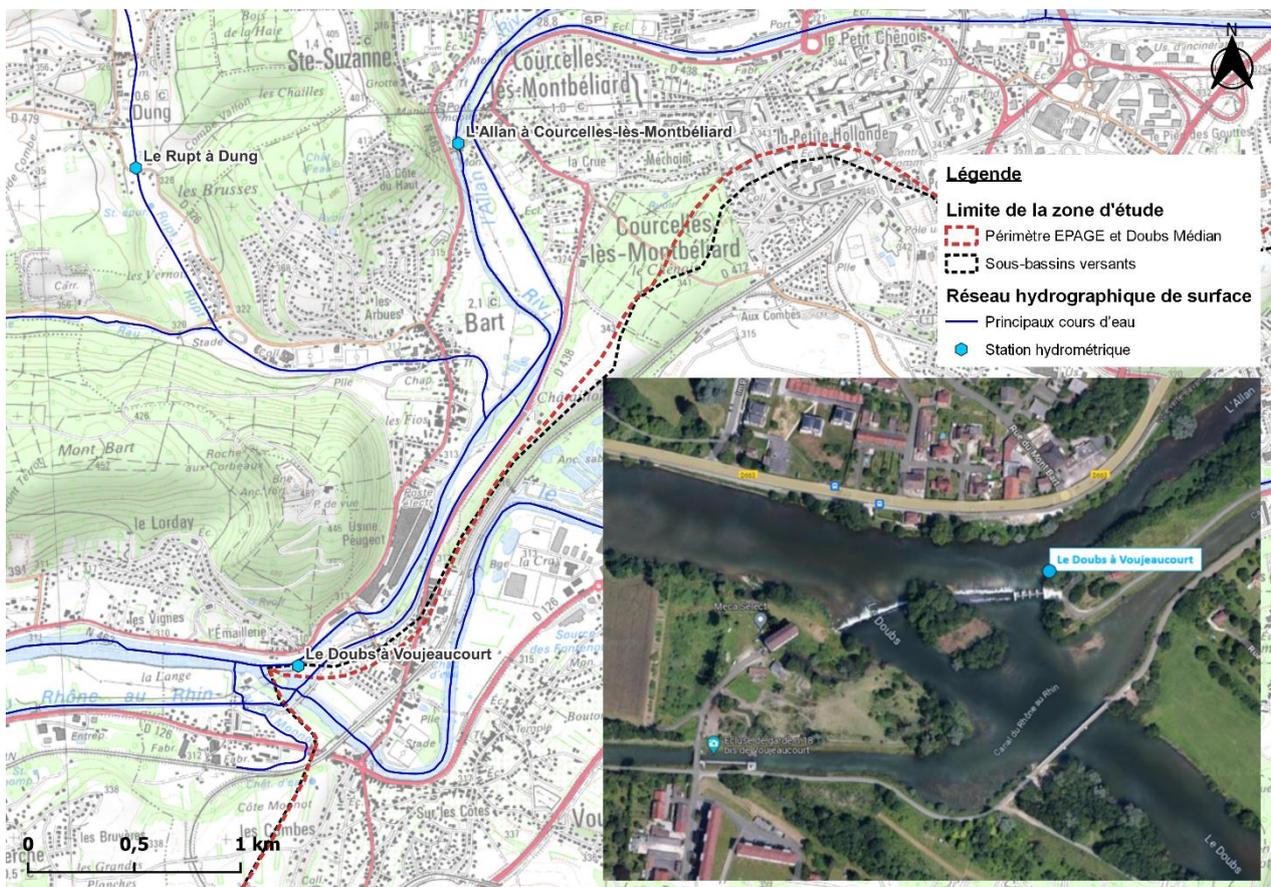


Figure 132 : Localisation de la station du Doubs à Voujeaucourt et des stations sur le Rupt et l'Allan

Le suivi du niveau et du débit sur la station du Doubs à Voujeaucourt est réalisé depuis 1969. Les chroniques résultantes de ce suivi présentent une lacune de données entre le 01/01/1984 et le 01/01/1994. Les données sont donc disponibles sur une période de 54 ans, avec une lacune de 10 ans entre 1984 et 1994. Actuellement, la station est toujours active.

Le suivi sur les stations de l'Allan et du Rupt n'est pas réalisé sur la même période :

- Le suivi sur la station de l'Allan à Courcelles-lès-Montbéliard est réalisé depuis 1981 et présente des lacunes de données en janvier 1985 et en août 2022 ;
- Le suivi sur la station du Rupt à Dung est réalisé depuis 1968 et présente des lacunes de données en 1994.

Rapport de phase 1

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES EFFETS SUR LES RESSOURCES EN EAU A L'ECHELLE DE L'EPAGE DOUBS DESSOUBRE ET DE L'INTEGRALITE DU SOUS-BASSIN VERSANT DU DOUBS MEDIAN EN VUE D'UNE STRATEGIE D'ADAPTATION

La chronique de débit corrigées présente donc l'ensemble des lacunes des trois stations utilisées pour le calcul (Cf. Figure 133).

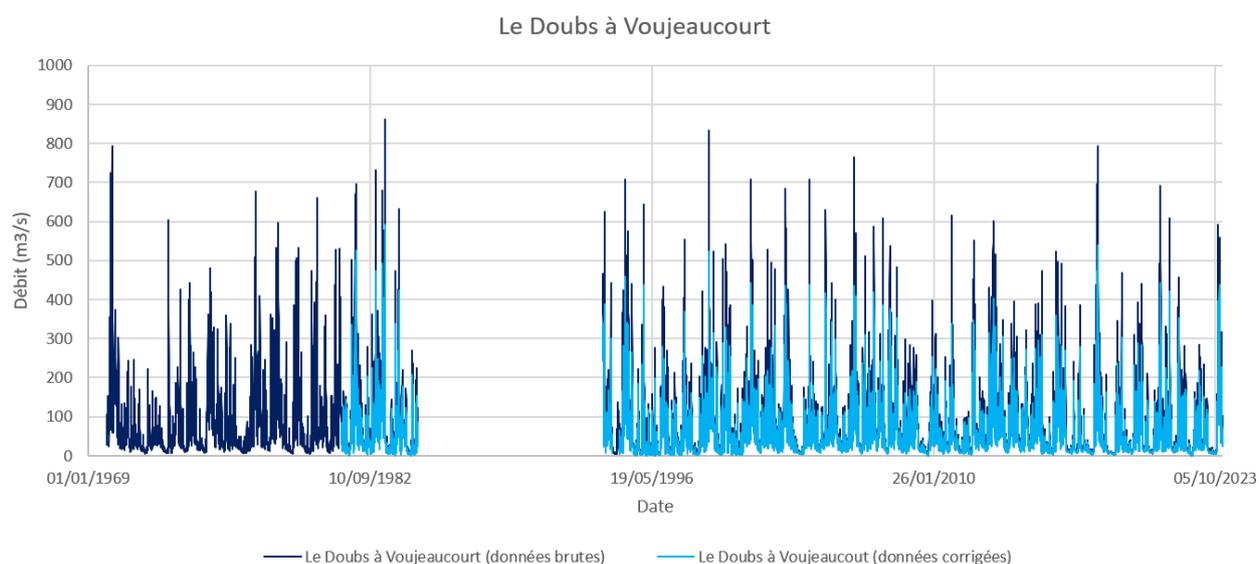
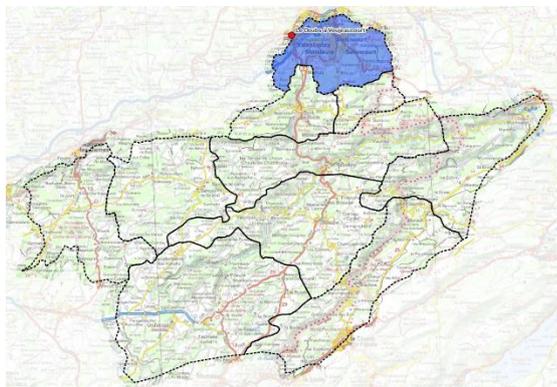


