

SYNDICAT DE LA VALLEE DE L'OGNON

ETUDE PROSPECTIVE SUR LA RESSOURCE EN EAU DU BASSIN VERSANT DE L'OGNON

Votre contact :
Charlotte LOGVINENKO
logvinenko@isl.fr



// Diagnostic global du BV de l'Ognon

ISL Ingénierie SAS – LYON
83-85 boulevard Marius Vivier Merle
Immeuble LE PANORAMIC
69003 – Lyon
France
Tel : +33.4.27.11.85.00
Fax : +33.1.40.34.63.36

Visa

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	17/09/2025	RGR	CLK	BSE	Etat du document : En cours de rédaction

BSE : SEUROT Benjamin

CLK : LOGVINENKO Charlotte

RGR : GRANZOTTO Romain

Provisoire

SOMMAIRE

0	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
0.1	CONTEXTE GENERAL	1
0.2	OBJECTIFS DE L'ETUDE	1
0.3	PHASAGE DE L'ETUDE	2
1	DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT GLOBAL : SYNTHESE DES CONNAISSANCES	4
1.1	LOCALISATION DU BASSIN VERSANT	4
1.2	RELIEF	4
1.3	OCCUPATION DU SOL	5
1.4	GEOLOGIE	6
1.4.1	Travaux antérieurs	6
1.4.2	Lithostratigraphie	9
1.4.2.1	Les séquences de dépôts	9
1.4.2.2	Description des formations géologiques	9
1.4.2	Contexte structural	14
1.4.2.1	Les grands blocs tectoniques	14
1.4.2.2	Organisation et géométrie des terrains sédimentaires	16
1.5	CLIMATOLOGIE	17
1.5.1	Pluviométrie	17
1.5.1.1	Cumuls AURELHY	17
1.5.1.2	Stations pluviométriques	18
1.5.1.3	Evolution des cumuls pluviométriques	22
1.5.2	Températures	22
1.5.3	Évapotranspiration potentielle (ETP)	23
1.6	RESEAU HYDROGRAPHIQUE	23
1.6.1	Description générale	23
1.6.2	Affluents principaux de l'Ognon	24
1.6.2.1	Le Rahin	24
1.6.2.2	Le Scey	24
1.6.2.3	Le Rognon	25

1.6.2.4	Le Lauzin	25
1.6.2.5	La Linotte.....	25
1.6.2.6	La Tounolle.....	25
1.6.2.7	Le Ruisseau de Recologne	26
1.7	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE.....	26
1.7.1	Les grandes unités aquifères	26
1.7.1.1	Les grès du Trias inférieur	26
1.7.1.2	Les formations jurassiques	26
1.7.1.3	Les formations du Crétacé.....	27
1.7.1.4	Les formations alluviales.....	27
1.7.2	Les masses d'eau souterraines de la zone d'étude.....	28
1.7.3	La nappe des alluvions de la basse plaine de l'Ognon.....	31
1.7.3.1	Extension latérale	31
1.7.3.2	Epaisseur de l'aquifère	31
1.7.3.3	Epaisseur des argiles et des limons de couverture	33
1.7.3.4	Caractéristique hydrogéologique	33
1.8	QUALITE DE L'EAU	38
1.9	OUVRAGES HYDRAULIQUES.....	40
2	HYDROLOGIE DANS L'ETAT INFLUENCE.....	42
2.1	STATIONS HYDROMETRIQUES	42
2.2	DESCRIPTION DU CYCLE ANNUEL	47
2.3	PERIODE D'ETIAGE.....	48
2.3.1	Choix de la période de basses eaux.....	48
2.3.2	Stations d'observations des écoulements (réseau ONDE).....	50
2.4	EVOLUTION DES DEBITS JOURNALIERS	51
2.5	ESTIMATION DES RESSOURCES REGULATRICES	51
2.5.1	Essai de définition des ressources régulatrices.....	42
2.5.2	Méthode d'évaluation quantitative	51
2.5.3	Données étudiées	52
2.5.4	Résultats	Erreur ! Signet non défini.
2.5.4.1	U1004010 : L'Ognon à Servance (Fourguenons).....	5
2.5.4.2	U1025010 : Le Rahin à Plancher-Bas.....	8
2.5.4.3	U1014020 : L'Ognon à Montessaux.....	10

2.5.4.4	U1035410 : Le Scey à Beveuge	13
2.5.4.5	U1044010 : Chassey-lès-Montbozon	16
2.5.4.6	U1054010 : L'Ognon à Beaumotte-Aubertans	18
2.5.4.7	U1074020 : L'Ognon à Pin.....	21
2.5.4.8	U1084010 : L'Ognon à Pesmes	23
2.5.5	Bilan	53
2.6	CARTOGRAPHIE DES UNITES DE DRAINAGE KARSTIQUE	53
3	USAGES	57
3.1	PREAMBULE	57
3.2	ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP).....	57
3.3	INDUSTRIES	61
3.4	ABREUVEMENT	63
3.5	IRRIGATION	66
3.6	BARRAGE DE CHAMPAGNEY	66
3.7	PLANS D'EAU.....	67
3.8	STATIONS D'EPURATION	71
3.9	BILAN DES PRELEVEMENTS ET REJETS	74
4	MODELISATION HYDROLOGIQUE : GESRES.....	76
4.1	PRESENTATION DU LOGICIEL GESRES _{ISL}	76
4.2	DECOUPAGE DU BASSIN VERSANT.....	78
4.3	CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE.....	78
4.3.1	Préambule.....	78
4.3.2	Période de calage	79
4.3.3	Critères de calage	79
4.3.4	Résultats du calage	80
4.4	RESULTATS DU MODELE HYDROLOGIQUE.....	82
4.4.1	Définition des débits spécifiques.....	82
4.4.1.1	QMNA.....	82
4.4.1.2	VCN.....	82
4.4.1.3	Module.....	82

4.4.2	Etat actuel (influencé)	82
4.4.3	Etat actuel « désinfluencé » (naturel reconstitué).....	83
4.4.4	Comparaison de l'état désinfluencé (naturel) et influencé	83
4.4.4.1	Module.....	83
4.4.4.2	QMNA5.....	84
5	PROSPECTION	87
5.1	USAGES.....	87
5.2	ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP).....	87
5.3	INDUSTRIES	90
5.4	ABREUVEMENT	90
5.5	IRRIGATION	91
5.6	BARRAGE DE CHAMPAGNEY	91
5.7	PLANS D'EAU.....	91
5.8	STATIONS D'EPURATION	93
5.9	BILAN DES PRELEVEMENTS ET REJETS	94
5.10	CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	95

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1	QUESTIONNAIRE UTILISE POUR VERIFIER LES DONNEES DE LA BNPE	1
-----------------	---	----------

ANNEXE 2	COUPES GEOLOGIQUES DU SECTEUR D'ETUDE 2	
-----------------	--	--

ANNEXE 3	RESUME DES HYPOTHESES POUR LA MODELISATION	5
-----------------	---	----------

ANNEXE 4	CARTES DIAGNOSTIC DU BASSIN VERSANT.....	29
-----------------	---	-----------

ANNEXE 5	FICHES CALAGE.....	30
-----------------	---------------------------	-----------

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Bassin versant de l'Ognon	4
Figure 2 : Relief du bassin versant de l'Ognon	5
Figure 3 : Diagramme de l'occupation du sol sur le bassin versant de l'Ognon	5
Figure 4: Occupation du sol sur le bassin versant de l'Ognon	6
Figure 5 : Couverture du bassin versant de l'Ognon par les cartes géologiques au 1/50 000	8
Figure 6: Coupe stratigraphique synthétique schématisées des différentes formations géologiques du bassin versant de l'Ognon (Cornet, 1986)	10
Figure 7: Carte structurale du bassin versant de l'Ognon	15
Figure 8 : Cumuls AURELHY sur le bassin versant de l'Ognon	18
Figure 9 : Stations pluviométriques retenues sur le bassin versant de l'Ognon	21
Figure 10 : Pluviométrie interannuelle des stations pluviométriques retenues	21
Figure 11 : Evolution des cumuls pluviométriques annuels	22
Figure 12 : Température moyenne annuelle à la station de VILLERSEXEL SA (1993 -2023)	23
Figure 13 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'Ognon	24
Figure 14: Succession des aquifères au regard des formations géologiques du Jurassique rencontrées sur le secteur d'étude	29
Figure 15: Répartition des masses d'eau souterraines à l'échelle de la zone d'étude	30
Figure 16: délimitation de la nappe des alluvions de la basse plaine de l'Ognon	32
Figure 17: Localisation des stations piézométrique et hydrométriques du bassin versant de l'Ognon	34
Figure 18: Carte piézométrique de l'année 1973 (Secteur amont du bassin versant de l'Ognon) (Cornet, 1986)	35
Figure 19: Coupe technique et géologique de l'ouvrage BSS001JDDC	36
Figure 20 : Chronique piézométrique et tendance générale de la série - Piézomètre BSS001JDDC	37
Figure 21 : Vulnérabilité des territoires à l'enjeu de détérioration de la qualité de l'eau	38
Figure 22: Localisation de la prise d'eau sur le Rahin	40
Figure 23: Prélèvements de la prise d'eau du Rahin	41
Figure 24: Prélèvements mensuels pour la retenue de Champagney	41
Figure 25 : Stations hydrométriques retenues sur le bassin versant de l'Ognon	44
Figure 26 : Evolution des débits moyens annuels	51
Figure 27 : Schéma des ressources	43
Figure 28 : Les méthodes de calculs du débit de base (Grégor, 2010) : (a) Intégration par intervalle régulier ; (b) intégration par intervalle glissant et (c) intégration par les débits minimums	52
Figure 29 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier de l'Ognon à Servance	6
Figure 30 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit. 6	6

Figure 31 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1004010 (1968–2024) en m ³ /an	7
Figure 32: Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier du Rahin à Plancher-Bas	8
Figure 33: Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit .	9
Figure 34 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1025010 (1968–2024) en m ³ /an.....	10
Figure 35 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier de l'Ognon à Montessaux ...	11
Figure 36 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit.	12
Figure 37 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1014020 (1993-2024) en m ³ /an.....	13
Figure 38 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier de Scey à Beveuge.....	14
Figure 39 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit	14
Figure 40 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1035410 (1974-2024)....	15
Figure 41 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier l'Ognon à Chassey-lès-Montbozon.....	16
Figure 42 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit.	17
Figure 43 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1044010 (1986-2024)....	18
Figure 44 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier.	19
Figure 45 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit	20
Figure 46 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1054010 (1967-2024)....	20
Figure 47 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier	22
Figure 48 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit.	22
Figure 49 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1074020 (2003-2024)....	23
Figure 50 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier de l'Ognon à Pesmes.....	24
Figure 51 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit	24
Figure 52 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1084010 (1964-2024)....	25
Figure 53 : Répartition des points de traçage disponibles sur le secteur d'étude.....	55
Figure 54 : La nouvelle délimitation du bassin versant de l'Ognon et des bassins hydrogéologiques qui y sont reliés.	56
Figure 55: Découpage en sous bassins versants retenu	57
Figure 56 : Histogramme de l'évolution annuelle des prélèvements AEP [2012-2021]	58
Figure 57: Localisation des prélèvements AEP sur le bassin versant 'source BNPE).....	59
Figure 58 : Volume annuel prélevé sur chaque sous bassin versant, Année 2021	60
Figure 59 : Histogramme de l'évolution annuelle des prélèvements industries [2012-2021]	61

Figure 60: Localisation des prélèvements industriels, source BNPE	62
Figure 61 : Origine de l'eau utilisée pour l'abreuvement du bétail à l'échelle annuelle	63
Figure 62: Nombre d'UGB par sous bassin versant.....	64
Figure 63: Volume annuel consommé pour l'abreuvement du bétail selon l'origine	65
Figure 64 : Histogramme de l'évolution annuelle des prélèvements à la prise d'eau du Rahin [2017-2024].....	66
Figure 65 : Histogramme de la répartition mensuelle moyenne des prélèvements réalisés sur la prise d'eau du Rahin [2022-2024]	67
Figure 66: Principe de l'évapotranspiration, source INRAE	68
Figure 67: Comparaison de l'ETP, l'ETR et l'évaporation sur une surface équivalente, en m ³ /s	69
Figure 68: Localisation des plans d'eau, source INPE.....	70
Figure 69 : Répartition mensuelle des rejets des STEU - Année 2023.....	71
Figure 70: Localisation des stations d'épuration.....	72
Figure 71: Volume annuel rejeté par les stations d'épuration par sous bassin versant, année 2023	73
Figure 72 : Bilan des prélèvements et rejets annuels sur le bassin versant de l'Ognon.....	74
Figure 73: Bilan des prélèvements et des rejets par sous bassin	75
Figure 74 : Schéma du modèle hydrologique GR4J	76
Figure 75 : Module CEMANEIGE sur GESRES	77
Figure 76 : Découpage du BV de l'Ognon en sous bassins versants	78
Figure 77 : Paramètres de calage des sous bassins versants.....	80
Figure 78 : Résultats de modélisation en état actuel influencé - Période [1994 – 2023]	83
Figure 79 : Résultats de modélisation en état actuel désinfluencé - Période [1994 – 2023]	83
Figure 80 : Valeurs et comparaison des modules de l'état influencé et naturel	84
Figure 81 : Valeurs et comparaison des QMNA5 de l'état influencé et naturel	84
Figure 82: Ecart entre le module naturel et influencé sur la période 1994-2023	85
Figure 83: Ecart entre le QMNA5 naturel et influencé sur la période 1994-2023	86
Figure 84 : Test de sensibilité sur l'évolution de la consommation selon les deux méthodes	89
Figure 85 : Bilan des prélèvements et rejets annuels sur le bassin versant de l'Ognon pour 2020 et 2050.....	94
Figure 86 : Evolution des cumuls pluviométriques annuels	95
Figure 87 : Température moyenne annuelle à la station de VILLERSEXEL SA (1993 -2023)	96
Figure 88 : Evolution des débits moyens annuels	96

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Stations pluviométriques sur ou à proximité du bassin de l'Ognon	19
Tableau 2 : Stations pluviométriques retenues.....	20

Tableau 3 : masses d'eau souterraines du bassin de l'Ognon	28
Tableau 4 : Liste des piézomètres dans la zone d'étude	33
Tableau 5 : Périodes de mesures	33
Tableau 6 : Statistiques descriptives des données piézométriques de BSS001JDDC.....	37
Tableau 7 : Évaluation écologique des eaux superficielles.....	39
Tableau 8 : Stations hydrométriques sur le bassin versant de l'Ognon	45
Tableau 9 : Qualités des eaux des 8 stations retenues	46
Tableau 10 : Histogramme des moyennes des débits mensuels.....	47
Tableau 11 : Modules (m^3/s) sur le bassin versant de l'Ognon	47
Tableau 12 : Détermination des mois secs pour la station « L'Ognon à Pesmes » [2001-2023]....	49
Tableau 13 : Détermination de la période de basses eaux sur le bassin versant de l'Ognon.....	50
Tableau 14 : Données Onde sur 5 stations du bassin versant de l'Ognon (mois de mai à septembre sur la période [2012 : 2024])	50
Tableau 15 : Résumé statistique du débit mesuré et du débit de base de l'Ognon à Servance pour la période 1986-2024.	5
Tableau 16 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique ($L/s/km^2$) à la station U1004010.....	7
Tableau 17 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de base de Rahin à Placher-Bas pour la période 1968-2024.....	8
Tableau 18 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique ($L/s/km^2$) à la station U1025010.....	10
Tableau 19 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de base de l'Ognon à Montessaux pour la période 1993-2024.	11
Tableau 20 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique ($L/s/km^2$) à la station U1014020.....	13
Tableau 21 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de base du Scey à Beveuge pour la période 1974-2024.....	14
Tableau 22 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique ($L/s/km^2$) à la station U1035410.....	15
Tableau 23 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de l'Ognon à Chassey-lès-Montbozon pour la période 1987-2024.....	16
Tableau 24 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique ($L/s/km^2$) à la station U1044010.....	18
Tableau 25 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de de de l'Ognon à Beaumotte-Aubertans pour la période 1967-2024.....	19
Tableau 26 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique ($L/s/km^2$) à la station U1054010.....	21
Tableau 27 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de l'Ognon à Pin pour la période 2003-2024.....	21
Tableau 28 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique ($L/s/km^2$) à la station U1074020.....	23

Tableau 29 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de l'Ognon à Pesmes pour la période 1964-2024.	24
Tableau 30 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (L/s/km ²) à la station U1084010.	25
Tableau 31 : Estimation des débits de base.....	53
Tableau 32 : Evolution de la population d'après l'INSEE pour chaque sous bassin versant	88
Tableau 33 : Evolution des consommations d'AEP selon les méthodes INSEE et BNPE.....	88
Tableau 34 : Evolution des cheptels ainsi que leur consommation par décennie	90
Tableau 35 : Besoins estimés en irrigation (actuels et futurs).....	91
Tableau 36 : Evolution de l'évaporation sur les plans d'eau du BV en fonction des hypothèses climatiques.....	92
Tableau 37 : Evolution de l'évapotranspiration sur les plantes du BV en fonction des hypothèses climatiques.....	92
Tableau 38 : Consommation totale et volume rejeté d'après l'évolution de la population estimée par l'INSEE pour chaque sous bassin versant selon les années.....	93

Provisoire

0 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

0.1 CONTEXTE GENERAL

Alors que le SDAGE Rhône Méditerranée identifie les secteurs en déséquilibre quantitatif, les signes de l'aggravation de la situation liés aux changements climatiques se multiplient. Le bassin de la Saône, dont l'Ognon constitue l'un des principaux affluents, est identifié comme un bassin vulnérable au changement climatique, justifiant la mise en place de mesures génériques d'adaptation du point de vue des enjeux, de la biodiversité, de la disponibilité en eau et de l'hydricité des sols. Il constitue d'autre part l'un des bassins les plus vulnérables au changement climatique pour l'enjeu « niveau trophique des eaux » nécessitant des actions fortes d'adaptation au changement climatique.