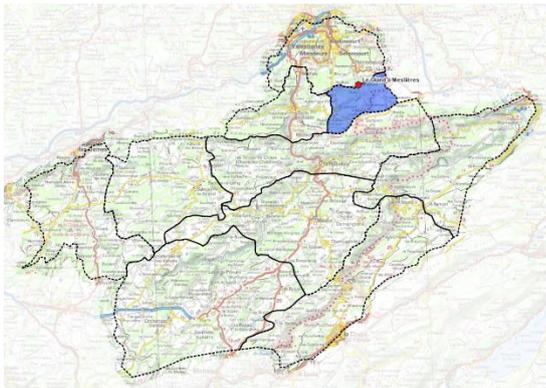
Figure 133 : Evolution des débits à la station « Le Doubs à Voujeaucourt – U240 2010 » depuis 1969 (Source : Hydroportail) – données brutes et données corrigées avec les débits du Rupt et de l'Allan

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 116 km<sup>2</sup>. Deux centrales hydroélectriques sont présentes dans l'emprise de ce sous-bassin versant : la centrale d'Audincourt et la centrale Scellier (Moulin de Bart). Ces deux centrales fonctionnent au fil de l'eau avec des débits de turbinage de respectivement 48 m<sup>3</sup>/s (soit 86 % du module) et 6 m<sup>3</sup>/s (soit 10,7 % du module).

## Le Gland à Meslières – U222 5410

La station hydrométrique du Gland à Meslières – U222 5410 – est située au sein de la commune de Meslières au niveau du pont du Petit Moulin.

Le suivi du niveau et du débit sur cette station est réalisé depuis 1987 et les chroniques résultantes ne présentent pas de lacunes de données particulières. Les données sont donc disponibles sur une période de 36 ans (Cf. Figure 134). Actuellement, la station est toujours active.



U2225410 - Gland à Meslières

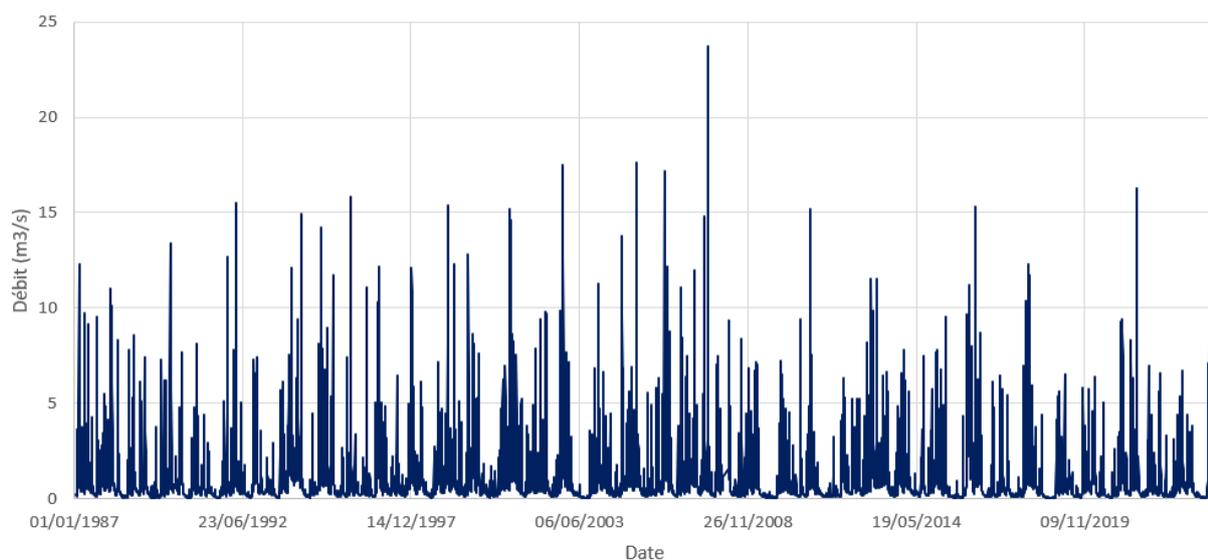


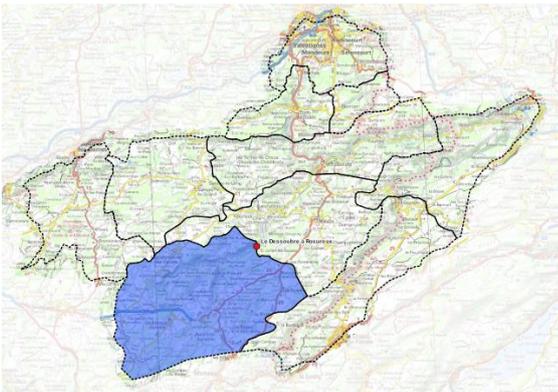
Figure 134 : Evolution des débits à la station « Le Gland à Meslières – U222 5410 » depuis 1987 (Source : Hydroportail)

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 45 km<sup>2</sup>.

## Le Dessoubre à Rosureux – U221 5015

La station hydrométrique du Dessoubre à Rosureux – U221 5015 – est située au sein de la commune de Rosureux au droit du pont.

Le suivi du niveau et du débit sur cette station est réalisé depuis 2008. Les chroniques résultantes de ce suivi présentent une lacune de données entre le 18/03/2019 et la 13/06/2020. Les données sont donc disponibles sur une période de 15 ans, avec une lacune de plus d'un an entre 2019 et 2020 (Cf. Figure 135). Actuellement, la station est toujours active.