Le sous bassin versant de l'Ognon a, quant à lui, été identifié par le SDAGE comme sous bassin versant en équilibre quantitatif précaire. Des actions de préservations des équilibres quantitatifs pour tout ou partie du territoire y sont nécessaires pour l'atteinte du bon état.

La tendance à la raréfaction de la ressource pour l'avenir est désormais démontrée scientifiquement. Les débits des cours d'eau en particulier en période d'étiage ainsi que la recharge pluviale de la nappe diminueraient alors que l'assèchement des sols et l'augmentation de la température provoqueraient une augmentation des besoins. L'Ognon et sa vallée ont notamment subi un étiage sévère et prolongé au cours de l'année 2022.

0.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Ce constat confirme la nécessité d'intégrer une plus forte anticipation des évolutions futures afin de garantir une gestion équilibrée de la ressource, mieux prendre en compte les évolutions dans les futurs projets et conserver les possibilités d'atteinte du bon état des cours d'eau.

La vallée de l'Ognon et les Plateaux Jurassiques de Haute-Saône constituent un territoire hétérogène où s'exercent de multiples pressions d'occupation de l'espace (évolution des pratiques agricoles, croissance périurbaine, voies de communications) avec des besoins en eau potable qui augmentent eux aussi.

L'état quantitatif des masses d'eau n'est globalement pas encore alarmant malgré des situations très hétérogènes autant en termes de capacité de stockage que de prélèvements.

Le comité de rivière de l'Ognon a souhaité intégrer dans le cadre de l'avenant au contrat de rivière Ognon, une étude visant à effectuer le bilan des prélèvements d'eau sur le bassin versant et à s'attacher à une analyse prospective de l'évolution des besoins et de la ressource en eau sur le territoire du Contrat de rivière. Cette étude fait écho au classement de l'Ognon par le SDAGE 2022-2027 en tant que sous bassin sur lequel des actions de préservation des équilibres quantitatifs sont nécessaires pour tout ou partie du territoire pour l'atteinte du bon état.

La présente étude prospective va permettre de déterminer les secteurs les plus vulnérables et d'anticiper les enjeux en matière de déséquilibre hydrique.

0.3 PHASAGE DE L'ETUDE

L'étude est divisée en 4 phases :

- Phase A : Définition du cadre de la participation. Une phase de concertation en amont de la démarche permet une meilleure implication des différents acteurs et d'affiner son contenu. Le cadre de participation est co-construit avec les acteurs locaux, de façon à correspondre au plus près à leurs attentes et aux spécificités du territoire, pour aboutir sur un cadre clair et partagé.
- Phase B : Diagnostic global du bassin versant. Cette phase a pour objectif de recueillir des données en lien avec l'hydrologie/ l'hydrogéologie du bassin ainsi qu'avec les usages de l'eau (prélèvements et rejets) sur le bassin dans le but de réaliser un modèle pluie débit. Après calage, les prélèvements sont retirés du modèle pour caractériser l'hydrologie naturelle du bassin et quantifier l'impact des prélèvements sur la ressource. L'évolution prospective des usages sera intégrée au modèle.
- Phase C : Stratégie générique sur l'ensemble du bassin versant de l'Ognon. Une revue de la littérature des actions possibles pour améliorer la qualité de la ressource en eau et préserver sa quantité sera réalisée. Des premiers échanges avec les acteurs locaux seront réalisés pour commencer à co-construire un plan d'actions et discuter des actions applicables au territoire.
- Phase D : Plan d'actions global et générique. Un plan d'actions co-construit est proposé à partir de l'analyse multicritère des actions stratégiques établies précédemment.

PHASE B : Diagnostic global du bassin versant de l'Ognon

1 DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT GLOBAL : SYNTHESE DES CONNAISSANCES

1.1 LOCALISATION DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant de l'Ognon est situé à cheval sur plusieurs départements : majoritairement en Haute-Saône (67%) et dans le Doubs (27%), mais également dans le Jura (5%) et en Côte d'Or (1%). Par ailleurs au Nord-Est, deux départements jouxtent le bassin versant et le délimitent pour partie : les Vosges et le Territoire de Belfort. Au total, il s'étend sur 2163 km².

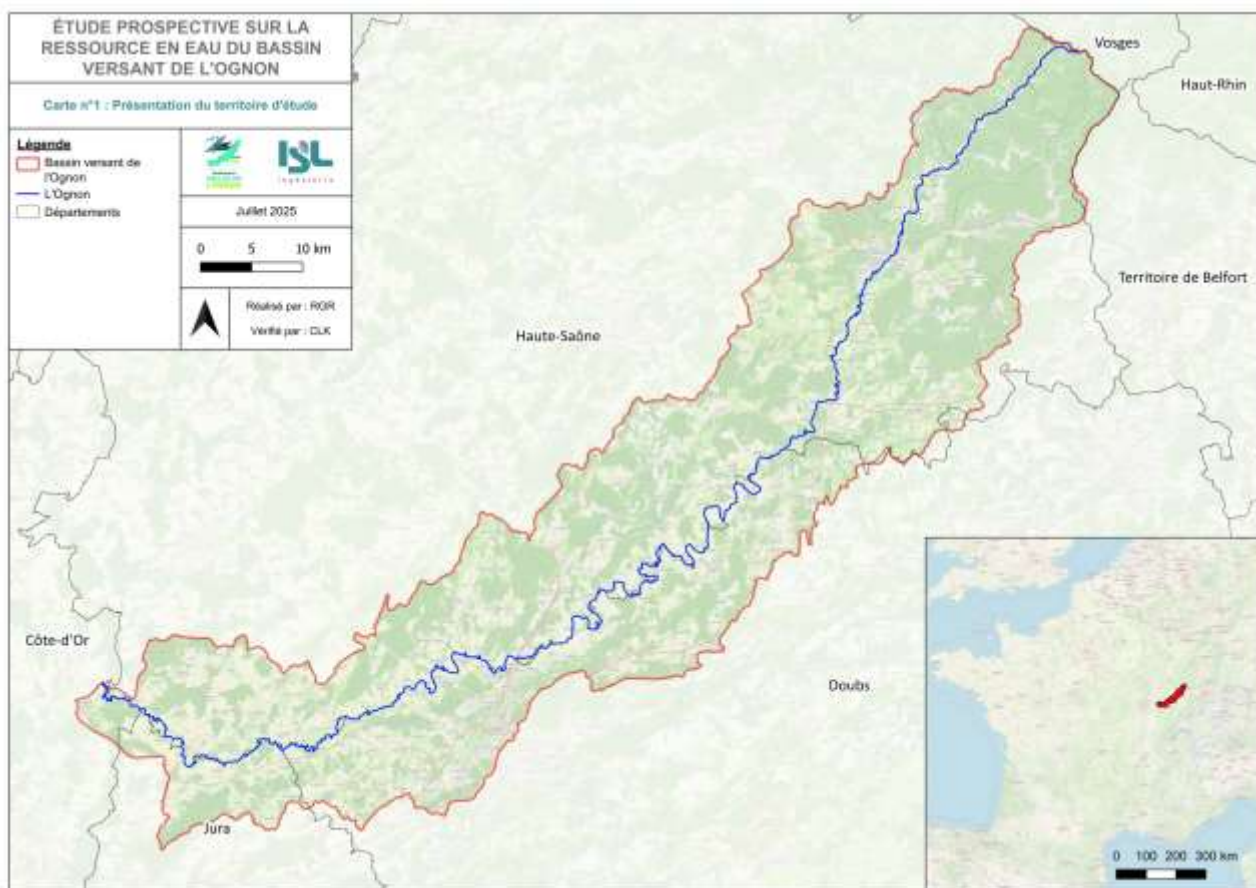


Figure 1 : Bassin versant de l'Ognon

1.2 RELIEF

L'Ognon prend sa source à proximité du Ballon de Servance, à 904 mNGF, au cœur de la Réserve naturelle nationale des Ballons comtois. Il s'écoule ensuite rapidement en direction d'une vaste plaine, au sud-ouest. Lure, à 30 km de la source de l'Ognon, s'établit déjà aux environs de 300 mNGF. L'Ognon chemine ensuite longuement jusqu'à sa confluence avec la Saône, à la cote 182 mNGF.

Les affluents qui alimentent les eaux de l'Ognon s'écoulent eux aussi à faible altitude, à l'exception de ceux prenant leur source dans le Chérumont en Haute-Saône (petit massif montagneux ne dépassant que 500 mNGF) ou sur les plateaux du Doubs.

L'altimétrie du bassin versant est ainsi comprise entre 1215 mNGF et 182 mNGF, comme illustré ci-dessous.

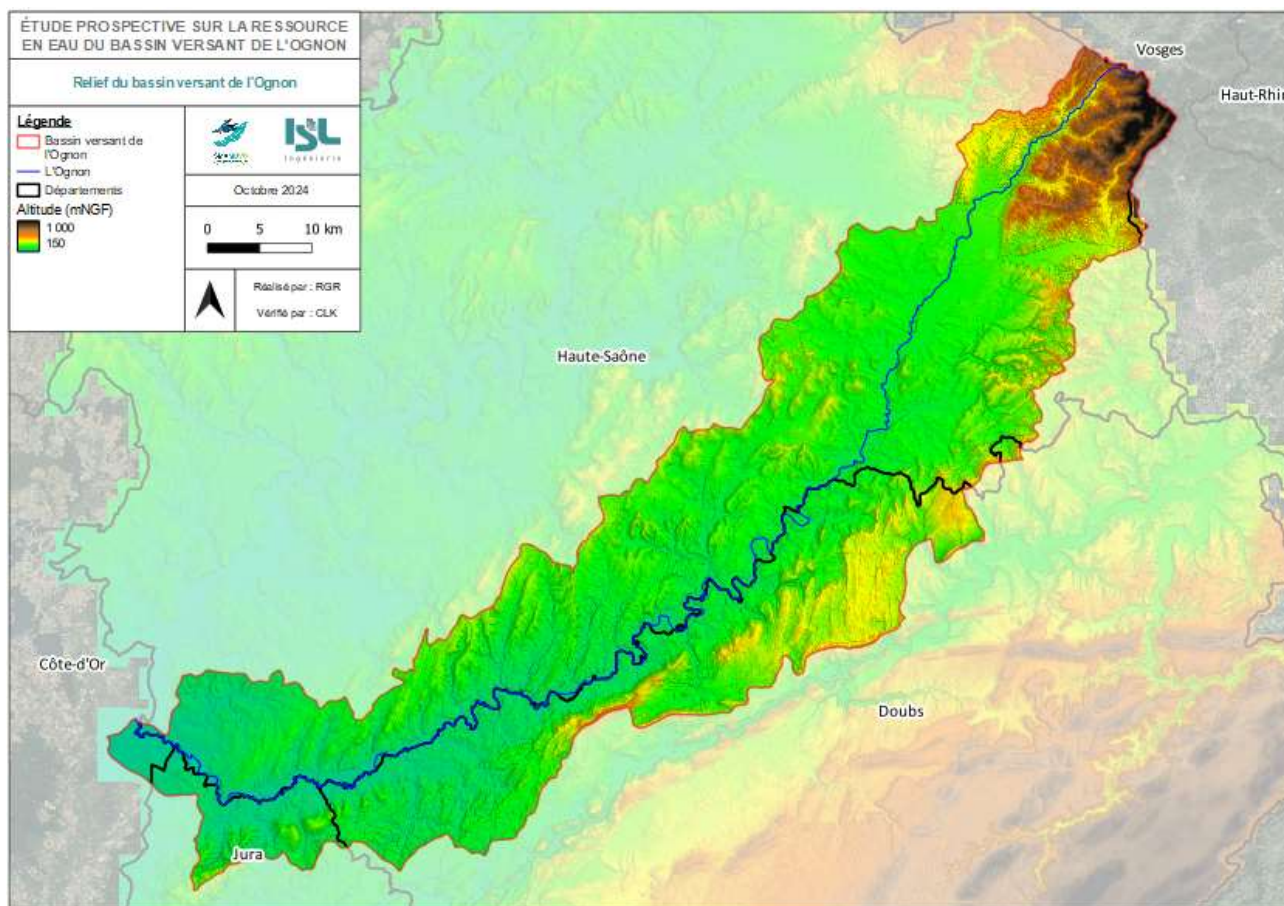


Figure 2 : Relief du bassin versant de l'Ognon

1.3 OCCUPATION DU SOL

L'occupation du sol du bassin versant de l'Ognon est représentée sur la carte de la page suivante. La donnée provient du Corine Land Cover 2018.

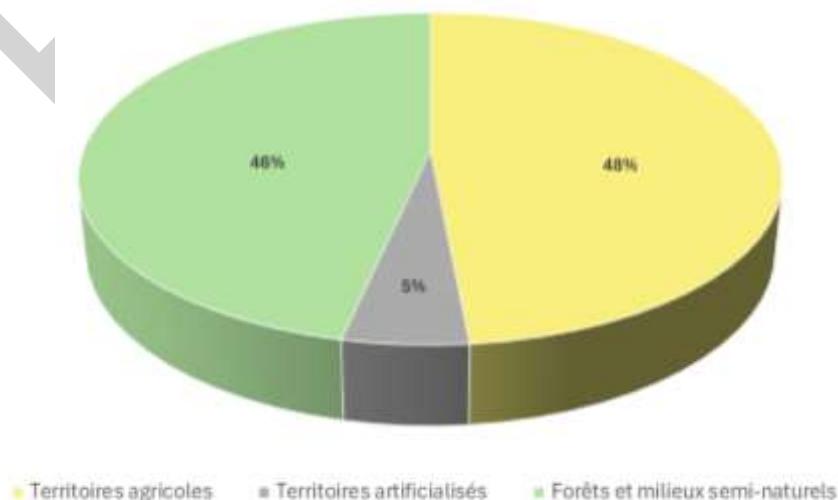


Figure 3 : Diagramme de l'occupation du sol sur le bassin versant de l'Ognon

Le zonage de l'occupation du sol met en évidence la prédominance des terres agricoles et des forêts sur le bassin versant étudié. Les zones artificialisées ne constituent que 5% du territoire.

L'inventaire national des plans d'eau (INPE) a également été exploité afin de rendre compte de la superficie occupée par les plans d'eau à l'échelle du bassin versant. La donnée est en libre accès depuis le site de l'IGN. L'analyse montre que les plans d'eau occupent 13 km² du bassin versant, soit 0,6% : leur part est résiduelle.