U2215015 - Le Dessoubre à Rosureux

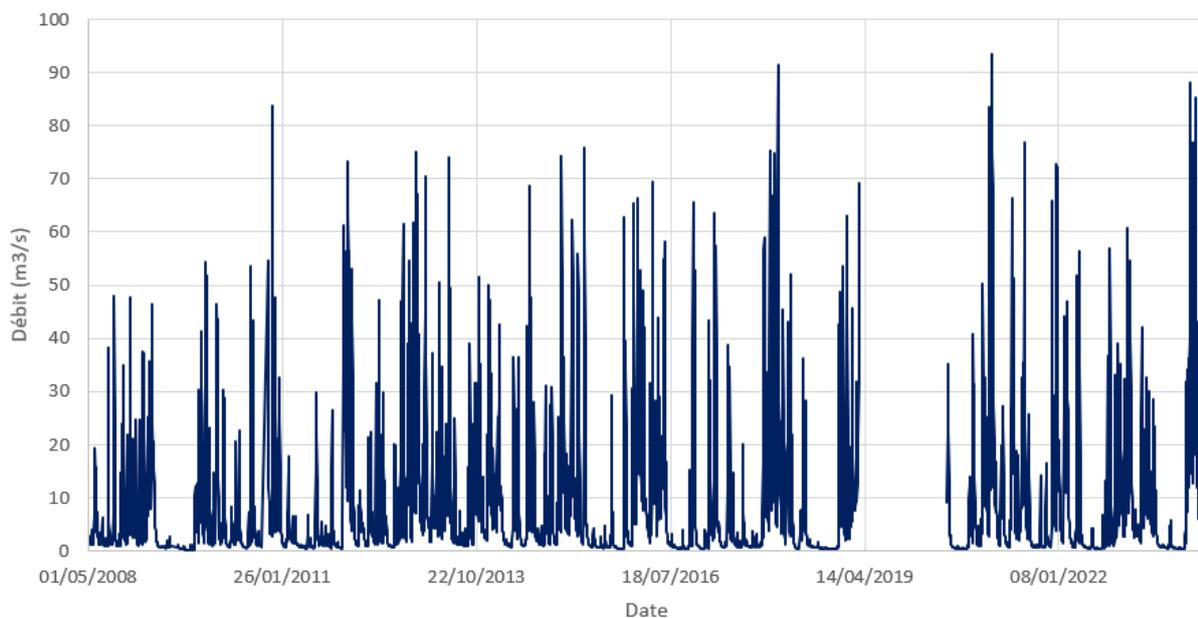


Figure 135 : Evolution des débits à la station « Le Dessoubre à Rosureux – U221 5015 » depuis 2008 (Source : Hydroportail)

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 350 km<sup>2</sup>. Deux centrales hydroélectriques sont comprises dans l'emprise de ce sous-bassin versant.

## Le Dessoubre à Saint-Hippolyte – U221 5020

La station hydrométrique du Dessoubre à Saint-Hippolyte – U215 5020 – est située sur la commune de Saint-Hippolyte, environ 2,5 km en amont de la confluence entre le Dessoubre et le Doubs. Par ailleurs, une centrale EDF est située à 1,5 km en aval de cette station. En revanche, aucune centrale hydroélectrique n'est comprise dans l'emprise du sous-bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station. Ce dernier couvre une superficie de 238 km<sup>2</sup>.

Le suivi du niveau et du débit sur cette station est réalisé depuis 1958 et les chroniques résultantes ne présentent pas de lacunes de données particulières. Les données sont donc disponibles sur une période de 65 ans (Cf. Figure 136). Actuellement, la station est toujours active.

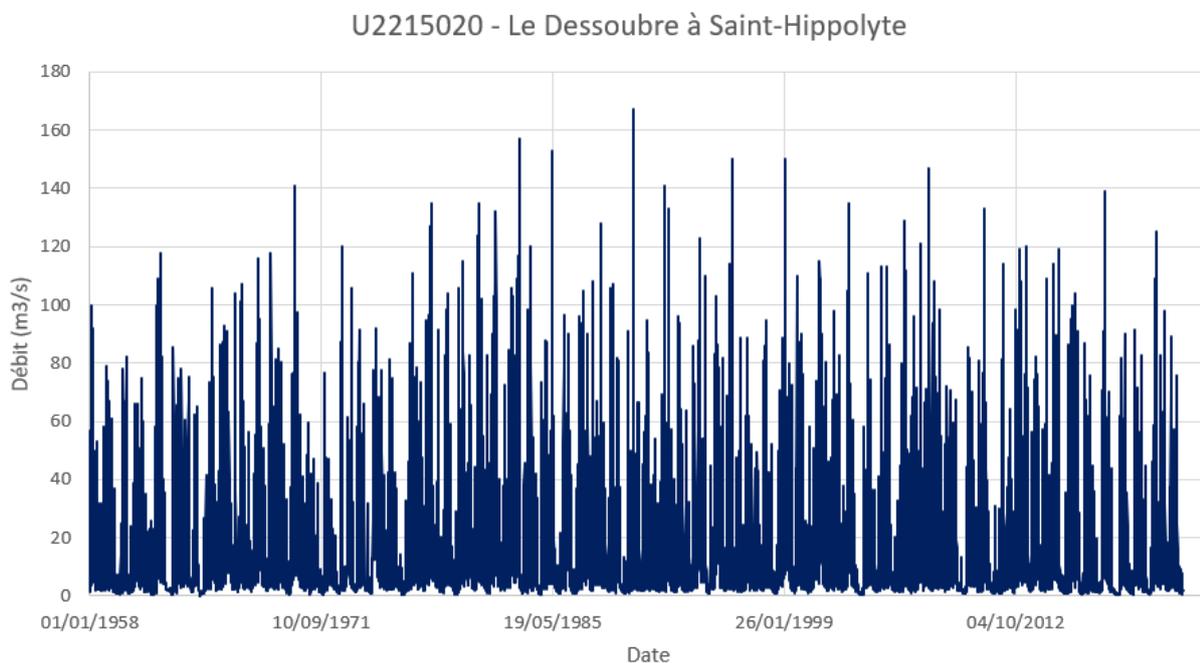
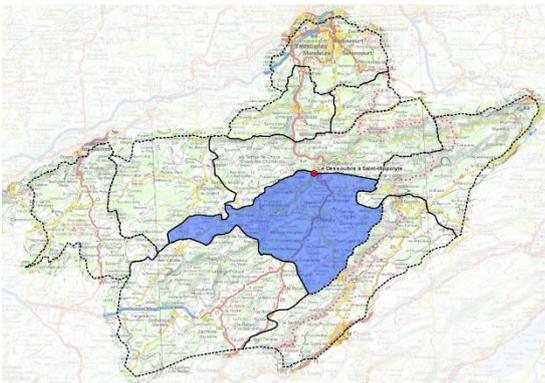


Figure 136 : Evolution du débit à la station « Le Dessoubre à Saint-Hippolyte – U215 5020 » entre 1958 et 2023 (Source : Hydroportail)

D'après l'étude sur les débits d'étiage dans le Jura (EPTB Saône et Doubs, 2022, [18]) ; cette station présente une tendance significative à la baisse (non stationnaire) pour les débits d'étiage (VCN 10).