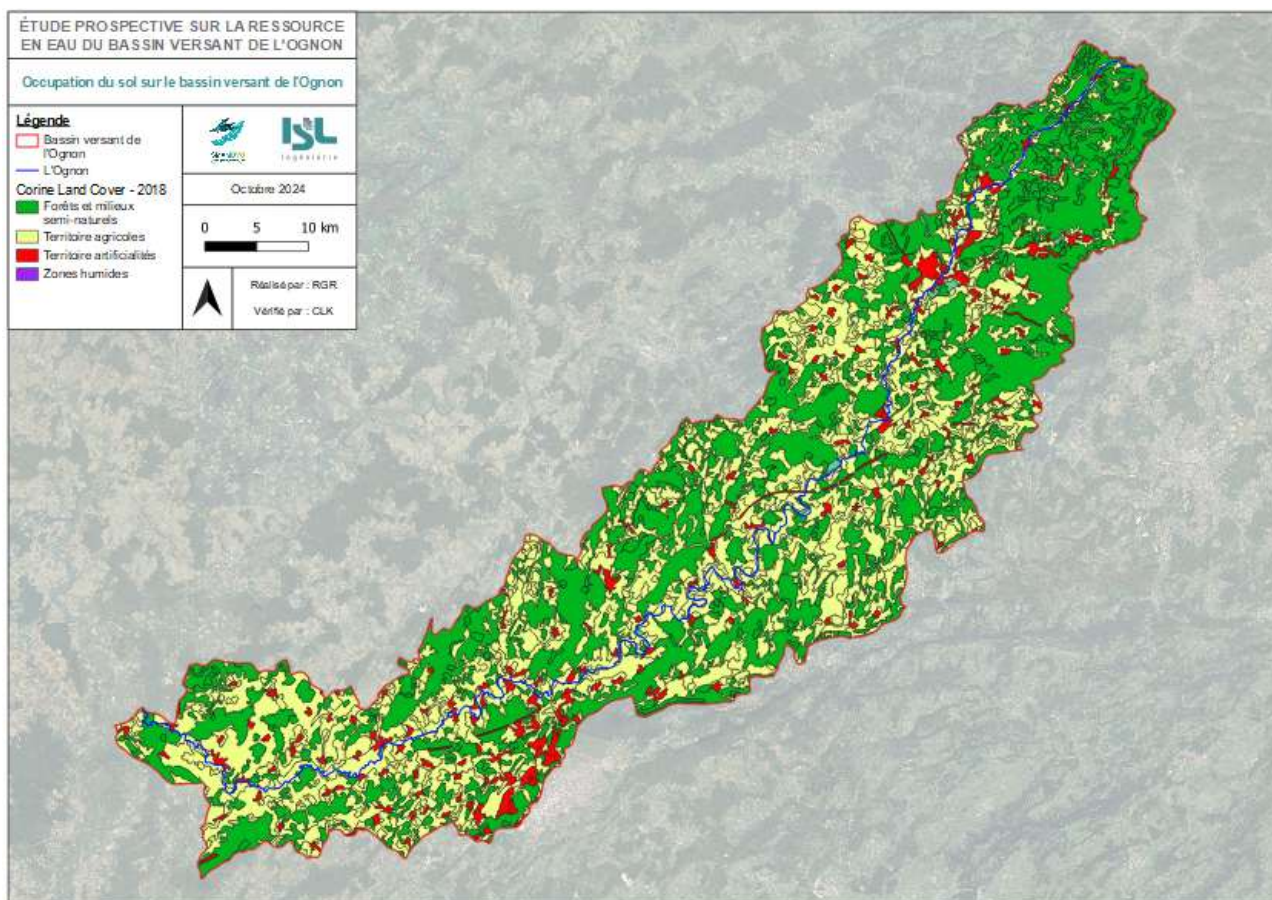


Figure 4: Occupation du sol sur le bassin versant de l'Ognon

1.4 GEOLOGIE

1.4.1 TRAVAUX ANTERIEURS

D'un point de vue géologique, le bassin versant s'étend depuis la bordure méridionale du massif vosgien où l'Ognon prend sa naissance jusqu'à la vallée de la Saône, qui constitue son niveau de base hydraulique.

Sur la majeure partie de son parcours, l'Ognon s'écoule dans une gouttière synclinale, délimitée en rive gauche par une ligne de reliefs correspondant à la terminaison septentrionale des avant-monts du Jura. Cette limite est marquée par un important accident tectonique chevauchant : la faille de l'Ognon. En rive droite, la vallée est bordée par une structure monoclinale, correspondant au flanc nord du synclinal, qui forme la bordure des plateaux calcaires de Haute-Saône.

Le contexte géologique à l'échelle de la zone d'étude est établi à partir des travaux portant sur le département de la Haute-Saône ainsi que sur les régions voisines du Jura et du Doubs. Les premières synthèses géologiques consacrées à cette zone remontent au XIXe siècle. Les travaux pionniers de Thirria (Thirria, 1833), Résal (Resal, 1864) et Delbos & Koechlin-Schlumberger (Delbos & Koechlin-schlumberger, 1866-1867) ont fourni les premières descriptions détaillées du département de la Haute-Saône, de ses environs et de ses formations géologiques.

Au début du XXe siècle, Cardot (Cardot, 1911) s'est intéressé au Trias inférieur de la haute vallée de l'Ognon, tandis que Fournier (Fournier, 1907) a étudié les structures tectoniques de la Franche-Comté et mené des recherches sur la houille dans le massif de Saulnot, situé à l'extrémité nord-est du bassin versant de l'Ognon.

Par la suite, des contributions majeures, telles que celles de Javey (Javey, 1966) et Journeaux (Journeaux, 1956), ont permis de préciser la stratigraphie mésozoïque de la vallée de l'Ognon, ainsi que la morphologie des plaines de la Saône, situées en aval, dans la partie sud-ouest du bassin.

Les travaux de Contini & Campy (Campy & Contini, 1981) et Contini (Contini, 1970, 1972, 1990) ont enrichi la compréhension de la paléogéographie jurassique (Enay, Contini, & BoullierA., 1988) ainsi que de la dynamique des terrasses alluviales dans la zone d'étude (Campy & Contini, 1973).

Enfin, les recherches de Théobald (Théobald, 1977), Bergerat (Bergerat, 1977) et Chauve & Pernin (Chauve & Pernin, 1975) ont apporté une compréhension approfondie de la fracturation, de la structure et de l'hydrogéologie régionale. Par ailleurs, les notices géologiques au 1/50 000 de nombreuses feuilles couvrant la région fournissent des descriptions détaillées des formations superficielles et profondes du bassin versant de l'Ognon.

Les cartes géologiques au 1/50 000 utilisées sont les suivantes :

- Baume-les-Dames (BRGM, 1972)
- Gy (BRGM, S.D.1.),
- Gromagny (BRGM, S.D.2.),
- Vesoul (BRGM, S.D.3.),
- Lure (BRGM, S.D.4.),
- Pesmes (BRGM, S.D.5.),
- Besançon (BRGM, 1967),
- Vercel (BRGM, S.D.6.).

La couverture par les cartes géologiques et les fonds harmonisés sont l'objet de la Figure 5. Les calcaires du Jurassique moyen occupent la rive gauche de l'Ognon (coté Besançon). En rive droite, ces calcaires sont recouverts par les sédiments marno-calcaires du Jurassique supérieur. En aval, les premiers dépôts tertiaires apparaissent tandis que la partie amont du bassin est principalement constituée par les sédiments argilo-sableux du Trias.

DECOUPAGES DES CARTES GEOLOGIQUES
BRGM 1/50000 DE L'AIRE D'ETUDE

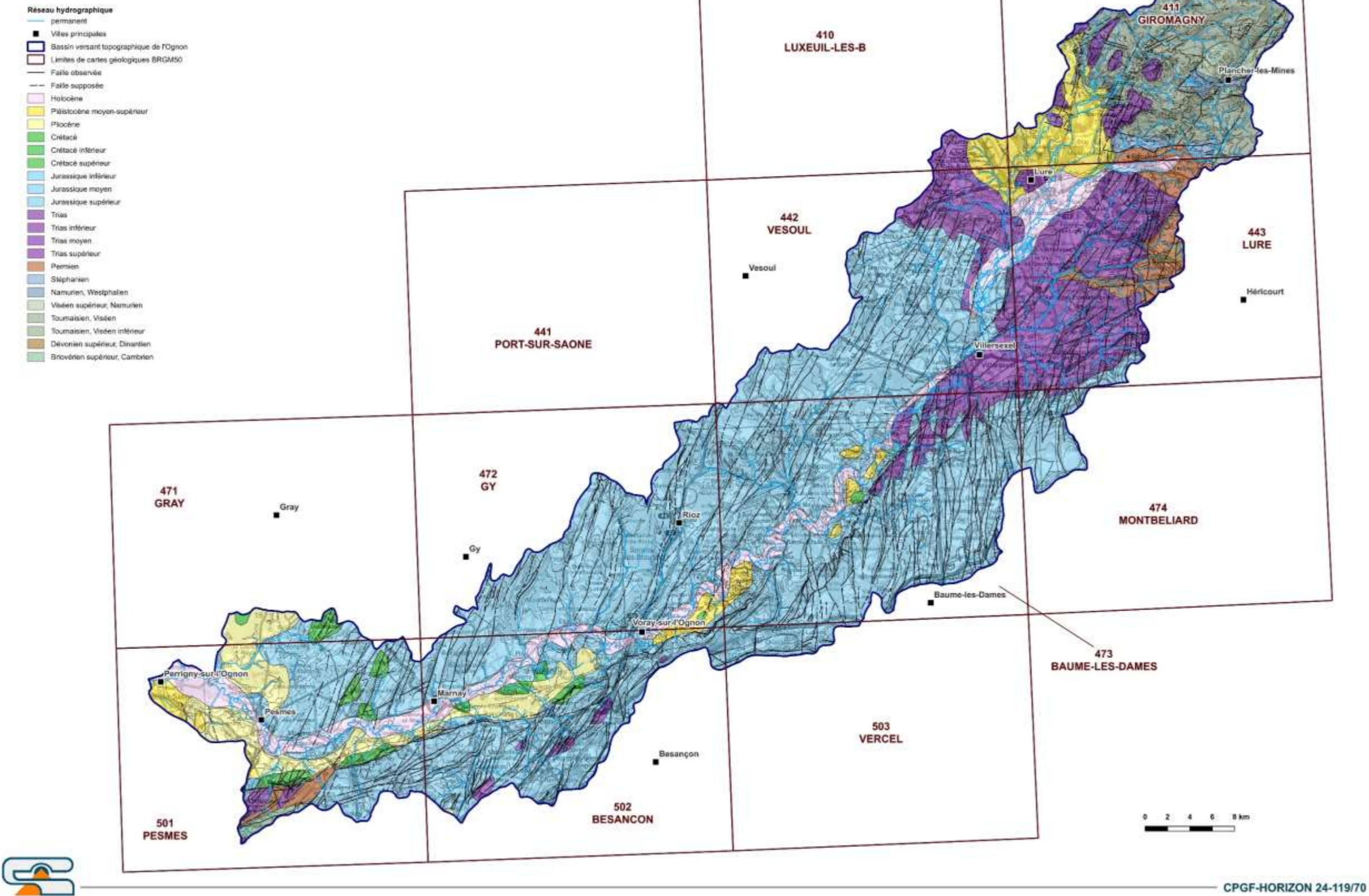


Figure 5 : Couverture du bassin versant de l'Ognon par les cartes géologiques au 1/50 000

1.4.2. LITHOSTRATIGRAPHIE

1.4.2.1. Les séquences de dépôts

Le bassin versant de l'Ognon, situé à la transition entre les Vosges, le plateau de Langres et le Jura, présente une stratigraphie bien développée allant du Paléozoïque au Quaternaire. Le substratum le plus ancien, affleurant en bordure nord du bassin, est constitué de formations paléozoïques comprenant des schistes, quartzites et granites, hérités d'anciens massifs hercyniens érodés. Ces terrains, souvent profondément enfouis, forment le socle sur lequel reposent les séries sédimentaires du Mésozoïque.

Le Trias, bien que localement présent, reste faiblement représenté en surface. Il est composé de grès rouges fluviatiles (Buntsandstein), de calcaires coquilliers marins (Muschelkalk) et de marnes parfois évaporitiques (Keuper), traduisant une alternance de milieux fluviatiles, lagunaires et marins peu profonds. Ces sédiments sont présents dans la partie amont du bassin, sur les feuilles de Lure, Vesoul et Luxeuil-les-Bains.

La série jurassique constitue la couverture sédimentaire dominante dans la majorité du bassin, notamment dans les régions de Gy et Baume-les-Dames. Le Jurassique inférieur (Lias) se caractérise par des marnes et des calcaires marneux déposés dans un environnement marin calme et peu profond. Le Jurassique moyen (Dogger) marque une période de sédimentation carbonatée active avec la mise en place de calcaires compacts, souvent oolithiques (grande Oolithe), traduisant une plate-forme marine plus ouverte. Enfin, le Jurassique supérieur (Malm) est représenté par des calcaires massifs déposés dans une mer chaude et peu profonde à forte production biologique. Ces formations constituent des aquifères importants karstifiés.

Le Crétacé est très peu représenté dans ce bassin. Les dépôts tertiaires sont également rares, mais quelques formations d'origine lacustre ou fluviatile peuvent subsister localement dans les zones les plus basses du bassin, notamment en lien avec le fossé bressan à l'ouest.

Enfin, les formations quaternaires recouvrent largement les fonds de vallée, en particulier le long de l'Ognon et de ses affluents. Il s'agit d'alluvions récentes (graviers, sables, limons) déposées par les cours d'eau, ainsi que de colluvions en pied de versant et, au nord du bassin, de dépôts glaciaires hérités des phases périglaciaires du Pléistocène. Ces formations quaternaires constituent les couches superficielles les plus récentes du bassin, jouant un rôle important dans l'hydrologie actuelle.

1.4.2.2. Description des formations géologiques

La Figure 6ci-après présente une coupe stratigraphique schématique et synthétique des différentes formations géologiques observées dans le bassin versant de l'Ognon. Les niveaux marneux sont figurés dans la colonne stratigraphique et séparent des formations géologiques essentiellement calcaire à partir du Jurassique inférieur.



Une description détaillée des formations géologiques est présentée ci-après des plus anciennes aux plus récentes.

- **Le Socle hercynien (Paléozoïque)**

Le socle hercynien correspond à l'ensemble des formations cristallines et métamorphiques du Paléozoïque, mises en place au cours de l'orogénèse hercynienne (fin du Carbonifère). Il est constitué principalement de granites, de gneiss, de schistes cristallins, et localement de roches volcaniques.

Dans la feuille de Lure, le socle hercynien affleure à l'amont du bassin versant de l'Ognon, notamment autour de Mélissey, dans les Vosges saônoises. Il y forme les hauts reliefs structuraux du massif des Vosges méridionales, et constitue le substratum régional sur lequel se sont déposées ultérieurement les séries sédimentaires mésozoïques (BRGM, S.D.4.).

Ce socle, très ancien, est imperméable à l'état massif, mais peut localement présenter des fissures ou des zones altérées où circulent des eaux souterraines. Cependant, son rôle hydrogéologique est limité à des écoulements discontinus, confinés aux zones fracturées ou altérées en surface.

- **Le Permien**

Dans le bassin de l'Ognon, les formations permienes sont bien représentées, bien que leur distribution varie selon les secteurs. Sur la feuille de Lure, au nord-est du bassin versant de l'Ognon, le Permien apparaît sous forme de dépôts détritiques composés essentiellement de grès rouges, de conglomérats et d'argilites, visibles notamment à proximité de Neuville-lès-Lure (BRGM, S.D.4.). Dans le secteur de Giromagny, au nord du bassin versant, il affleure en plusieurs points, notamment dans les bassins de Giromagny, de Champagny, ainsi que dans le massif du Rocheret, à l'ouest de Mélissey. Les grès permienes forment des reliefs boisés comme ceux de Chérumont, du Bois du May et de la Forêt des Granges. Dans le secteur de Baume-les-Dames, situé au centre-est du bassin versant, le Permien n'affleure pas en surface, mais il a été rencontré en sondage dans la carrière de Chazelot (Fournier, 1922). Il y est représenté par une série de plus de 340 mètres, comprenant au sommet des grès roses, blanchâtres et verdâtres à grain fin, reposant sur des argilolithes rouges interstratifiés de niveaux gréseux. Enfin, sur la carte de Pesmes, au sud-ouest du bassin versant, les formations permienes forment un bassin étroit en bordure nord-ouest du massif de la Serre, où elles reposent directement sur le socle cristallin. Elles sont constituées de conglomérats, d'argiles et de grès rouges. Cette série est suivie d'une importante séquence argileuse autrefois exploitée pour la fabrication de tuiles, puis de grès et de conglomérats violacés à éléments grossiers, observés notamment au sud-est d'Offlanges.

- **Le Trias**

Dans le bassin versant de l'Ognon, le Trias est bien représenté en surface, notamment dans les secteurs de Baume-les-Dames, Cuse, Offlanges, Jouhe, Menotey et Montmirey-le-Château. Le Buntsandstein (Trias inférieur), transgressif sur le socle ou le Permien, se compose de grès grossiers feldspathiques à galets et oxydes de fer (t_1), surmontés de grès plus fins et argileux (t_2), typiques des grès à Voltzia, bien visibles dans les environs de Pesmes et sur les reliefs de la Serre. Le Muschelkalk marque une transition vers un environnement plus marin. Dans la région d'Offlanges et de Jouhe, le Muschelkalk inférieur et moyen se compose d'argiles rouges et grises micacées (t_3-4), portant des pseudomorphoses de sel, et de dolomies argileuses. Le Muschelkalk supérieur forme des reliefs structuraux marqués près de Jouhe, avec des calcaires dolomitiques à entroques et dolomies cavernueuses (t_5-6). Le Keuper, bien développé entre Menotey et Montmirey-le-Château, inclut le Keuper inférieur à argiles plastiques rouge violacé, le Keuper moyen à dolomies jaunes massives et grès argileux (t_8), puis le Keuper supérieur à marnes vertes dolomitiques et argiles versicolores, parfois gypsifères (t_9). Enfin, le Rhétien (t_{10}), bien exposé à Cuse (secteur de Baume-

les-Dames), repose sur des marnes noires micacées et comprend des grès micacés gris à verdâtres entrecoupés de calcaires dolomitiques (BRGM, 1972). Les grès peuvent former localement des aquifères intéressants lorsque l'épaisseur de la formation est importante (50 à 100 m).