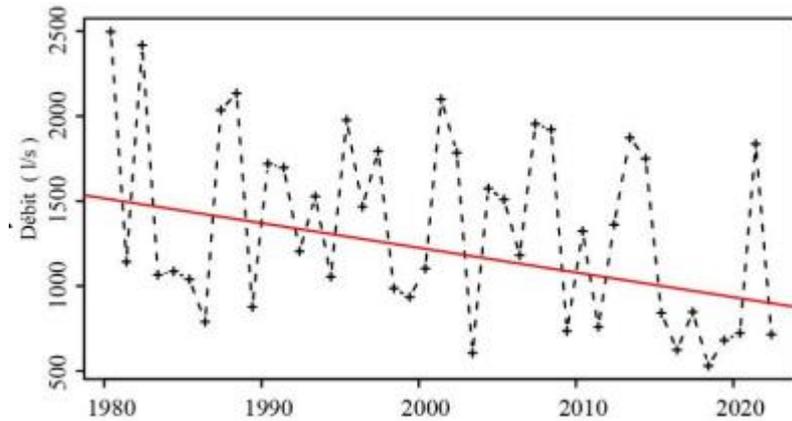
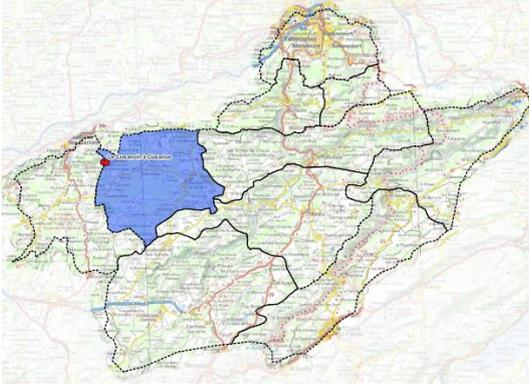


Figure 137 : Evolution du débit d'étiage (VCN 10) au droit de la station du Dessoubre à Saint-Hippolyte - tendance à la baisse non stationnaire (Source : Pôle Karst, 2022, [14])

## Le Cusancin à Cusance – U242 5250

La station hydrométrique du Cusancin à Cusance – U242 5250 – est située entre Cusance et le Val-de-Cusance.

Le suivi du niveau et du débit sur cette station est réalisé depuis 1986 et les chroniques résultantes ne présentent pas de lacunes de données particulières. Les données sont donc disponibles sur une période de 37 ans (Cf. Figure 138). Actuellement, la station est toujours active.



U2425250 - Le Cusancin à Cusance

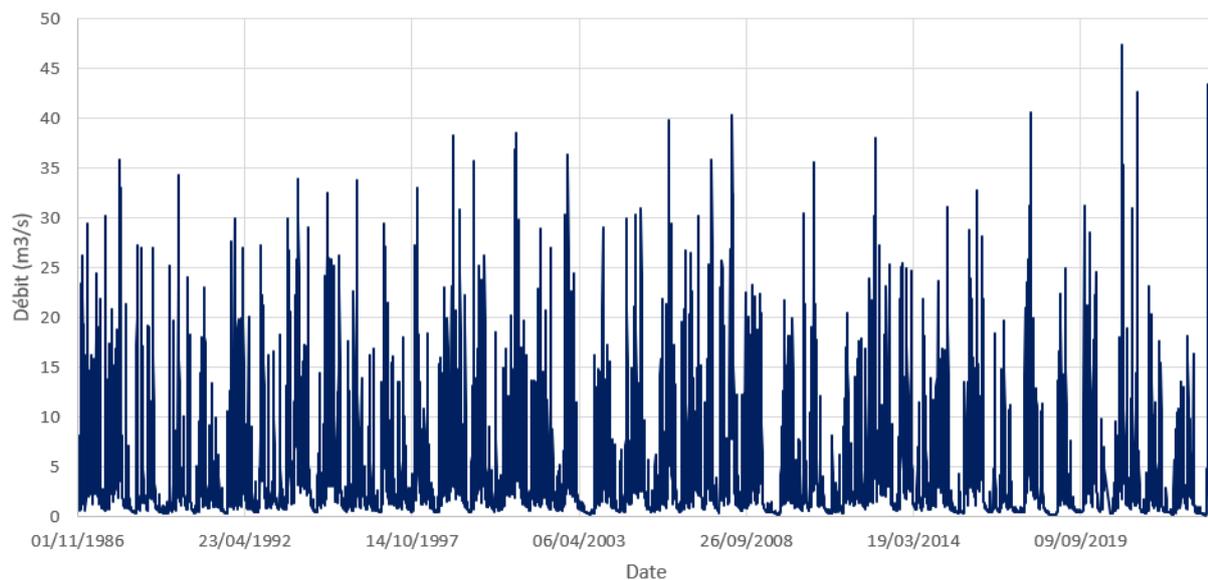


Figure 138 : Evolution des débits à la station « Le Cusancin à Cusance – U242 5250 » depuis 1986 (Source : Hydroportail)

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 184 km<sup>2</sup>.

## Le Cusancin à Baume-les-Dames – U2425260

La station hydrométrique du Cusancin à Baume-les-Dames – U242 5260 – est située environ 700 mètres en amont de la confluence entre la Cusance et le Doubs à Baume-les-Dames.

Le suivi du niveau et du débit sur cette station est réalisé depuis 1969 et les chroniques résultantes ne présentent pas de lacunes de données particulières. Les données sont donc disponibles sur une période de 54 ans (Cf. Figure 139). Actuellement, la station est toujours active.

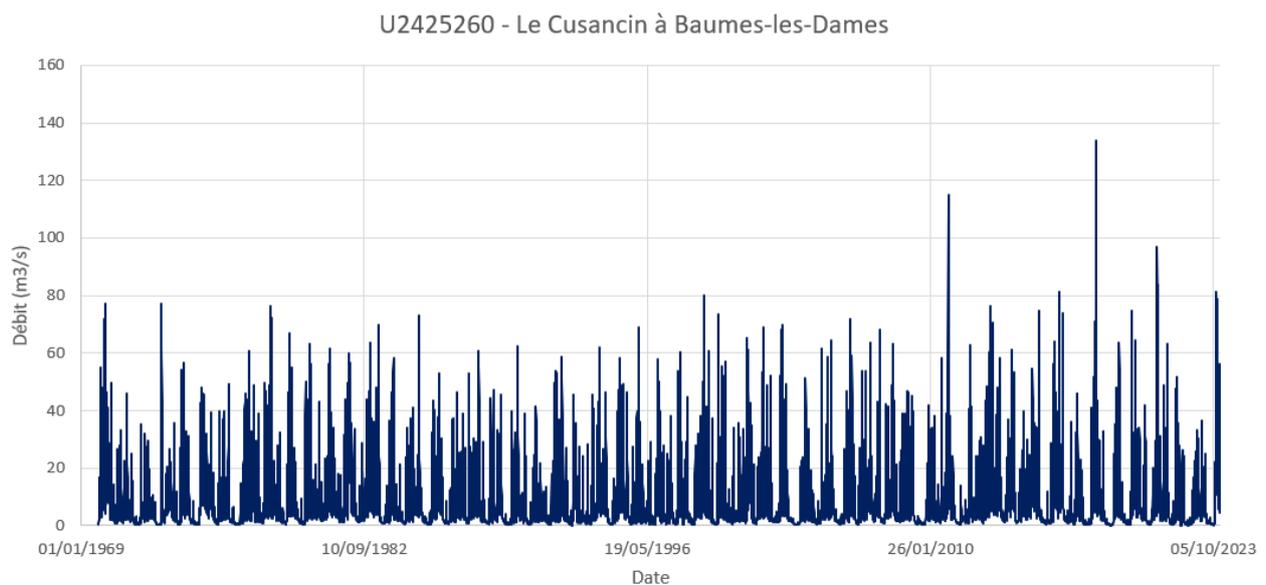
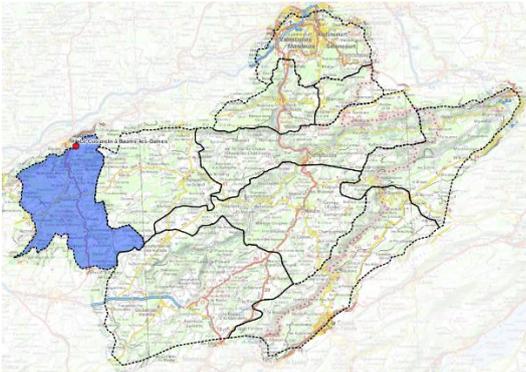


Figure 139 : Evolution des débits à la station "Le Cusancin à Baume-les-Dames - U242520" depuis 1969 (Source : Hydroportail)

Le bassin versant hydrogéologique, tracé dans le cadre de cette étude et ayant pour exutoire cette station couvre une superficie de 177 km<sup>2</sup>.



## ANNEXE B

# COMPTE RENDUS DES ENTRETIENS ET DES ATELIERS – SEPIA CONSEIL



# Le changement climatique et ses effets sur les ressources en eau à l'échelle de l'EPAGE Doubs Dessoubre et de l'intégralité du sous-bassin versant du Doubs Médian en vue d'une stratégie d'adaptation

Etude prospective

COMPTE RENDU DE L'ATELIER DE CONCERTATION N°1 DU 3 OCTOBRE 2024 – ELABORATION DE SCENARIOS TENDANCIELS

EPAGE Doubs Dessoubre



# SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS.....</b>	<b>2</b>
1.1.	Rappel de la démarche engagée par l'EPAGE Doubs-Dessoubre	2
1.2.	Objectifs de l'atelier .....	2
<b>2.</b>	<b>PRÉSENTATION DE L'ATELIER.....</b>	<b>3</b>
2.1.	Les participants .....	3
2.2.	Le déroulement de l'atelier .....	3
<b>3.</b>	<b>BILAN DE L'ATELIER .....</b>	<b>5</b>
3.1.	présentation de l'état des lieux .....	5
3.2.	Synthèse du temps participatif .....	5
3.2.1.	Thème « Eau potable et assainissement ».....	5
3.2.2.	Thème « Milieux naturels » .....	7
3.2.3.	Thème « Autres usages ».....	8

# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

## 1.1. RAPPEL DE LA DEMARCHE ENGAGEE PAR L'EPAGE DOUBS-DESSOUBRE

Afin d'évaluer l'incidence des prélèvements sur la ressource en eau dans le contexte du changement climatique et d'anticiper les conséquences de ce dernier, l'EPAGE Doubs-Dessoubre a engagé la présente étude dans le but d'arriver à la création d'un Projet de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE) sur son périmètre (hors sous-bassin versant du Doubs médian comprise sur le périmètre PMA). Ce projet de territoire s'appuie sur un diagnostic et un dialogue avec les acteurs du territoire afin de déterminer le programme d'actions à mettre en œuvre. L'étude se déroule en trois phases :

- Une 1<sup>ère</sup> **phase de diagnostic comprenant un état des lieux du territoire et une analyse prospective**, phase dans laquelle cet atelier s'inscrit
- Une 2<sup>ème</sup> phase de définition des différentes stratégies d'adaptation
- Une 3<sup>ème</sup> phase d'élaboration du plan d'actions opérationnel

Ainsi, un état des lieux technique a été réalisé sur le territoire, étudiant les prélèvements, l'articulation entre production et distribution de l'eau potable, l'évolution de paramètres hydrologiques et l'impact des prélèvements sur différents paramètres des milieux (hydrologie, végétaux, sols, ...). Il intègre également une analyse rétrospective pour éclairer les évolutions passées et la situation actuelle par rapport au changement climatique en cours. En complément, des entretiens préalables avec des acteurs ont été réalisés afin de compléter la vision actuelle du territoire et des enjeux qui le concernent.

Lors des entretiens préalables, il est ressorti des **enjeux autour de la qualité et de la température** de la ressource et dans une moindre mesure sur sa quantité, avec un enjeu plus marqué.

Des actions sont mises en œuvre depuis plusieurs années déjà par les agriculteurs, les industriels... pour l'amélioration de l'état de la ressource, bien que les résultats ne soient pas forcément visibles car contrebalancés par d'autres facteurs (climatiques en particulier). Cela peut créer un décalage entre la perception des efforts faits par certains acteurs d'un secteur et la perception vue de l'extérieur.

L'équilibre financier des services d'eau et d'assainissement est un sujet important d'inquiétudes alors que la tendance de la consommation en eau est à la baisse.

Au global, beaucoup d'études sont portées sur la ressource. Le travail de l'EPAGE est, de plus, reconnu et apprécié. Les acteurs sont conscients des enjeux et attendent des retombées concrètes de l'étude. Les principales attentes portent notamment sur la création d'une dynamique de concertation large avec les acteurs du territoire, permettant de mettre en relation des acteurs qui ne le sont pas, et ainsi d'avoir une meilleure compréhension des actions de chacun. Il est également attendu de la communication et de la pédagogie sur les avancées et résultats de l'étude, ainsi qu'une attention à porter sur la coordination entre acteurs et territoires voisins.