- **Le Jurassique**

- Le Jurassique inférieur**

Le Jurassique inférieur, ou Lias, repose directement sur les terrains triasiques ou, localement, sur des formations permienues ou cristallines dans les zones tectoniques actives. Il est constitué d'une succession de marnes et de calcaires à faciès relativement homogène, mais témoignant d'un environnement marin plus profond que les étages sus-jacents. À la base, l'Hettangien et le Sinémurien (j0a) sont caractérisés par des calcaires micritiques gris-bleu, riches en ammonites et en bivalves (BRGM, S.D.1.). Le Pliensbachien (j0b) présente des alternances marneuses et calcaires, souvent noduleuses, contenant des brachiopodes et des bélemnites. Enfin, le Toarcien (j0c) est marqué par des marnes noires riches en matière organique, parfois schisteuses, avec des ammonites de grande valeur biostratigraphique. Les marnes du Toarcien sont imperméables (BRGM, S.D.3.).

- Le Jurassique moyen**

Le Jurassique moyen correspond à une phase d'installation d'une plate-forme carbonatée peu profonde. Le Bajocien supérieur (j1b) est dominé par la **Grande Oolithe**, un calcaire oolithique et bioclastique épais (jusqu'à 50 m), parfois lumachellique à la base, contenant des pisolithes, polypiers et Nérinées. Les niveaux sous-jacents (j1a) alternent entre calcaires argileux et bancs bioclastiques. La Grande Oolithe est une formation aquifère importante dans le bassin de l'Ognon. Le Bathonien (j2) est constitué de calcaires sublithographiques, parfois graveleux, organisés en bancs compacts, jaunâtres ou cryptocristallins vers le sommet. On y trouve des niveaux à oncolithes (« momies ») et à *Terebratula veziani*. Le Callovien inférieur et moyen (j3-j4) marque une transition vers une sédimentation plus marneuse : les « dalles nacrées » (calcaires bioclastiques à oolithes ferrugineuses) sont suivies par les marnes à fossiles pyriteux (*Aspidoceras*, *Kosmoceras*, *Ouenstedtoceras*). Ces formations forment un aquifère majeur, souvent karstifié, très productif dans les zones faillées ou en contact avec les terrains imperméables sous-jacents du Lias (BRGM, S.D.3.).

Les calcaires du Jurassique moyen constituent un aquifère à triple porosité : matriciel (dans les faciès oolithiques), fissurés et karstique. Les marnes du Toarcien sont le mur de cet aquifère.

- Le Jurassique supérieur**

Le Jurassique supérieur est bien développé sur la rive droite de l'Ognon. Il commence avec l'Oxfordien, représenté par trois faciès principaux : le faciès argovien (j6), composé de calcaires argileux ; le faciès rauracien (j6) formé de calcaires oolithiques et bioclastiques riches en polypiers et Nérinées ; et le faciès séquanien (j7), constitué de calcaires sublithographiques gris avec quelques intercalations marneuses. Ces formations sont recouvertes par le Kimméridgien (j8), où alternent des marnes et des calcaires glauconieux et des marnes à petites huitres (*Exogyra virgula*) et à *Terebratula subsella*. Enfin, le Portlandien (j9) est représenté par des calcaires massifs compacts, blancs ou jaunâtres, à pâte fine, localement d'aspect pseudobréchique. Ces formations indiquent des environnements de plate-forme carbonatée peu profonde, affectée par des régressions progressives Dames (BRGM, 1972).

Sur le plan hydrogéologique, les formations du Jurassique supérieur forment plusieurs aquifères superposés dans les calcaires rauraciens et séquanien à la base et les calcaires du Portlandien dans la partie supérieure.

• Le Crétacé

Le Crétacé est très faiblement représenté dans les secteurs étudiés. Il n'apparaît qu'en marge du fossé bressan, dans la feuille de Pesmes, où il affleure très localement. Ces affleurements, parfois masqués par des formations quaternaires, sont constitués de sables et de grès glauconieux à ciment calcaire, typiques d'un environnement marin transgressif (BRGM, 1967) (BRGM, S.D.5.). Leur faciès suggère un âge Cénomani à Turonien (Crétacé inférieur à moyen). Ils reposent directement sur les calcaires jurassiques et sont recouverts par les formations tertiaires et quaternaires plus meubles. En raison de leur faible extension et de leur cimentation partielle, ils ne jouent qu'un rôle hydrogéologique mineur.

• Le Tertiaire

Dans la zone d'étude, les formations tertiaires sont réduites à des dépôts résiduels, sauf dans la région de Pesmes, où elles sont bien représentées au sein du fossé de la Saône. Ces formations correspondent à des dépôts argilo-sableux qui forment une couche de plusieurs mètres d'épaisseur, s'étageant entre 190 m et 255 m d'altitude, selon la notice de Pesmes (BRGM, S.D.5.).

Hydrogéologiquement, ces dépôts présentent une perméabilité hétérogène : les couches sableuses et graveleuses peuvent localement former des aquifères secondaires, mais les argiles intercalées limitent souvent les circulations verticales.

• Le Quaternaire

Le Quaternaire est largement développé dans le bassin versant de l'Ognon. Il se compose de plusieurs types de dépôts associés.

Les alluvions modernes

Ce sont des dépôts récents des lits majeurs de l'Ognon et de ses affluents. Ils sont constitués de :

- Galets, graviers, sables (souvent siliceux ou calcaires) ;
- Limons et argiles fines en surface, dans les zones de débordement ou les anciens méandres.

Ces formations, bien visibles entre Lure, Baume-les-Dames, Marnay et Pesmes, forment un aquifère alluvial superficiel, souvent de largeur inférieure à 1 km sauf dans quelques secteurs élargis (jusqu'à 5 km) (BRGM, 1972) (BRGM, S.D.5.). Les niveaux d'eau y sont proches de la surface (entre 2 et 8 m).

Les terrasses fluviales anciennes (Fx, Fy, Fz, etc.)

Ces terrasses, localisées en surplomb des alluvions actuelles, témoignent des paléo-niveaux de l'Ognon au Quaternaire ancien et moyen (BRGM, S.D.4.) (BRGM, S.D.5.). On en retrouve à différents niveaux d'altitude :

- Entre Marnay et Pesmes, où elles peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur ;
- Autour de Lure, sur les épandages fluvioglaciaires bordant la vallée.

Ces formations peuvent localement être aquifères si les galets dominent, mais elles sont souvent interrompues par des lentilles argileuses.

Les dépôts fluvio-glaciaires et glacio-lacustres (Fs, FI)

Présents surtout en amont, notamment dans les Vosges saônoises (secteur de Mélisey, Lure), ces dépôts sont liés à l'influence des glaciations vosgiennes (BRGM, S.D.4.). Ils comprennent :

- des argiles de décantation, des limons fins, parfois lacustres ;
- des galets et graviers fluvioglaciaires, à base siliceuse, parfois interstratifiés avec des sables.

1.4.2 CONTEXTE STRUCTURAL

1.4.2.1 Les grands blocs tectoniques

La Figure 7 présente les structures faillées du bassin de l'Ognon et les grandes unités tectoniques. Elles sont cartographiées à partir des cartes géologiques 1 / 50 000.

La zone d'étude forme un bassin structuré par des failles et des synclinaux. Elle constitue une zone de transition tectonique entre le bassin parisien et les reliefs plus fracturés du Jura. Ces unités sont réparties de part et d'autre de la grande faille de l'Ognon, un accident tectonique majeur ayant joué un rôle structurant dans l'évolution géologique du bassin. En tenant compte de la disposition des failles et des formations géologiques, les principaux blocs tectoniques identifiés sont les suivants :

a. Au sud : La bande faillée de l'Ognon :

La bande faillée de l'Ognon est un ensemble de failles situées au sud de la vallée. Les failles orientées NE-SW, sont liées à un chevauchement : les terrains au sud de la bande faillée remontent légèrement sur les terrains situés au nord (BRGM, 1967) (BRGM, S.D.5.).

Le secteur est également marqué par des torsions, où les couches géologiques sont courbées dans plusieurs directions.

b. Au centre : La vallée de l'Ognon :

La vallée de l'Ognon forme la dépression centrale du bassin. Elle débute dans le fossé d'effondrement de Lure et se poursuit au nord de la bande faillée de l'Ognon. Les alluvions recouvrent la série sédimentaire depuis les dépôts du Trias jusqu'aux calcaires du Jurassique supérieur (BRGM, 1972) (BRGM, S.D.4.). Dans la vallée, les alluvions masquent des failles de direction NNE-SSW qui se prolongent vers les plateaux voisins, reliant ainsi le bassin de l'Ognon aux autres formations géologiques environnantes (Campy & Contini, 1981).

L'accident de **Cendrey** est l'un des principaux accidents géologiques dans la vallée de l'Ognon. Cette faille divise la vallée en deux secteurs géologiques distincts du fait d'un abaissement des couches vers l'aval. Des affleurements de formations crétacées sont visibles autour de Thurey-le-Mont, et le relief est caractérisé par une dépression.

c. Au Nord : Les plateaux calcaires du Jurassique moyen et supérieur

Les plateaux entre Ognon et Saône : cette région est marquée par un réseau dense de failles orientées NNE-SSW, qui découpent le relief en blocs rocheux faiblement inclinés et s'abaissant progressivement vers le nord-ouest. Ces failles influencent la structuration des formations du Jurassique supérieur et du Crétacé, en préservant localement des synclinaux tronqués par l'érosion (BRGM, S.D.1.). À l'ouest, à proximité de Valay, les couches s'enfoncent progressivement sous les formations superficielles de la plaine de la Saône, tandis qu'à l'est, les blocs inclinés sont affectés par des accidents tectoniques secondaires de direction NE-SW (BRGM, 1967) (BRGM, S.D.3.).

Plateaux de Vesoul et de Baume-les-Dames : ces plateaux présentent des failles orientées N 25°E. Elles se traduisent par une succession de horsts (blocs de terrain élevés) et de grabens (fossés abaissés) étroits, témoignant des mouvements verticaux qui ont affecté la région. Les plateaux orientaux sont relativement stables, tandis que les plateaux occidentaux subissent plus de déformations (BRGM, 1972).

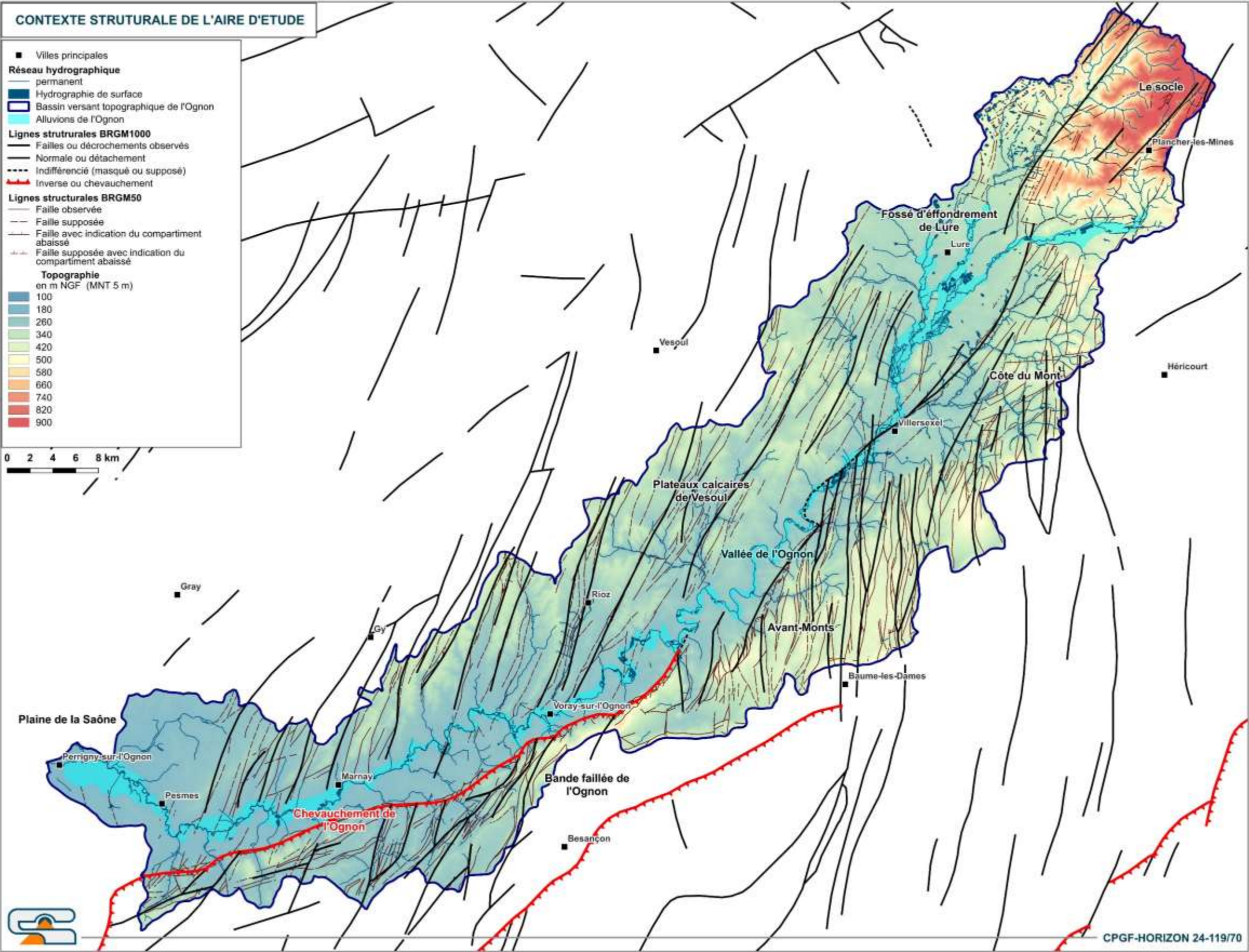


Figure 7: Carte structurale du bassin versant de l'Ognon

d. Les Avant-Monts :

La zone déformée des Avant-Monts s'étend entre la vallée de l'Ognon, au nord, et la vallée du Doubs, au sud. Il s'agit d'un faisceau tectonique plissé et faillé qui domine le plateau de Besançon, à l'est du méridien de Miserey-Salines. Cette région est profondément érodée à l'ouest, où elle laisse place à des alignements de petits reliefs (BRGM, 1972).

e. La côte du Mont :

La côte du Mont représente un point clé du bassin de l'Ognon, à l'est de la vallée. Cette région est caractérisée par un anticlinal (pli convexe) à noyau liasique. La côte du Mont culmine à plus de 500 m d'altitude, marquant la fin du faisceau des Avant-Monts dans cette zone. L'anticlinal est constitué principalement de formations du Jurassique supérieur, qui sont remontées et déformées par les mouvements tectoniques (BRGM, S.D.4.) (BRGM, 1972).

f. Le fossé d'effondrement de Lure à l'amont

Dans la région de Lure, le fossé de l'Ognon, bordé par les failles de Moffans-La Côte et du Mont de Vannes, constitue une zone effondrée comblée par des grès vosgiens masqués par les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires de la vallée de l'Ognon. Du point de vue hydrogéologique, le fossé de l'Ognon est un piège aquifère (BRGM, S.D.3.).

1.4.2.2 Organisation et géométrie des terrains sédimentaires

Six coupes géologiques transversales dans la vallée de l'Ognon ont été tracées dans le cadre de l'étude du BRGM (Cornet, 1986). Elles sont localisées sur la carte géologique au 50.000ème (voir ANNEXE 2).

La coupe géologique 8A, située à la vallée de l'Ognon en amont de Melisey, relie La Coua, au nord-nord-ouest, au Mont de Vannes, au sud-sud-est. Elle met en évidence une structure marquée par la présence du socle hercynien et de granites, qui affleure sous les alluvions glaciaires et les alluvions récentes. En s'éloignant de part et d'autre de l'Ognon, on observe que le socle est progressivement surmonté par le Trias inférieur. De plus, à l'interface entre le socle et les formations triasiques, plusieurs sources émergent, témoignant de la présence de niveaux de nappe superposés séparés par des formations plus argileuses (ANNEXE 2).