## 1.2. OBJECTIFS DE L'ATELIER

L'objectif de l'atelier était d'amener les acteurs locaux à participer à la création du scénario tendanciel **pour le territoire, c'est-à-dire ce vers quoi tendrait le territoire (trajectoire de développement socio-économique)**, en regardant en particulier **leur traduction en termes de consommation de ressource en eau (volumes prélevés, consommés)**. Cette trajectoire servira de donnée d'entrée au modèle climatique défini par Artelia, afin de réaliser **l'analyse prospective pour le scénario tendanciel d'évolution du territoire**, permettant de visualiser les enjeux autour de la ressource en eau dans un futur sous changement climatique. Ainsi, l'atelier visait à :

- ✓ Partager aux acteurs du territoire **les principaux éléments d'état des lieux** – analyse rétrospective, premières tendances de l'analyse prospective sur la base des résultats de 2 scénarios prospectifs (statut quo et sans - prélèvements) ;
- ✓ Faire **partager les visions prospectives** de chacun des usages et définir une vision commune réaliste et pragmatique, dans le cas d'une poursuite sur la lignée actuelle, afin d'alimenter l'analyse prospective technique pour le scénario tendanciel.

## 2. PRESENTATION DE L'ATELIER

### 2.1. LES PARTICIPANTS

Un large panel d'acteurs a été associé à cet atelier. L'objectif était de rassembler les acteurs de structures et d'intérêts différents et représentatifs du territoire, dans le but d'avoir une pluralité de connaissances et de visions sur le territoire.

Ainsi, ont été présents :

- ✓ Des représentant.es de collectivités locales (CC du Plateau de Russey, CC du Pays de Maîche, Pays de Montbéliard Agglomération, CC Doubs Baumois, CC du Pays de Sancey Belleherbe, Pôle Métropolitain Nord Franche Comté...);
- ✓ Des représentant.es des services de l'Etat (ARS, DDT25, DREAL, Commissariat de massif), du département (CD25) et de la Région ;
- ✓ Un représentant de l'Agence de l'Eau ;
- ✓ Des représentant.es de syndicats des eaux (SIE Haute Loue, SIE Froidefontaine) ;
- ✓ Des représentants du monde de la pêche et de la chasse (AAPPMA Doubs, Fédération des Chasseurs 25) ;
- ✓ Des représentants du monde associatif engagés dans la protection de l'environnement : FNE, CPIE Haut Doubs, Collectif SOS Loue et Rivières Comtoises, Natura2000 ;
- ✓ Des représentant.es du monde agricole : Chambre d'Agriculture, FDSEA Doubs, CIGC, URFAC ;
- ✓ Une actrice du monde forestier : CNPF ;
- ✓ Deux acteurs du monde de l'industrie : Silor, Groupe-E (barrage Châtelot) ;
- ✓ Un représentant du Parc Naturel Régional du Doubs Horloger ;
- ✓ Des représentants d'autres activités de loisirs (Club de rando de Sancey) et de citoyens.

### 2.2. LE DEROULEMENT DE L'ATELIER

L'atelier s'est tenu sur une demi-journée dans une salle du siège de la Communauté de Communes de Sancey Belleherbe. Afin de répondre aux objectifs, il a été réalisé en plusieurs temps, alternant plénière et travail en sous-groupes.

Le déroulement était le suivant :

- ✓ Accueil et mot d'introduction sur la démarche de l'EPAGE avec une présentation du cadre de travail et des objectifs de la journée ;
- ✓ Une présentation en plénière d'une synthèse des résultats de l'état des lieux réalisé par Artelia :
  - Présentation du territoire et des prélèvements actuels selon les usages ;
  - Présentation des éléments rétrospectifs concernant les usages et le changement climatique ;
  - Présentation de la simulation climatique et des projections climatiques sur le territoire.
- ✓ Un temps de travail en sous-groupe dans le format « World Café », autour de trois thèmes : **eau potable et assainissement / milieux naturels / autres activités** (agriculture, industrie, loisirs...). L'objectif était d'amener les acteurs à discuter afin de valider/alimenter des scénarios tendanciels **dans le cas d'une poursuite des activités sur la lignée actuelle.**

Les participants, répartis en 3 groupes autour de 3 tables correspondant aux thématiques, ont pu discuter de deux thèmes : l'un pendant 50 minutes, l'autre pendant 25 minutes. Ainsi, chaque thème a reçu deux apports de connaissances provenant de deux groupes différents, chaque groupe ayant été orienté vers le thème concernant le plus ses acteurs pour le premier temps d'échange ;

- ✓ Un **temps de restitution** des échanges en plénière pour chaque thème ;
- ✓ Une conclusion portant sur la démarche de sensibilisation et de communication engagée par l'EPAGE Doubs Dessoubre dont le site internet de l'étude : <https://projetdoubssoubre.fr>

## 3. BILAN DE L'ATELIER

### 3.1. PRESENTATION DE L'ETAT DES LIEUX

La présentation de l'état des lieux réalisée par Artelia a suscité plusieurs réactions :

- ✓ Artelia a été informé de la publication récente d'un rapport réalisé par Veolia sur la consommation d'eau sur le département du Doubs en 2023. Ce rapport met en évidence une importante différence de consommation entre 2022 et 2023 sur Pays de Montbéliard Agglomération avec une tendance à la baisse de la consommation ;
- ✓ Des interrogations ont été soulevées concernant le choix du scénario d'émissions de gaz à effet de serre, le RCP4.5, qui n'est pas le scénario le plus pessimiste. Artelia a expliqué que la différence entre les scénarios était prononcée à long terme, tandis que la présente étude se place à moyen terme. Aussi, ce scénario a été utilisé dans des modèles de simulation climatique pessimistes pour l'état des lieux. Par ailleurs, le RCP8.5, scénario d'émissions de gaz à effet de serre pessimiste est considéré comme bien trop pessimiste et même improbable par le GIEC ;
- ✓ Des questions ont été posées quant à certains éléments de l'état des lieux :
  - Est-ce que le tourisme saisonnier a été pris en compte ?  
*Cette activité a été prise en compte mais elle n'apporte que peu de variations au cours de l'année.*
  - Y-a-t-il eu un bilan par sous bassin versant ?  
*Oui, chaque bassin versant a été analysé et l'analyse a été réalisée « en chaîne ». Les données d'un sous bassin servent de données d'entrée à l'autre.*
- ✓ Il a été appelé à faire attention à ne pas uniquement prêter attention aux volumes disponibles mais également à la qualité de l'eau.

La qualité de l'eau est un enjeu fort pour les acteurs du territoire. Sa mauvaise qualité ne se voit pas toujours sur les relevés, notamment lors des pics de pollution. Lors des sécheresses, l'eau atteint une très mauvaise qualité. Il a donc aussi été appelé à bien prendre en compte les extrêmes (sécheresses, étiages...) et non les moyennes. Les extrêmes ont des impacts à long terme sur la qualité de l'eau et seront amenés à être de plus en plus fréquent avec le changement climatique.

Aussi, les pics de pollution sont fréquemment en lien avec le fonctionnement des déversoirs d'orage. Il faut donc envisager une autre alternative technique, qui passe par un stockage temporaire des eaux avant traitement ultérieur par la station d'épuration ;

- ✓ Une inquiétude quant à l'approche des débits d'étiages a été soulevée, soulignant l'importance d'avoir une analyse sous l'angle des valeurs extrêmes et non moyennées. Ce sont les extrêmes qui déterminent les mesures à prendre pour améliorer la résilience, comme le dimensionnement des infrastructures de sécurisation de l'alimentation en eau potable ;
- ✓ Il a été évoqué qu'une prospection des réseaux d'assainissement et d'eau potable pourrait déjà permettre d'améliorer ces réseaux qui génèrent des pertes pouvant être importantes ;
- ✓ Certains acteurs sont pessimistes quant à la mobilisation de chacun et le changement des pratiques face aux défis qui attendent la pérennité de la ressource en eau face au changement climatique.

### 3.2. SYNTHÈSE DU TEMPS PARTICIPATIF

#### 3.2.1. Thème « Eau potable et assainissement »

Au regard des scénarios tendanciels à établir sur le territoire, l'objectif pour ce thème était d'identifier des trajectoires concernant l'évolution des prélèvements et de la consommation domestique en passant par l'évolution de la

démographie notamment. L'idée était également d'aborder le sujet de l'assainissement et de la *trajectoire des rejets* ou de la *population en Assainissement Non Collectif*. L'objectif était également d'identifier des points d'attention sur ces sujets.

Ainsi, les échanges ont permis d'aborder plusieurs sujets. Les acteurs ont identifié **deux grands postes de discussion**, alimentés de plusieurs éléments :

✓ **La sécurisation de l'Alimentation en Eau Potable**, un enjeu de plus en plus fort sur le territoire face aux enjeux climatiques extrêmes. Cet enjeu recoupe avec :

- **La population et la dynamique populationnelle**, hétérogènes sur le territoire. Il a notamment été soulevé le contraste entre l'augmentation de la population sur les territoires frontaliers et la **stabilisation voire la baisse observée** sur le reste du périmètre.
- Des inquiétudes quant aux **étiages sévères**. Ces étiages vont augmenter la température et la concentration en pollution de l'eau, en concomitance avec des sécheresses plus intenses et durables, tout en connaissant de fortes précipitations à d'autres moments de l'année qui peuvent être impactantes. Il a été souligné l'importance de ces phénomènes météorologiques extrêmes sur l'approvisionnement en eau potable.
- **Le droit de l'accès à l'eau** (directive européenne), faisant écho au besoin en eau des populations isolées sur le territoire. Cela fait également écho aux questions de la disponibilité de l'eau. Cela appelle à prendre soin de l'eau et des ressources stratégiques majeures tout en se penchant sur des solutions novatrices permettant de réduire le rapport entre la consommation et l'eau disponible.
- **Le maillage du réseau** à l'intérieur du territoire et son optimisation.
- **La gestion des débits de pointe et les financements associés** car certains réseaux de distribution sont installés mais ne sont utilisés que 15 jours par an avec un très faible volume consommé / acheté.
- **La dynamique patrimoniale**, comprenant **l'entretien des réseaux d'eau et des installations de traitement**.
- **Le besoin d'adéquation** entre l'état et la disponibilité **des ressources avec les aménagements et les usages**, en lien avec les documents d'urbanisme. En effet, il faudrait pouvoir urbaniser uniquement dans le cas où il est certain que la ressource sur le territoire est disponible, impliquant de faire appel aux prescriptions et réglementations des documents d'urbanisme (SCOT, PLU...).

Le lien avec ces politiques d'urbanisme se fait également via la prise en compte des ressources stratégiques et de la délimitation des zones de sauvegarde. En effet, après la délimitation de ces zones, un plan d'action doit également être mis en œuvre en vue de préserver les ressources souterraines pour l'alimentation en eau potable actuelle et future, en lien avec les activités présentes sur la zone.

- **Inquiétudes quant aux événements météorologiques extrêmes qui impacteront fortement l'alimentation en eau potable (notion évoquée de « mère des sécheresses » en devenir)**
- **Dynamique populationnelle hétérogène et contrastée entre les territoires frontaliers (augmentation) et le périmètre (baisse/stabilisation)**

✓ **Le modèle économique de l'eau potable :**

- La compétence eau doit se trouver à une **échelle cohérente**. Pour les acteurs, il est évident qu'elle se trouve à l'échelle des EPCI et non plus communale, cet avis étant en cohérence avec les retours d'expérience des collectivités qui ont déjà pris la compétence eau potable depuis quelques années déjà. Cette structuration contribue à la résilience du territoire.
- Il y a un enjeu lié au **juste prix de l'eau** pour pouvoir financer les investissements d'avenir dans un contexte d'infrastructures et de réseaux vieillissants, de coûts énergétiques démultipliés et d'exigence de qualité croissantes. Une crainte exprimée est que le prix de l'eau augmente fortement en conséquence. Cette orientation impliquera des choix en termes de tarification du prix de l'eau pour

garantir un service public de l'eau potable de qualité et répondre aux exigences et enjeux climatiques. Ce prix de l'eau pourra/devra tenir compte des enjeux sociaux (ex : tarification sociale).

- Le besoin de sobriété **est nécessaire et recommandé** pour tenir compte des enjeux climatiques (avec des objectifs de -10 à -15% sur le bassin de Rhône-Méditerranée-Corse). Cette nécessaire sobriété impliquera une réduction des volumes de vente d'eau et par voie de conséquence une baisse des budgets des collectivités en charge de la compétence eau potable si le prix de l'eau n'est pas adapté (lien avec le juste prix de l'eau).
- **La réutilisation (REUT) des eaux usées ou non conventionnelles est considérée comme une fausse solution** car elle implique des enjeux sanitaires et une baisse des volumes consommés (lien avec les observations précédentes). De surcroît la REUT ne pourra jamais se substituer au réseau d'eau potable notamment en cas de sécheresse sévère.
- **Activités économiques** : les acteurs voient leur territoire se tourner vers une utilisation de plus en plus sobre de l'eau, notamment du côté des industries pour lesquelles des efforts ont déjà été observés.
- **En conclusion**, les acteurs voient la consommation d'eau diminuer dans le futur, ce qui impliquera **des évolutions du modèle économique et donc du prix de l'eau** pour garantir durablement le financement des infrastructures et des réseaux et tendre vers la sécurisation de l'alimentation en eau potable.

→ L'échelle cohérente pour la gestion de l'eau potable est l'intercommunalité  
→ Baisse tendancielle de la consommation à anticiper  
→ Ajuster le modèle économique de l'eau et du prix de l'eau pour garantir la sécurisation de l'alimentation en eau potable dans le futur face aux sécheresses

A titre subsidiaire, certains axes ont été abordés (pondération des rendements, redevances, espace de dialogue aux fins de financement et d'appui technico-économiques pour les investissements structurants de sécurisation AEP intercollectivités...). Ces points, étant un peu plus éloignés de l'objectif du présent atelier mais utiles à l'étude, ont bien été notés et seront pris en compte dans la suite de l'étude.