En se déplaçant légèrement vers l'ouest de la première coupe (8A), une deuxième coupe (8B), située à La Neuville-les-Lune, orientée ouest-est, relie Saint-Germain, à l'ouest, au Bois de la Saulnaire, à l'est. Cette coupe met en évidence une configuration géologique caractérisée par la disposition sub-horizontale des couches du Permien, du Trias inférieur, ainsi que des alluvions glaciaires et fluvio-glaciaires, sans déformations majeures dans sa partie occidentale. En revanche, vers l'est de cette coupe, des plis et des failles importantes apparaissent, entraînant un contact vertical entre les formations du socle hercynien, le Trias et le Permien, ce qui témoigne de contraintes tectoniques significatives dans cette zone (ANNEXE 2)

En se déplaçant un peu plus vers l'ouest des deux premières coupes, une troisième coupe (8C), située à Villersexel, relie le Grand Fougeray, au nord-ouest, au Bois du Petit Fougeray, au sud-est. Cette coupe révèle l'apparition progressive du Jurassique moyen et inférieur à l'ouest de l'Ognon, où ces formations affleurent sous les alluvions. À l'est de l'Ognon, le Trias demeure dominant et occupe la majeure partie de la structure géologique. Ces deux ensembles sont séparés par deux failles sub-méridiennes, accompagnées d'un basculement du Jurassique inférieur vers le haut, entraînant son contact direct avec les alluvions de l'Ognon. À ce niveau, on observe également la disparition du Jurassique moyen, probablement en raison de l'érosion ou du jeu tectonique (ANNEXE 2).

La coupe géologique 8D à Montagney, située dans la partie centrale du bassin versant de la zone d'étude et reliant Chazeaux au nord-est à Les Renouillères au sud-ouest, met en évidence une structure marquée par la superposition de trois grandes unités géologiques : le Trias supérieur, le Jurassique supérieur (Kimméridgien-Séquanien) et les dépôts alluvionnaires récents en bordure de l'Ognon (ANNEXE 2). Cette coupe révèle également une structure synclinale, où les dépôts calcaires, soumis à l'érosion, ont été progressivement remplacés par des alluvions récentes en bordure de l'Ognon. Aussi, on observe la présence de failles qui séparent les blocs du Trias et du Jurassique, laissant affleurer le Dogger (Jurassique moyen). De plus, les couches du Trias commencent à recouvrir celles du Jurassique, ce qui pourrait résulter d'un chevauchement tectonique ou d'une réactivation structurale plus récente. Cette superposition anormale suggère une activité tectonique ayant modifié la structure originelle des formations.

La coupe 8E située en aval du bassin versant de l'Ognon, reliant La Cognières (au nord-ouest) à Morchamps (au sud-est). Elle met en évidence un faisceau plissé de calcaires du Jurassique supérieur, dont une partie est entaillée par l'Ognon, tandis que l'autre est surmontée par des calcaires du Jurassique inférieur, érodés et recouverts par des alluvions attribuées au Pliocène ainsi que par des alluvions anciennes. On remarque également l'apparition du Lias et du Dogger au sud de cette coupe, à travers une grande faille qui chevauche les calcaires du Jurassique (ANNEXE 2).

En allant vers l'est de la zone d'étude, la coupe 8F qui relie Beaumotte-les-Pins (au nord) à Recologne (au sud), montre la superposition de deux ensemble stratigraphique. A la base un ensemble des calcaires du Jurassique supérieur sur lequel sont déposés les alluvions. Les calcaires sont érodés et constituent une épaisse couche. De plus, on commence à observer l'absence des structures plissées situées à l'ouest, et la couche des alluvions devient de plus en plus épaisse (ANNEXE 2).

1.5 CLIMATOLOGIE

1.5.1 PLUVIOMETRIE

1.5.1.1 Cumuls AURELHY

La base de données AURELHY donne la moyenne des cumuls annuels de pluie sur la période 1981 – 2010.

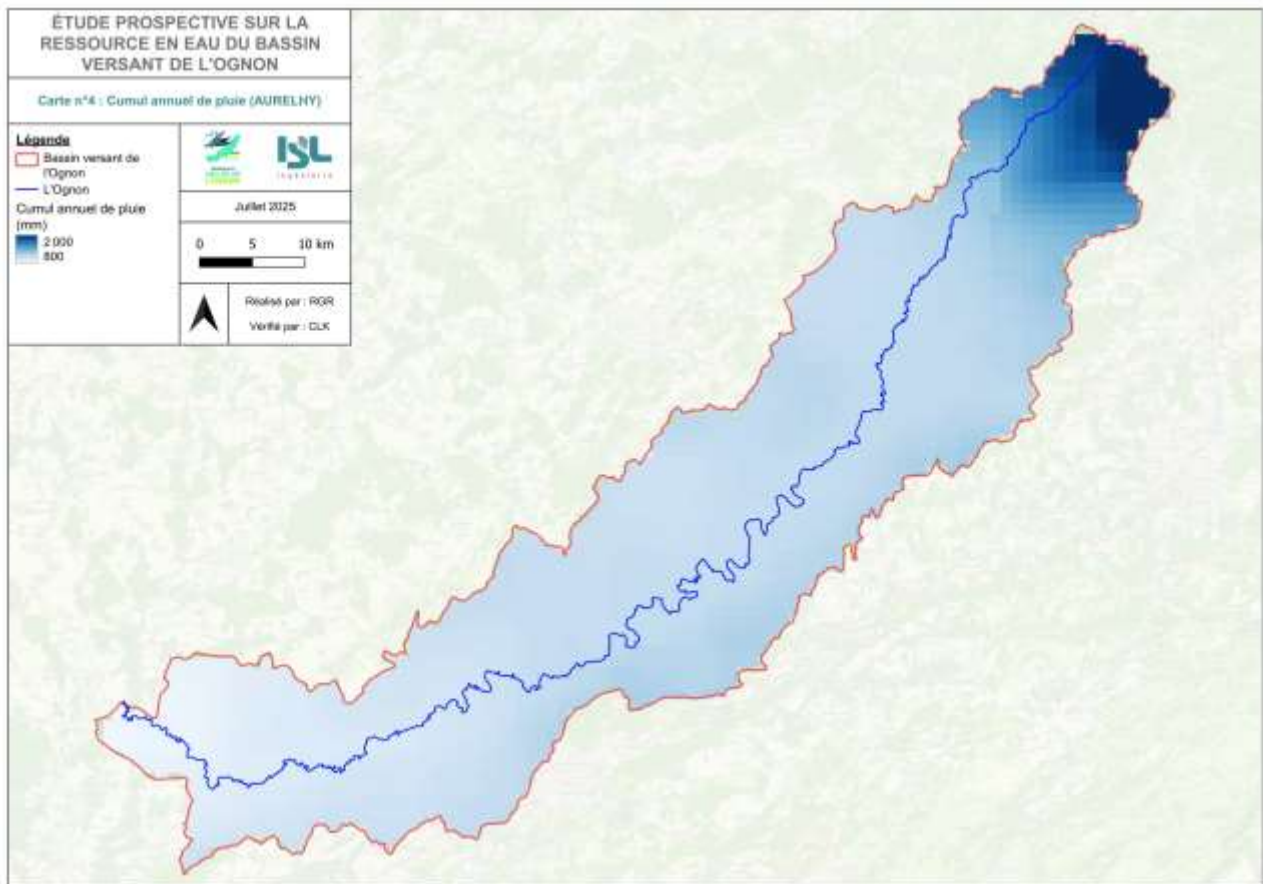


Figure 8 : Cumuls AURELHY sur le bassin versant de l'Ognon

Les cumuls AURELHY varient fortement, de 2299 mm à 840 mm, entre l'amont montagneux et l'aval de basse altitude du bassin versant. L'abondante pluviométrie locale de la Réserve Naturelle des Ballons Comtois est à souligner. La pluviométrie moyenne s'établit quant à elle à 1164 mm.

1.5.1.2 Stations pluviométriques

Les stations pluviométriques fournissent des séries chronologiques de cumuls de précipitations à un pas de temps fixe (minutes, jours, mois par exemple). Ces données sont disponibles sur le site meteo.data.gouv.fr. Elles serviront à la réalisation du modèle hydrologique GESRES. Les stations pluviométriques disponibles sur le périmètre de l'étude ou à proximité immédiate sont détaillées dans le tableau suivant.

Code	Nom station	Altitude (m)	Période temporelle	Taux de lacunes (%)	Nombre d'années	Nombre d'années complètes
25047001	BAUME-LES-DAMES	267	1943-2024	2.7%	81.6	72
25056001	BESANCON	307	1900-2024	0.0%	124.8	123
25087002	BRANNE_SAPC	287	2008-2024	0.0%	16.7	16
25133001	CHATILLON-LE-DU	341	1972-2021	0.0%	49.4	49
25372001	MEDIERE	302	2008-2024	0.0%	16.8	16
25468001	POULIGNEY	286	1990-2021	0.0%	31.7	31
39235001	FRAISANS	254	1949-2024	0.2%	75.5	72

Code	Nom station	Altitude (m)	Période temporelle	Taux de lacunes (%)	Nombre d'années	Nombre d'années complètes
68307001	SEWEN - LAC ALFELD_SAPC	620	1900-2024	0.9%	124.8	107
70283006	BALLON DE SERVANCE	1213	2005-2024	0.0%	19.3	18
70061002	BELFAHY_SAPC	847	1992-2024	0.3%	32.4	31
70104001	BUCEY-LES-GY	215	1950-2024	7.7%	74.7	62
70192001	CUGNEY	230	2001-2021	0.0%	21.0	21
70219001	ESPRELS	260	1973-2021	1.0%	49.0	43
70221002	ETOBON	425	2000-2021	0.0%	21.3	21
70229001	FAYMONT_SPAC	398	2018-2024	0%	0%	5
70227001	FAUCOGNEY	360	1950-2018	1.1%	68.8	64
70261001	FROTEY_SAPC	360	1991-2024	0.0%	33.4	31
70414003	LA PLANCHE	1030	1999-2009	1.6%	10.1	8
70310001	LURE	310	1957-2018	1.1%	62.0	59
70334001	MARNAY	205	1945-2019	4.6%	73.9	54
70339001	MELISEY	331	1967-2021	0.0%	54.8	54
70357001	MONTBOZON	290	1950-2018	5.3%	68.9	62
70408002	PESMES - SA	196	1989-2015	1.0%	25.4	23
70408001	PESMES	210	1950-2018	7.8%	68.9	57
70414001	PLANCHER-LES-MI	529	1956-2024	1.8%	68.1	61
70447002	RIOZ	275	2001-2024	0.0%	23.2	22
70478001	SAULX-DE-VESOUL	312	1986-2021	0.0%	35.7	35
70489003	SERVANCE	425	1950-2021	12.7%	71.9	48
70561002	VILLERSEXEL SA	290	1992-2024	0.0%	31.9	30
90065003	BALLON_SAPC	1153	1994-2024	0.0%	30.0	29
90052002	GIROMAGNY_SAPC	473	1991-2024	0.0%	33.8	33

Tableau 1 : Stations pluviométriques sur ou à proximité du bassin de l'Ognon

Le choix des stations pluviométriques retenues repose sur :

- Leur localisation ;
- Leur chronique de données disponibles (plus de 30 ans de données, données récentes, lacunes limitées) ;
- Leur altitude ;
- Leur pluviométrie annuelle ;
- La variabilité mensuelle et annuelle de leur pluviométrie.

Sur la base de cette analyse, 9 stations pluviométriques ont été retenues. Certaines stations présentent des lacunes sur la période [1994 ; 2023]. Le cas échéant, ces lacunes ont été comblées grâce aux données de stations situées à proximité et dont la pluviométrie est fortement similaire.

Code	Nom station	Chronique [1994 ; 2023] entièrement disponible
25056001	BESANCON	OUI
70061002	BELFAHY_SAPC	OUI
70104001	BUCEY-LES-GY	OUI
70261001	FROTEY_SAPC	OUI
70339001	MELISEY	NON Complété par : FAYMONT_SAPC
70357001	MONTBOZON	NON Complété par : BAUMES-LES-DAMES
70408001	PESMES	NON Complété par : PESMES et BUCEY-LES-GY (facteur correctif 0,85 sur les cumuls annuels)
70561002	VILLERSEXEL SA	OUI
90065003	BALLON_SAPC	NON Complété par : SEWEN – LAC ALFRED_SAPC

Tableau 2 : Stations pluviométriques retenues

La localisation des stations pluviométriques retenues est précisée sur la carte exposée ci-dessous.

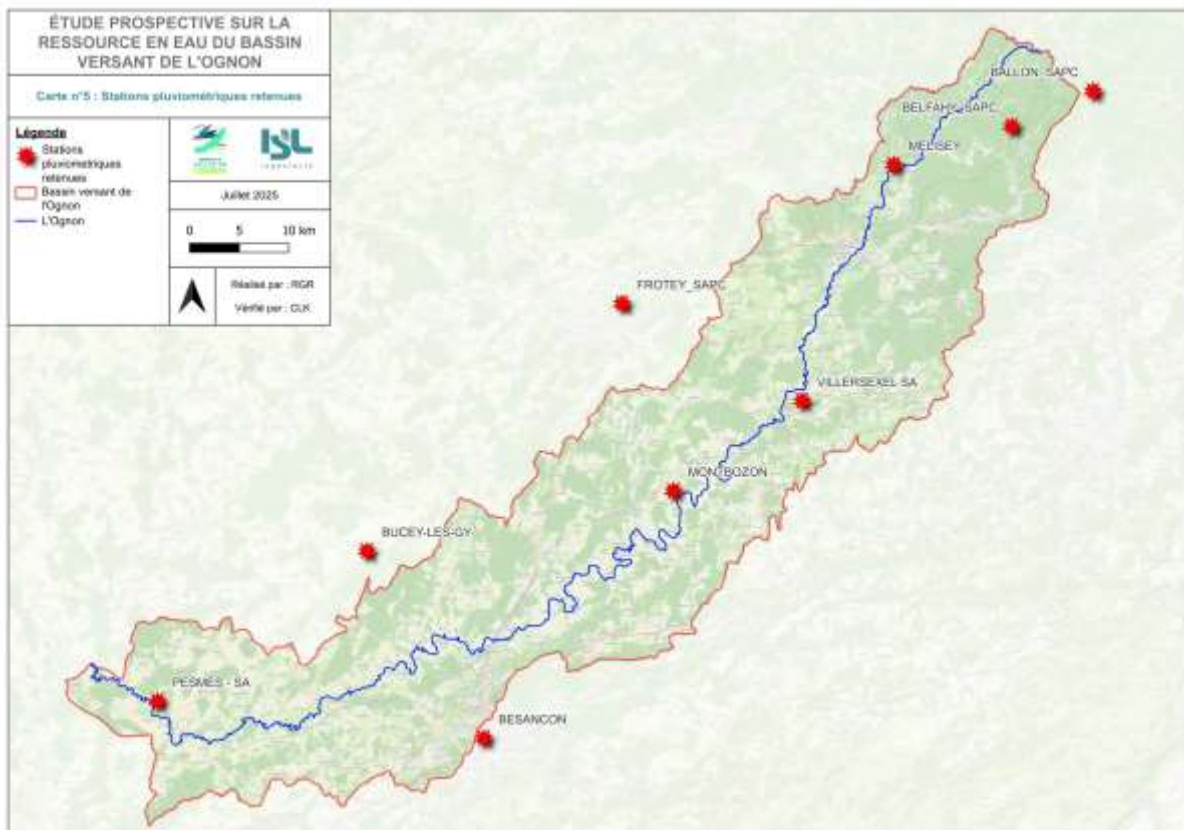


Figure 9 : Stations pluviométriques retenues sur le bassin versant de l'Ognon

La pluviométrie interannuelle de chacune des stations, sur leur chronique de données respective, est présentée ci-dessous.