### 3.2.2. Thème « Milieux naturels »

Pour le thème milieu naturel, l'objectif était de discuter assez largement des zones sensibles, des zones humides, forestières ou encore de l'impact du changement climatique sur les populations piscicoles et macrofaune. Plusieurs sujets ont été soulevés par les acteurs :

- Le travail sur **l'artificialisation des sols**, sujet sur lequel des actions sont déjà engagées. Des aménagements type parking perméables sont observés. Au niveau des documents d'urbanisme, les PLU s'emparent du sujet. On observe une baisse de l'artificialisation des sols qui semble s'installer. Il faudrait aussi un accompagnement par les collectivités.
- Les **forêts** : on observe déjà une augmentation des problèmes sanitaires (scolytes, manque d'eau, fragilisation...). Les surfaces de forêt resteraient stables à l'avenir mais elles risquent de devenir moins variées et plus claires, ce qui augmenterait l'évapotranspiration et la sécheresse des milieux. Concernant les essences : on peut se poser la question de la régénération naturelle qui permettrait d'obtenir un peuplement plus adapté par rapport au fait d'apporter de nouvelles essences. La forêt est sensible à plusieurs facteurs qui ne dépendent pas uniquement de la forêt et de l'eau. Son évolution est très liée aux plantations humaines. A ce jour, il semblerait qu'elle évolue plutôt vers une population de feuillus. Des expérimentations existent (mise en place de prairies/forêts avec le PNR Doubs-Horloger, « Ilots d'avenirs » financés par la région)

→ Surfaces de forêts stables  
→ Essences moins variées et moins résistantes, forêt plus claire

Pour les acteurs présents, il sera nécessaire d'augmenter la surface de forêt pour conserver ses bénéfices. Cela passerait potentiellement par le transfert de terres agricoles en surfaces forestières.

- Sur le sujet des **zones humides**, il est unanime pour les acteurs qu'elles sont précieuses et à conserver, du fait de leur rôle écologique important (réservoir d'eau notamment). Mais la tendance n'est pas à leur multiplication, tout juste à leur conservation.
- Comme pressenti lors de la présentation de l'état des lieux, la **qualité des cours d'eau** est un sujet d'inquiétude pour les acteurs.

Trois **sources de pollutions** sont identifiées :

- o Les rejets de STEP
- o Les systèmes d'Assainissement Non Collectif
- o Les pratiques agricoles

Cependant, les polluants ne sont pas la seule source d'inquiétude. La **thermie et la dynamique de l'eau** ont un impact sur les milieux et les populations, les étiages accentuant fortement ces effets négatifs et étant amenés à être plus intenses dans le futur. Plusieurs espèces indicatrices seraient amenées à disparaître du fait de la thermie. On peut citer la truite, sensible à la température. Ainsi, des actions type arasement des seuils seraient importantes à mener car ils impactent la qualité et température d'un cours d'eau, et ce d'autant plus en cas d'étiage.

- Enjeux sur la qualité et la thermie de l'eau
- Disparition d'espèces indicatrices

- Lien aux **activités humaines** qui seront impactées par les évolutions de la ressource dans le milieu naturel, notamment l'alimentation en eau potable.
- Le thème de la biodiversité en général, ainsi que des pressions qui s'accroissent sous l'effet du réchauffement climatique ont été très peu abordés.

### 3.2.3. Thème « Autres usages »

L'objectif pour ce thème était de discuter des activités agricoles, industrielles, hydroélectrique et de loisirs (pêche, canoë-kayak, baignade...) sur le territoire en validant/précisant les données de l'état de lieux concernant l'évolution du cheptel et la consommation en eau par UGB par exemple mais également en posant l'évolution des différentes activités.

- ✓ **Agriculture** : il y a un consensus sur la **tendance à la baisse des effectifs** qui est globalement subie. Cela est dû à la baisse de l'offre fourragère et à la nécessité du respect du cahier des charges AOP qui est contraignant.

Les agriculteurs ont été plutôt proactif à la suite des différentes sécheresses mais avec les différents événements rencontrés, les acteurs voient une **baisse progressive de l'effectif** de -5% en 2023, -10% en 2040 jusqu'à -15% en 2050.

Les acteurs estiment plutôt à **80L/j la consommation en eau du bétail avec une saisonnalité** : 50 L/UGB au printemps (avril, mai, juin), 125 L/UGB en saison sèche (juillet, août, septembre) et 80 L/UGB le reste du temps.

Des cultures sont présentes sur le territoire, principalement pour l'autoconsommation. Avec les sécheresses observées, la part des cultures a tendance à diminuer en faveur des prairies pour assurer la production de fourrage. **Il n'est pas question d'aller vers l'irrigation (des cultures) d'après les acteurs**. Cependant, des programmes type REUT, la plantation de haies, l'agroforesterie permettraient d'améliorer la résilience des prairies, améliorer le bien-être animal... En plus de cela, les acteurs soulignent l'intérêt de la sensibilisation pour se diriger vers un changement des pratiques.

- Baisse progressive de l'effectif du cheptel : -5 % en 2030 ; -10 % en 2040 ; -15 % en 2050
- Consommation moyenne de 80 L/UGB/jour avec une consommation allant de 50 L/UGB/jour au printemps à 125 L/UGB/jour en période sèche
- Pas d'irrigation dans le futur

- ✓ **Industries** : il existe déjà des **limites réglementaires** de la consommation en eau. Il existe aussi des contraintes dans les processus industriels sur les **rejets et la qualité des rejets**. Le Plan Eau vient également ajouter un délai aux industries en imposant une baisse des prélèvements de 10% entre 2019 et 2030.

Pour les acteurs présents, un travail est à réaliser avec la Chambre de Commerce et des Industries notamment en repérant les petits prélèvements de moins de 7000 m<sup>3</sup>/an.

Concernant les coopératives laitières, toute l'eau consommée est restituée, la consommation étant lissée sur l'année. Il est précisé que la fabrication du Comté nécessite 1,1 litres d'eau par litre de lait transformé, la fabrication du Morbier en nécessite 1,3 litres le Bleu ou le Mont-d'or en nécessite 2 litres. Les coopératives travaillent sur la consommation d'eau par poste de transformation.

→ **Consommation d'1 à 2 L d'eau par litre de lait transformé**

- ✓ **Hydroélectricité** : l'exemple du barrage du Chatelôt a été pris. Contrairement aux autres barrages hydroélectriques du périmètre qui fonctionnent au fil de l'eau, celui-ci possède une réserve utile pour s'adapter aux besoins l'hiver. En été, il réalise des largages pour maintenir les débits. Depuis 2009, avec la saisonnalité de l'eau, le barrage a vu sa production réduite de 20%. En effet, en hiver, le barrage déborde alors qu'en été, il y a moins d'eau et les lâchés réalisés le sont pour garantir le débit réservé inscrit au règlement d'eau. A cela s'ajoute une vigilance à maintenir vis-à-vis de la qualité des rejets.