	Moyenne interannuelle (mm)
BALLON_SAPC	2263
BELFAHY_SAPC	1914
BESANCON	1115
BUCEY-LES-GY	985
FROTEY_SAPC	899
MELISEY	1279
MONTBOZON	1091
PESMES SA	890
VILLERSEXEL SA	1027

Figure 10 : Pluviométrie interannuelle des stations pluviométriques retenues

1.5.1.3 Evolution des cumuls pluviométriques

Les cumuls pluviométriques annuels des 9 stations retenues sur les 30 dernières années sont tracés ci-dessous :

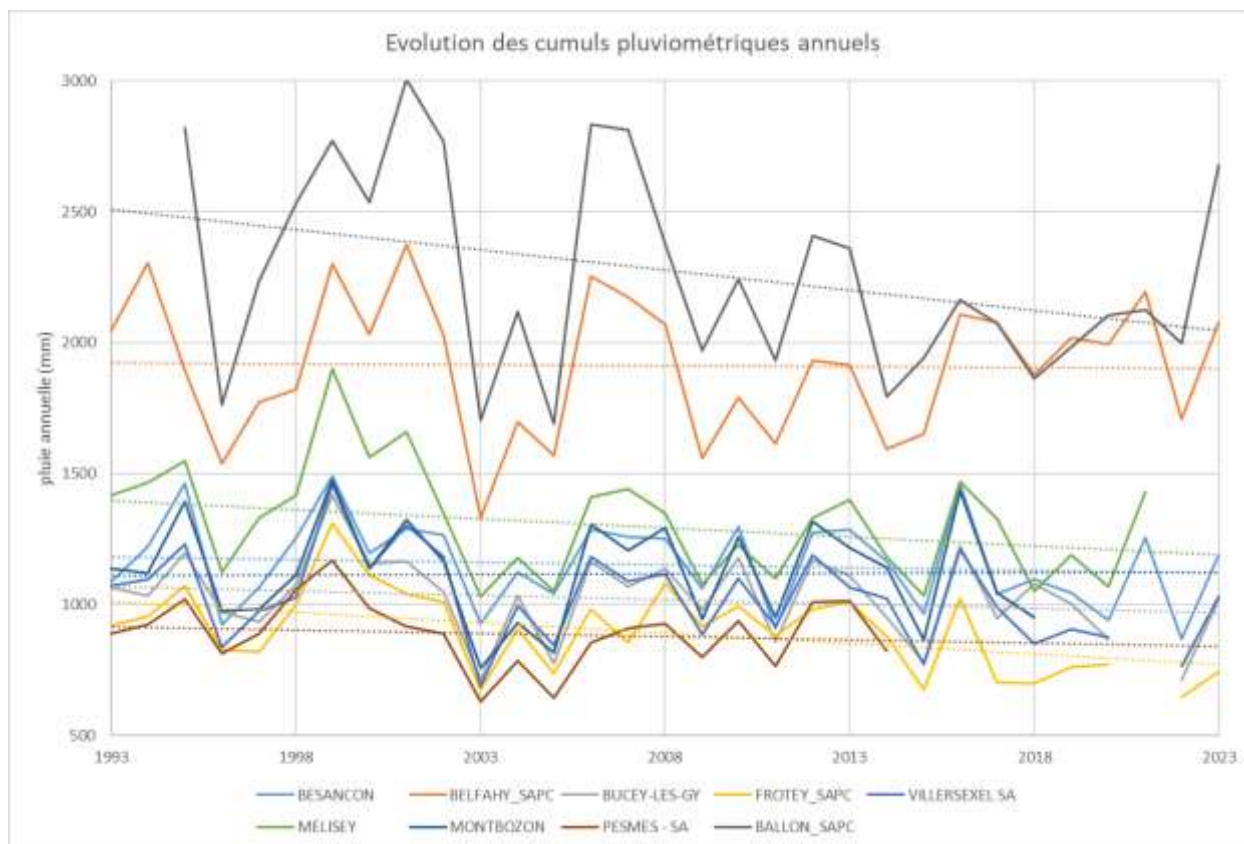


Figure 11 : Evolution des cumuls pluviométriques annuels

Une tendance à la baisse (7 à 15mm de pluie en moins en moyenne chaque année) est observable pour les stations de Ballon_SAPC, Frotey_SAPC, Villersexel_SAPC et Melisey. Cette baisse est plus modérée pour les autres stations.

Les stations présentant les tendances à la baisse les plus importantes sont localisées dans la partie amont du bassin versant.

1.5.2 TEMPERATURES

La station de mesure de température Villersexel a été retenue. Sa position centrale sur le bassin versant permet une bonne représentation de la température moyenne sur le bassin versant. Lors de la modélisation hydrologique, le logiciel GESRES permettra de moduler ces données selon l'altitude des sous-bassins versants considérés.

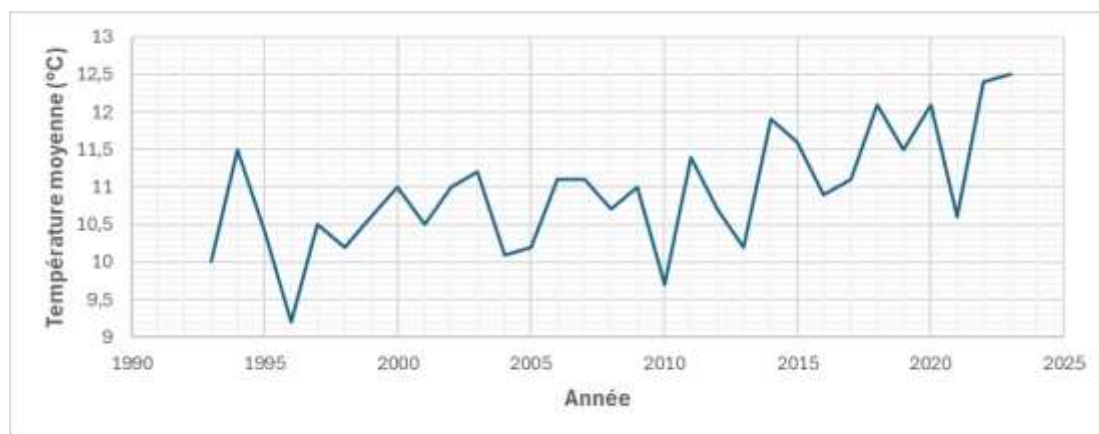


Figure 12 : Température moyenne annuelle à la station de VILLERSEXEL SA (1993 -2023)

L'évolution des températures semble être à la hausse : sur la période 1993-2005, la médiane des températures moyennes annuelles est de 10,5 °C ; sur la période 2006-2023, la médiane est de 11,1°C.

1.5.3 ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (ETP)

L'évapotranspiration potentielle (ETP) est la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée par évapotranspiration sous un climat donné par un couvert végétal continu bien alimenté en eau. Elle comprend donc l'évaporation du sol/substrat et la transpiration de la végétation d'une région donnée pendant le temps considéré. Elle s'exprime en hauteur d'eau.

L'ETP est calculée à partir de la formule d'Oudin :

$$ETP = \frac{R}{28.5} \frac{T + K_2}{100} \text{ si } T + K_2 \geq 0 ; ETP = 0 \text{ sinon}$$

Où R est le rayonnement extraterrestre en $MJ/m^2/d$, T la température moyenne en °C à 2m du sol, et K_2 le seuil de température de l'air en °C. Le rayonnement extraterrestre dépend de la distance à la terre, de la latitude du point de mesure, de la déclinaison du soleil et de l'angle du coucher de soleil. Le paramètre K_2 de la formule d'Oudin est fixé à 3. L'ETP est ainsi calculable au droit de chaque bassin versant en extrapolant la chronique de température issue de la station de Villersexel à l'aide du gradient thermique. Sur le bassin versant, l'ETP est estimée à 713mm/an.

1.6 RESEAU HYDROGRAPHIQUE

1.6.1 DESCRIPTION GENERALE

L'Ognon prend sa source sur la commune de Château-Lambert (70), sur le versant sud du massif des Vosges, à 904 mètres d'altitude. Il est un affluent de la Saône, avec laquelle il conflue à Heuilley-sur-Saône (21), après un parcours de 214 km.

L'Ognon possède un chevelu dense d'affluents. 21 d'entre eux présentent un linéaire supérieur à 10km et sont présentés ci-dessous.



1.6.2.1 Le Rahin

Le Rahin	
Bassin versant	170 km ²
Linéaire	50,5 km

Le Scey	
Bassin versant	165 km ²
Linéaire	20,4 km

1.6.2.3 Le Rognon

Sous-affluent de l'Ognon par le Scey, le Rognon prend sa source à Magny-Danigon (70) et conflue avec le Scey à Beveuge (70). Les principales caractéristiques du Rognon sont répertoriées dans le tableau suivant :

Le Rognon	
Bassin versant	181 km ²
Linéaire	18,8 km

1.6.2.4 Le Lauzin

Affluent de l'Ognon en rive droite, le Lauzin prend sa source à Noroy-le-Bourg (70) et conflue avec l'Ognon à Moimay (70). Les principales caractéristiques du Lauzin sont répertoriées dans le tableau suivant :

Le Lauzin	
Bassin versant	60 km ²
Linéaire	18,5 km

1.6.2.5 La Linotte

Affluent de l'Ognon en rive droite, la Linotte prend sa source à Valleriois-le-Bois (70) et conflue avec l'Ognon entre Cenans et Loulans-Verchamp (70). Les principales caractéristiques de la Linotte sont répertoriées dans le tableau suivant :

La Linotte	
Bassin versant	221 km ²
Linéaire	17,5 km

1.6.2.6 La Tounolle

Affluent de l'Ognon en rive droite, la Linotte prend sa source à Fondremand (70) entre le bois de Verbuzon et le bois de Chaley. Elle conflue avec l'Ognon à Boulot (70). Les principales caractéristiques de la Tounolle sont répertoriées dans le tableau suivant :

La Tounolle	
Bassin versant	55 km ²
Linéaire	14 km

1.6.2.7 Le Ruisseau de Recologne

Affluent de l'Ognon en rive gauche, le Ruisseau de Recologne prend sa source à Dannemarie-sur-Crète (25) et conflue avec l'Ognon à Ruffey-le-Château (25). Les principales caractéristiques du Ruisseau de Recologne sont répertoriées dans le tableau suivant :

Le Ruisseau de Recologne	
Bassin versant	74 km ²
Linéaire	15,2 km

1.7 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

1.7.1 LES GRANDES UNITES AQUIFERES

La structure hydrogéologique du bassin versant de l'Ognon est largement influencée par la géologie, qui détermine la répartition et le fonctionnement des principales formations aquifères. Ces formations varient en fonction de leur position dans la série stratigraphique et de leur localisation géographique. Sur le profil hydrogéologique, les masses d'eau souterraine sont, dans la mesure du possible, associées aux aquifères.

1.7.1.1 Les grès du Trias inférieur

L'épaisse série gréseuse du Trias affleure largement sur le flanc sud-oriental du bassin versant de l'Ognon, entre Melsey et Villersexel. Cette formation, caractérisée par une perméabilité interstitielle, joue un rôle aquifère et alimente de nombreuses sources, contribuant ainsi, en tout ou en partie, à l'approvisionnement en eau de plusieurs communes et syndicats de la haute vallée (Saint Barthelmy, Melisey, Malbougans, Ronchamp, Magny-d'Anigon, syndicat du Chérumont, Clairegoutte, Moffans-Vacheresse, Granges-La-Ville, Granges-Le-Bourg, Mignavillers, Senargent, syndicat des Beiges...).

Les grès ont un pouvoir filtrant important et les vitesses de circulation de l'eau y sont très faibles. Il en résulte que l'eau est généralement de bonne qualité et que les sources ont un débit assez constant, mais souvent assez limité, qui soutient les débits d'étiage des cours d'eau ;

Les grès du Trias inférieur ne constituent le substratum direct des alluvions de l'Ognon que sur une faible partie du cours, entre Montessaix et Lure. Dans ce secteur, ils peuvent contribuer, à l'alimentation de la nappe alluviale.

Cette formation correspond à la masse d'eau DG524.

1.7.1.2 Les formations jurassiques

La Figure 14 propose une description des aquifères rencontrés dans les séries du Jurassique. Les coupes ont été réalisées à partir des données des cartes géologiques afin d'étudier les variations de faciès de l'amont vers l'aval de l'Ognon.

Les formations jurassiques se composent de plusieurs formations aquifères de calcaires reposant sur une couche marneuse imperméable (Cornet, 1986). Ces formations calcaires constituent les principaux réservoirs aquifères du bassin, qui sont :

- **Les calcaires du Jurassique moyen** (Bajocien - Bathonien) : qui forment des aquifères karstiques avec des écoulements souterrains rapides. Ces nappes sont sensibles aux variations saisonnières et sont particulièrement vulnérables à la pollution en raison de la vitesse de circulation de l'eau. La Grande Oolithe du Bajocien est le grand aquifère du Jurassique moyen.
- **Les calcaires du Jurassique supérieur :**
 - ◆ Oxfordien supérieur (faciès "Séquanien" et "Rauracien") : qui constituent des réservoirs d'une grande importance. Les nappes qui y sont associées sont exploitées pour l'alimentation en eau potable de plusieurs communes (Esprels, Bonnal, Chassey-lès-Montbozon, etc.). La fracturation de l'aquifère assurent un approvisionnement en eau très important.
 - ◆ Kimméridgien : quelques niveaux aquifères sont interstratifiés entre les niveaux marneux
 - ◆ Les calcaires du Portlandien qui apparaissent en aval de l'Ognon.

Ces formations correspondent aux masses d'eau DG123, DG150, DG178 et DG228.

1.7.1.3 Les formations du Crétacé

Les formations du Crétacé inférieur sont peu représentées et jouent un rôle mineur dans l'hydrogéologie régionale. Elles comprennent des calcaires et des sables de l'Hauterivien et de l'Albien, mais leur extension est trop restreinte pour constituer une ressource significative.

1.7.1.4 Les formations alluviales

Les formations alluviales du bassin de l'Ognon se composent de plusieurs ensembles distincts par leur âge, leur extension et leurs caractéristiques hydrogéologiques. Les alluvions de l'Ognon constituent un aquifère poreux d'extension régional ayant des échanges avec la rivière.

○ **Les alluvions pliocènes**

Les dépôts pliocènes apparaissent à Geneuille et se développent en aval, essentiellement en rive gauche, jusqu'à Pesmes et jusqu'au confluent, ils coupent tout le bassin versant et constituent le substratum des alluvions récentes de l'Ognon. Ils comportent des argiles, des silts, des sables plus ou moins argileux avec, localement des intercalations de niveaux graveleux. Cet ensemble, épais de plusieurs dizaines de mètres, est caractérisé par une sédimentation lenticulaire qui se traduit par des variations de faciès constants tant verticalement. Les niveaux les plus grossiers sont aquifères.

Ces dépôts sont associés à la masse d'eau souterraine DG315.

○ **Les alluvions anciennes des terrasses**

Les alluvions anciennes, localisées sous forme de placages discontinus, étages à différentes altitudes sur les flancs de la vallée, sont constituées de sables et de graviers généralement colmatés par une matrice argileuse ou limoneuse abondante. Elles forment des aquifères libres ou captifs, généralement de faible extension et de perméabilité modérée à faible, ce qui limite leur capacité de stockage et de circulation d'eau. Ces nappes peu productives sont exploitées de manière ponctuelle pour des usages individuels, notamment par des puits agricoles ou des dispositifs anciens (éoliennes). Ces dépôts correspondent à la masse d'eau souterraine identifiée sous le code DG344.

○ **Les alluvions récentes de la basse plaine alluviale**

Les alluvions récentes de la basse plaine alluviale de l'Ognon contiennent la principale nappe utilisée pour l'alimentation en eau potable. La nappe alluviale accompagne la rivière qui est perchée, c'est-à-dire que le fond de la rivière se situe dans les alluvions. Les échanges nappe-rivière nécessitent des essais de pompage, des suivis piézométriques ainsi que des cartes piézométriques de hautes et basses eaux. Ces données sont assez lacunaires sur l'ensemble de la vallée.

Cette nappe est activement exploitée pour l'alimentation en eau potable des collectivités, tout le long de la vallée de l'Ognon et dont les principales caractéristiques sont décrites dans la section "1.7.3. La nappes des alluvions de la basse plaine de l'Ognon".

Cette formation correspond à la masse d'eau DG377, telle que définie dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau.

1.7.2 LES MASSES D'EAU SOUTERRAINES DE LA ZONE D'ETUDE

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Cette directive fixe des objectifs, un calendrier et une méthode de travail communs à tous les membres de l'Union Européenne.

La DCE fixe une obligation de résultats : atteindre un bon état général pour toutes les masses d'eau, avec de possibles reports d'échéance, justifiés et soumis à consultation du public. Elle fixe un second objectif de « protection des ressources en eau » et définit à cette fin des stratégies particulières à mettre en place pour améliorer la qualité chimique des eaux en inversant la tendance à la dégradation de la qualité des eaux souterraines et en réduisant les rejets de substances prioritaires pour les eaux superficielles. Les masses d'eaux souterraines dans la zone d'étude sont présentées dans le Tableau 3 et cartographiées sur la Figure 15:.

Code DCE / SANDRE	Dénomination de la masse d'eau
DG315	Alluvion de l'Ognon
DG344	Alluvions de la Saône en amont du confluent de l'Ognon
DG377	Alluvions de la Saône entre les confluent de l'Ognon et du Doubs
DG535	Domaine marneux de la Bresse et du Val de Saône
DG123	Calcaires jurassiques des plateaux de Haute-Saône
DG150	Calcaires jurassiques des Avants-Monts
DG178	Calcaires jurassiques septentrional du Pays de Montbéliard et du nord Lomont
DG523	Formations variées du Dijonnais entre Ouche et Vingeanne
DG524	Marnes et terrains de socle des Avants-Monts
FG228	Calcaires jurassiques sous couverture pied de côte bourguignonne et châlonnaise

Tableau 3 : masses d'eau souterraines du bassin de l'Ognon

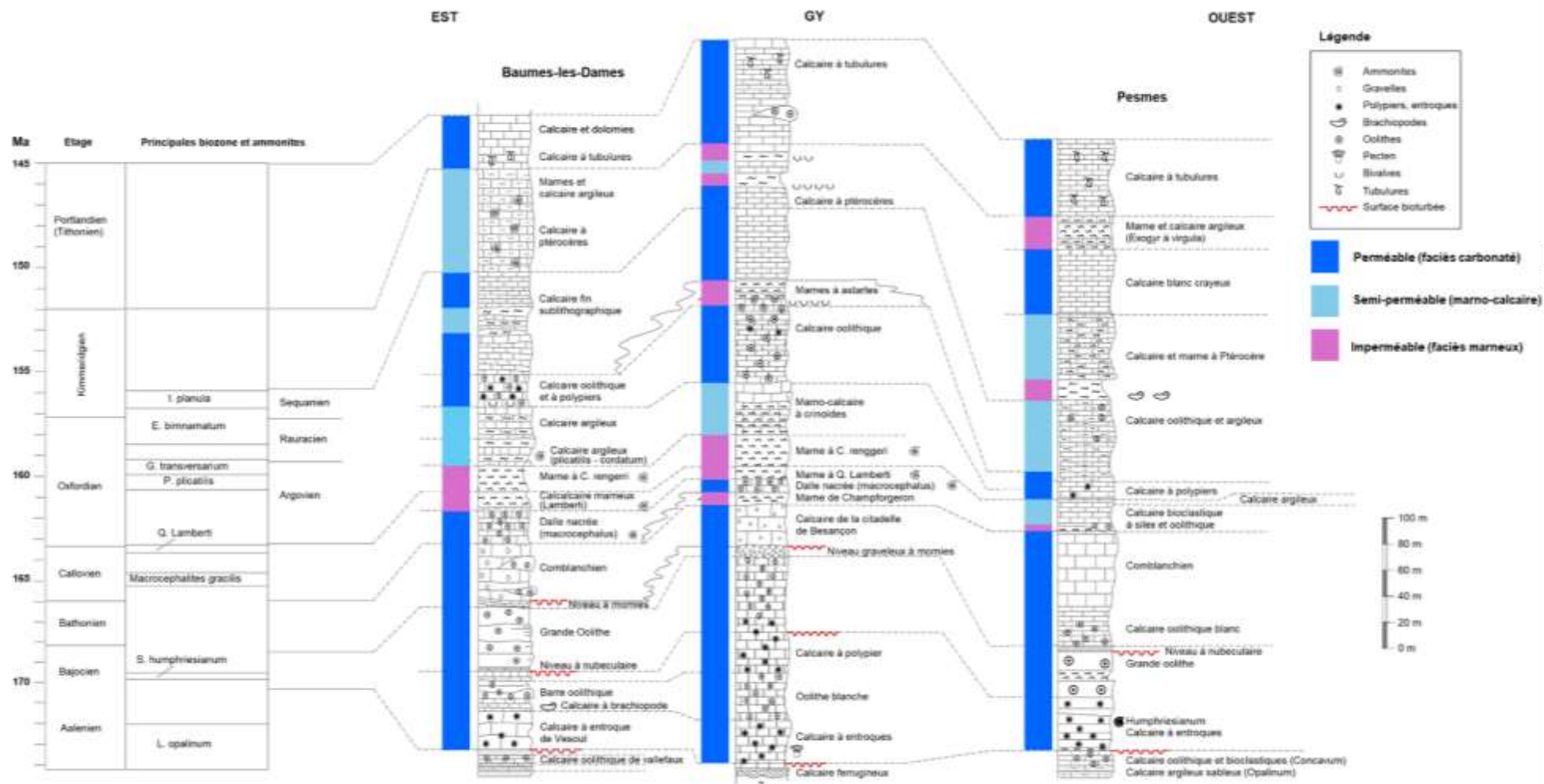


Figure 14: Succession des aquifères au regard des formations géologiques du Jurassique rencontrées sur le secteur d'étude

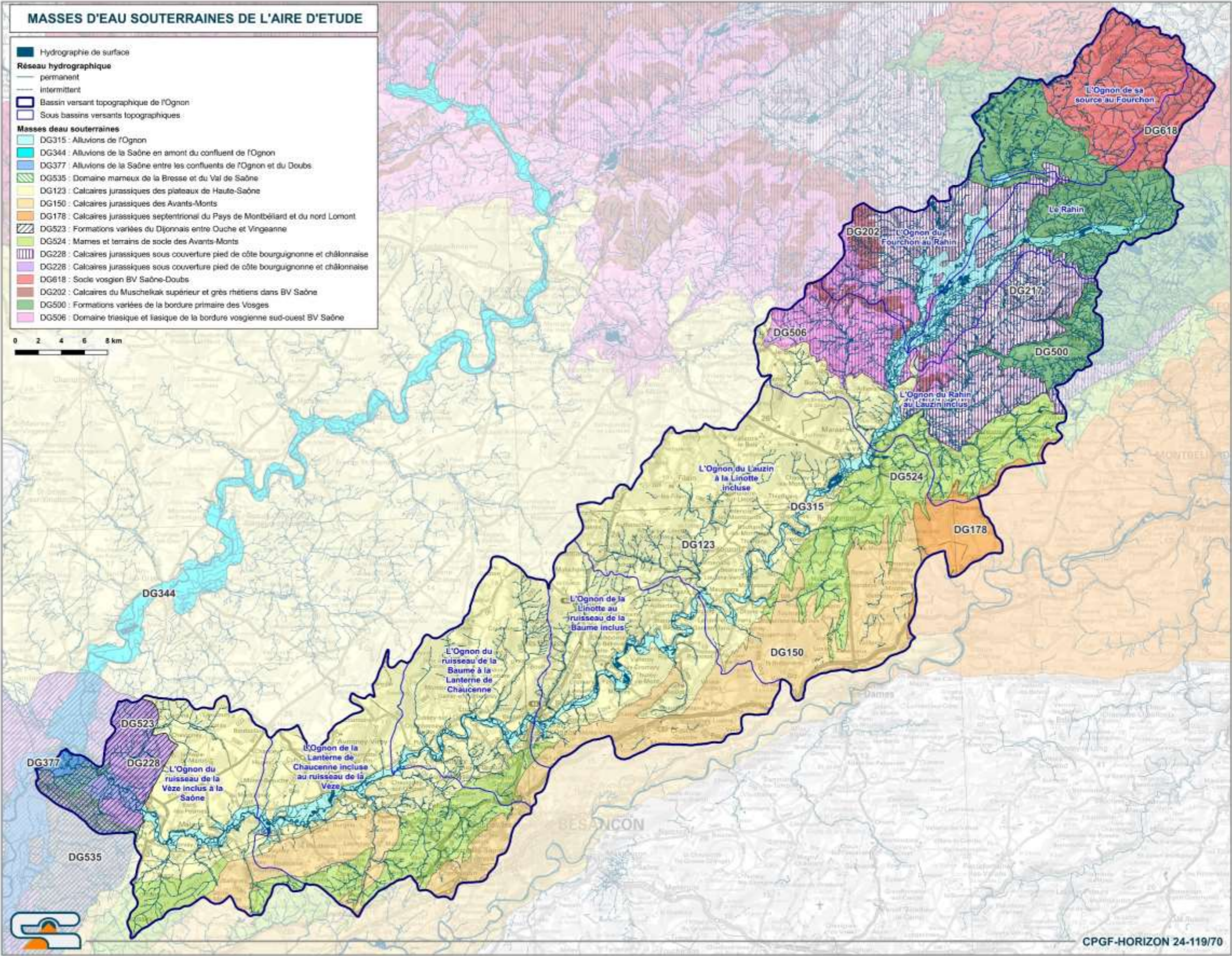


Figure 15: Répartition des masses d'eau souterraines à l'échelle de la zone d'étude

1.7.3 LA NAPPE DES ALLUVIONS DE LA BASSE PLAINE DE L'OGNON

1.7.3.1 Extension latérale

L'aquifère alluvionnaire du bassin versant de l'Ognon est limité aux alluvions sablo-argileuses de fond de vallée, que l'on retrouve sous une couverture argilo-limoneuse (Figure 16). Les limites latérales de cet aquifère sont :

- Imperméables, lorsqu'il est en contact direct avec le substratum marneux des versants ;
- Alimentée par le coteau lorsque la base de l'aquifère alluvial est en contact direct avec les calcaires jurassiques ou les grès du Trias ; plusieurs sources jalonnent la zone de contact entre les versants et la plaine alluviale.

Plusieurs secteurs d'élargissement notables peuvent être distingués :

- **Secteur entre Mélisey et Lure** : la basse plaine alluviale est ici bordée par des terrasses qui se raccordent à des épandages d'alluvions fluvio-glaciaires. Ces dépôts sablo-graveleux à caillouteux forment un ensemble hydrauliquement connecté, constituant un même aquifère alluvial dont la largeur peut atteindre 5 km.
- **Secteur entre Lure et Vouhenans** : sur ce tronçon, l'interfluve Ognon–Rahin est profondément entaillé, de sorte que les plaines alluviales de l'Ognon et du Rahin se confondent en un seul aquifère alluvial, atteignant 2,5 km de largeur à hauteur de Lure.
- **Secteur entre Les Aynans et Longeville** : après un rétrécissement lié au relief séparant l'Ognon et le Rahin à Vouhenans, la basse plaine alluviale s'élargit à nouveau pour atteindre 2 à 2,5 km au niveau d'Aynans, au confluent de ces deux rivières.
- **Secteur entre Marnay et Morogne** : ici, la plaine alluviale atteint une largeur maximale de 2,5 km au niveau de Courchapon.
- **Secteur en aval de Pesmes** : à Pesmes, l'Ognon pénètre dans le Fossé de la Saône, comblé par des dépôts plio-quaternaires à dominante argilo-sableuse, formant des terrasses situées entre 190 et 255 m d'altitude. La plaine alluviale, enchâssée dans ces formations meubles, s'élargit progressivement jusqu'à 4 km au confluent avec la Saône.

1.7.3.2 Epaisseur de l'aquifère

D'une manière générale, l'épaisseur du réservoir correspond à celle des alluvions grossières, sablo-graveleuses de la basse plaine alluviale et localement lorsqu'il y a continuité hydraulique, à celle des alluvions anciennes fluviales ou fluvio-glaciaires :

- Dans la basse plaine alluviale de l'Ognon, l'épaisseur des alluvions grossières est très variable et ne dépasse pas 8 m,
- La couche sablo-graveleuse s'amincit latéralement en direction des versants, mais aucune tendance longitudinale nette ne se dégage le long de la vallée : les épaisseurs de l'aquifère restent variables, oscillant entre des valeurs élevées (5 à 8 m) et des valeurs plus faibles (2 à 5 m), sans évolution généralisée.
- Dans certains secteurs localisés, caractérisés par des conditions géologiques ou morphologiques particulières, les épaisseurs sont nettement plus importantes. C'est notamment le cas à Saint-Germain, sur la terrasse fluvio-glaciaire en rive droite de l'Ognon, où elles atteignent 13 à 25 mètres ; entre Saint-Germain et Froideterre, sur la rive gauche, où elles varient entre 10 et 20 mètres ; ainsi qu'entre Roye et Vouhenans, dans la plaine alluviale commune à l'Ognon et au Rahin, où l'on observe localement des épaisseurs de 8 à 10 mètres.

LIMITE DE LA NAPPE ALLUVIALE DU BASSIN VERSANT DE L'OGNON

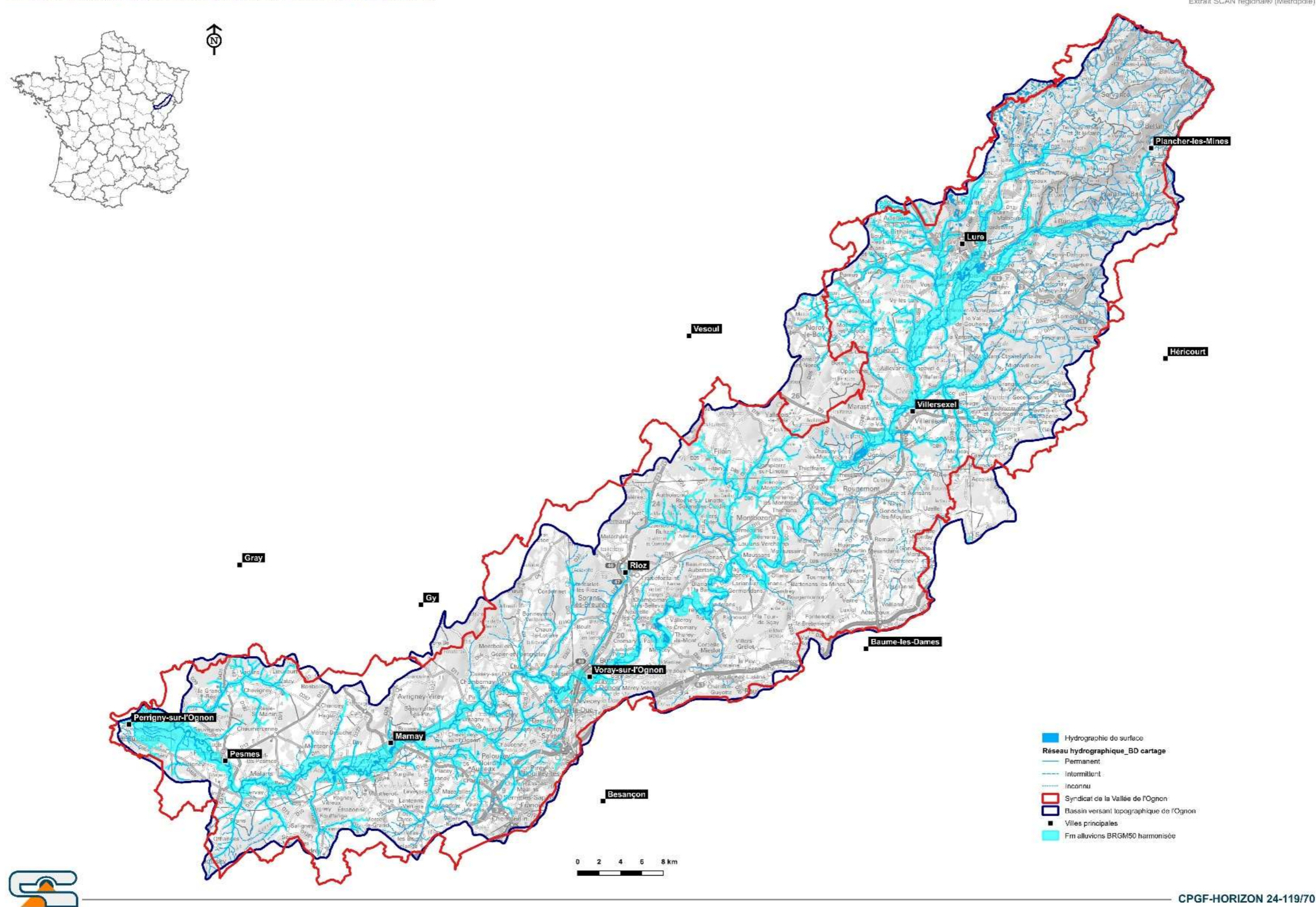


Figure 16: délimitation de la nappe des alluvions de la basse plaine de l'Ognon

1.7.3.3 Epaisseur des argiles et des limons de couverture

L'épaisseur des terrains de couverture est comprise entre quelques centimètres et 5 mètres, mais on observe globalement une augmentation de cette épaisseur d'amont en aval.

1.7.3.4 Caractéristique hydrogéologique

Caractéristiques piézométriques

Un inventaire des chroniques piézométriques disponibles sur le territoire d'étude a été réalisée à partir de la base de données ADES (ADES, 2025). Les piézomètres disponibles sont listés dans le Tableau 4 : Liste des piézomètres dans la zone d'étude. Les chroniques font l'objet du Tableau 5. La Figure 17 présente la localisation des piézomètres vis-à-vis de la zone d'étude et des unités de gestion. Toutefois, un seul piézomètre capte l'aquifère des alluvions, lequel sera présenté par la suite.

Une carte piézométrique datant de 1973 permet de visualiser l'écoulement de la nappe dans la partie amont du bassin versant de l'Ognon, bien que cette représentation ne couvre qu'une portion limitée du territoire étudié. Les altitudes piézométriques relevées à cette époque varient entre 322,5 m à Montessaux et 242,5 m à Montagney-Servigney, traduisant un gradient hydraulique significatif orienté globalement vers la Saône (Figure 18).

Code BSS / commune	X (L93)	Y (L93)	Aquifère capté	Code	Nom masse d'eau souterraine	Code Masse d'eau
BSS001JDCT (05012X0024/F1)	894621	6688796	Complément de l'entité NV2 : Calcaires du Jurassique entre Saône et Ognon	513AB00	Calcaires jurassiques des plateaux de Haute-Saône	DG123
BSS001JDDC (05013X0001/SM1)	895965	6687168	Alluvions de l'Ognon, de la confluence du Rahin à la confluence avec la Saône	710AB03	Alluvions de l'Ognon	DG315
BSS001FZJT (04728X0050/F1)	931632	6702897	Complément de l'entité NV2 : Calcaires du Jurassique entre Saône et Ognon	513AB00	Calcaires jurassiques des plateaux de Haute-Saône	DG123

Tableau 4 : Liste des piézomètres dans la zone d'étude

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
BSS001JDCT																							
BSS001JDDC																							
BSS001FZJT																							

Tableau 5 : Périodes de mesures

La zone d'étude dispose de peu d'indicateurs piézométriques. En effet, sur l'ensemble du bassin versant de l'Ognon, seuls trois piézomètres sont installés : l'un, en aval, capte les alluvions de l'Ognon, tandis que les deux autres captent les calcaires jurassiques des plateaux de la Haute-Saône (l'un en aval, l'autre au centre du bassin). Dans la suite de cette section, seule l'analyse du piézomètre captant les alluvions de l'Ognon sera présentée.

STATIONS PIEZOMETRIQUES ET HYDROMETRIQUES DE L'AIRE D'ETUDE - Bassin versant topographique de l'Ognon

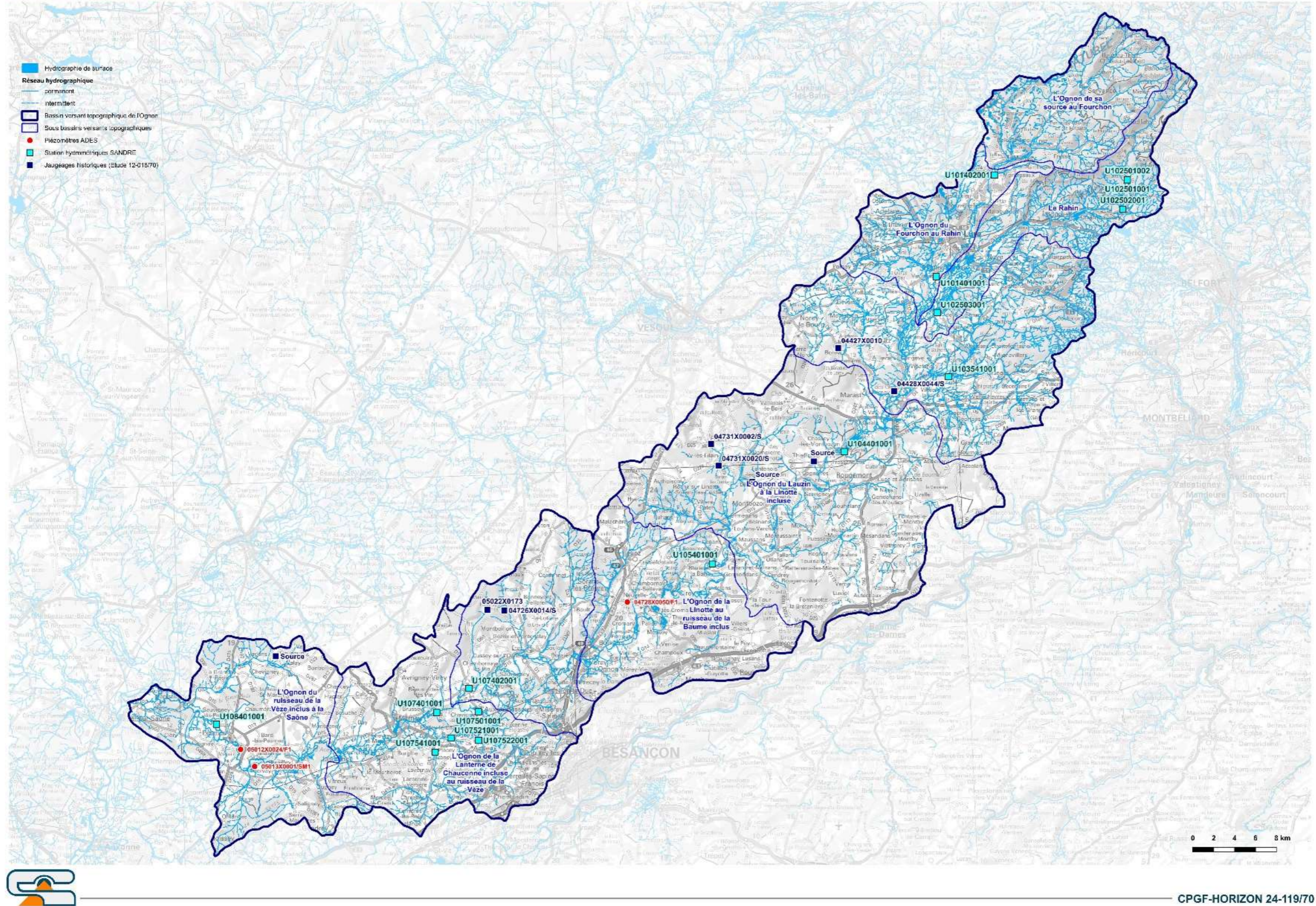


Figure 17: Localisation des stations piézométrique et hydrométriques du bassin versant de l'Ognon

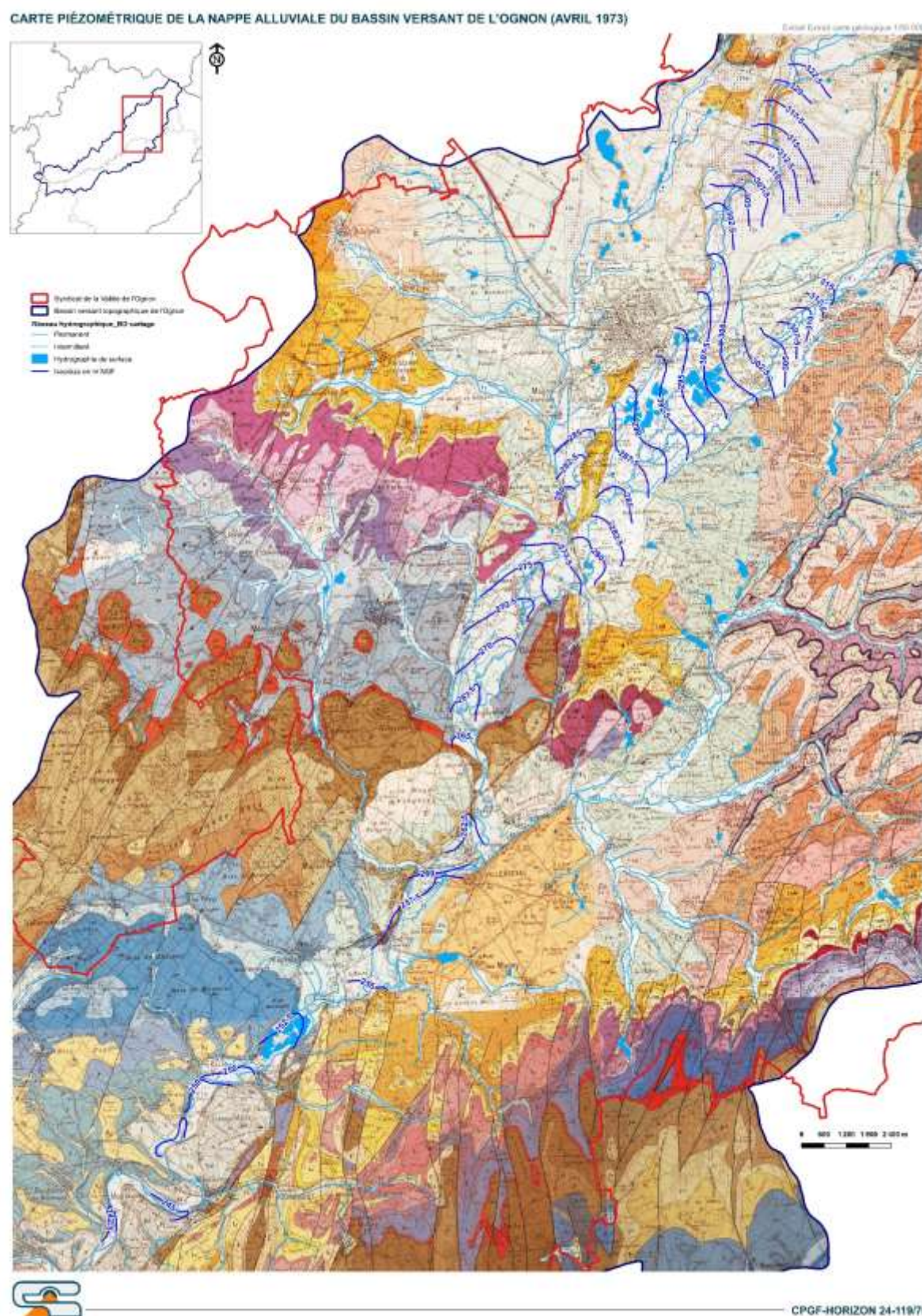


Figure 18: Carte piézométrique de l'année 1973 (Secteur amont du bassin versant de l'Ognon) (Cornet, 1986).

Le piézomètre BSS001JDDC

Caractéristiques physiques de l'indicateur

L'indicateur piézométrique BSS001JDDC est situé au lieu-dit le « Pres D'Avaux », sur la commune de Thervay (39). Il s'agit d'un forage de 13,72 m de profondeur. Selon la BSS, la date de fin des travaux de réalisation de l'ouvrage est janvier 1957. Il s'agit d'un ancien puits communal, utilisé depuis janvier 2007 pour la surveillance piézométrique régionale. D'un point de vue géologique, l'ouvrage capte les Alluvions de l'Ognon et son substratum calcaire du Crétacé. La coupe technique et la géologie du forage sont présentées sur la Figure 19.

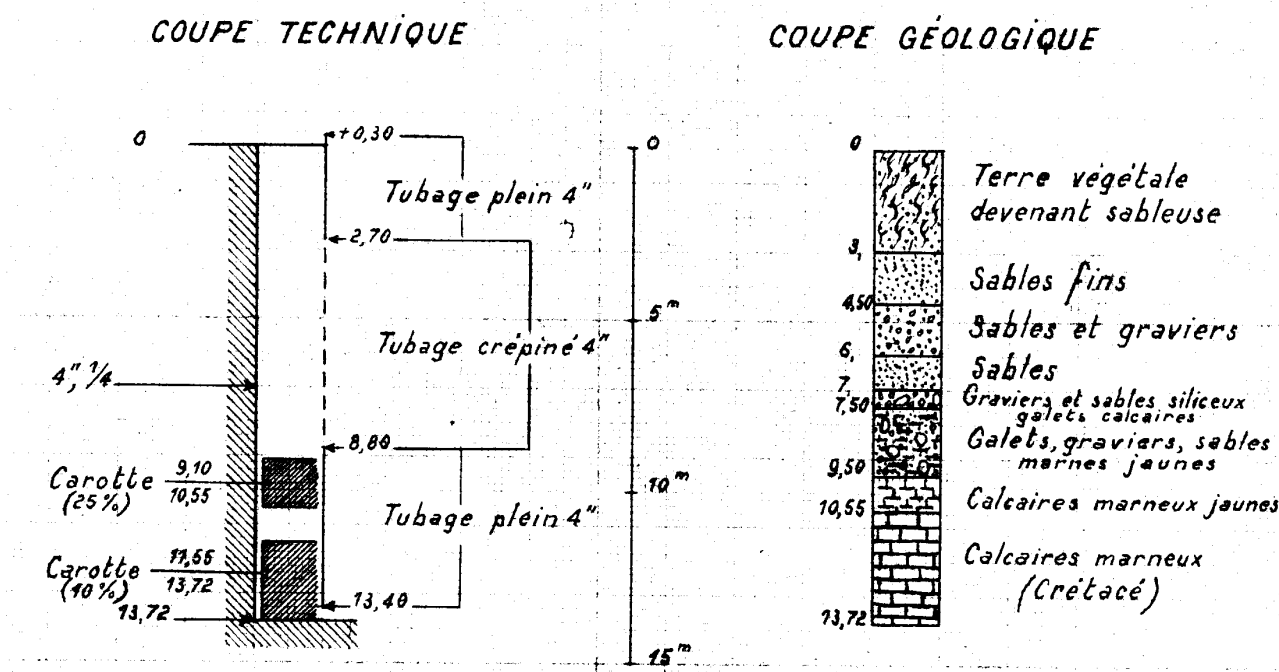


Figure 19: Coupe technique et géologique de l'ouvrage BSS001JDDC

Qualité et statistiques des Données piézométriques générales

La chronique d'évolution des niveaux piézométriques est disponible depuis 2007. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont représentées sur le **Tableau 6**.

Les niveaux piézométriques enregistrés au point BSS001JDDC présentent une moyenne de 190,79 m NGF, reflétant le niveau moyen de la nappe durant la période 2007-2025. La médiane, légèrement inférieure (190,69 m NGF), indique une distribution relativement équilibrée des valeurs autour de cette mesure centrale.

L'écart-type de 0,69 m montre une variabilité modérée des niveaux piézométriques, suggérant des fluctuations plus marquées par rapport à d'autres périodes ou points d'observation. Cette dispersion est également visible à travers l'amplitude des valeurs, allant d'un minimum de 189,35 m NGF à un maximum de 193,32 m NGF.

Tableau 6 : Statistiques descriptives des données piézométriques de BSS001JDDC

Paramètres statistiques	Période 2007-2025
Moyenne	190,79 m NGF
Médiane	190,69 m NGF
Ecart-type	0,69
Minimum	189,35 m NGF
Maximum	193,32 m NGF
Percentile 5 %	189,79 m NGF
Percentile 95 %	191,98 m NGF

Evolution des niveaux piézométriques

La Figure 20 présente l'évolution des niveaux piézométriques enregistrés depuis 2007. La tendance du niveau d'eau de ce piézomètre est à la hausse selon l'allure de la courbe.

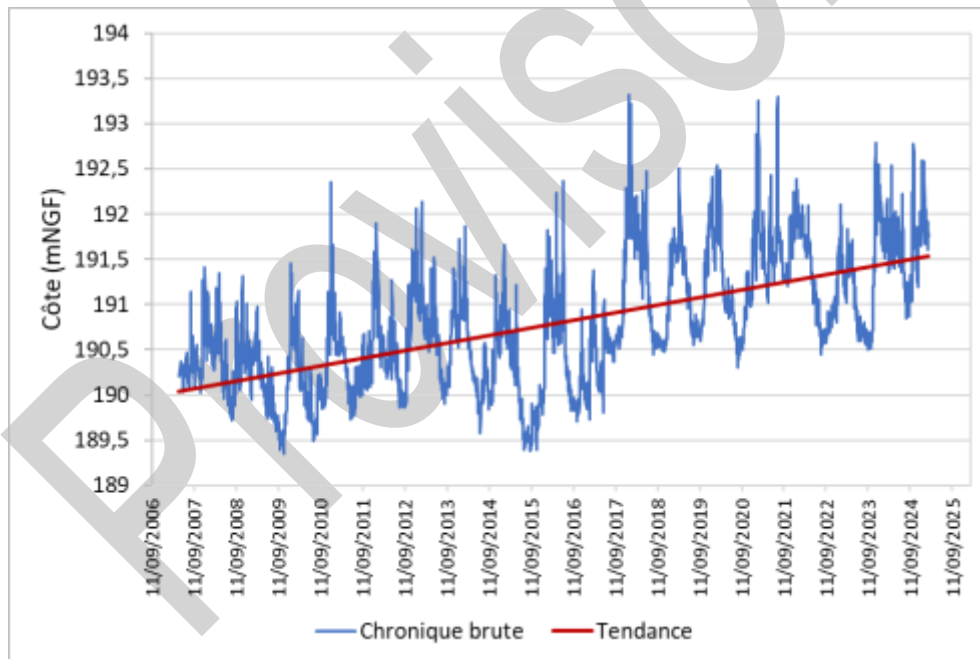


Figure 20 : Chronique piézométrique et tendance générale de la série - Piézomètre BSS001JDDC

Paramètres hydrodynamiques

Selon les données fournies par la Banque de données du sous-sol (BSS), les caractéristiques hydrodynamiques de plusieurs forages localisés le long de la vallée de l'Ognon indiquent que les valeurs de transmissivité varient de $5,7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (à Blarians – Champs Froussard) à $1,9 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (à Pin), ce qui témoigne d'une hétérogénéité marquée des propriétés hydrodynamiques des formations traversées. De manière générale, les transmissivités les plus élevées ($>10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) se situent dans la partie aval, notamment entre Émagny, Pin et Boulot, où la présence d'alluvions ou de calcaires fissurés favorise des écoulements importants. En revanche, les valeurs plus faibles sont relevées dans des secteurs localement moins perméables, comme à Palise ($5,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$) ou à Blarians – Champs Froussard.

1.8 QUALITE DE L'EAU

De nombreux indicateurs biologiques, chimiques et écologiques permettent de statuer sur la qualité des cours d'eau, et ce à plusieurs échelles.

À l'échelle des grands bassins versants, le plan de bassin d'adaptation au changement climatique définit la stratégie du comité de bassin Rhône-Méditerranée à l'horizon 2030. En particulier, il dresse la carte de la vulnérabilité des territoires à la détérioration de leur qualité de l'eau. En ce sens, les zones les plus vulnérables sont celles où les aménagements et les pollutions trophiques accentuent l'eutrophisation des rivières, lacs ou lagunes, tandis que les débits estivaux diminuent et que l'eau se réchauffe. Ces territoires nécessitent donc une mobilisation accrue des solutions d'adaptation. Le bassin de l'Ognon apparaît comme très exposée à ce risque (échelon 5/5).

Vulnérabilité des territoires à l'enjeu de détérioration de la qualité de l'eau

08/12/2023

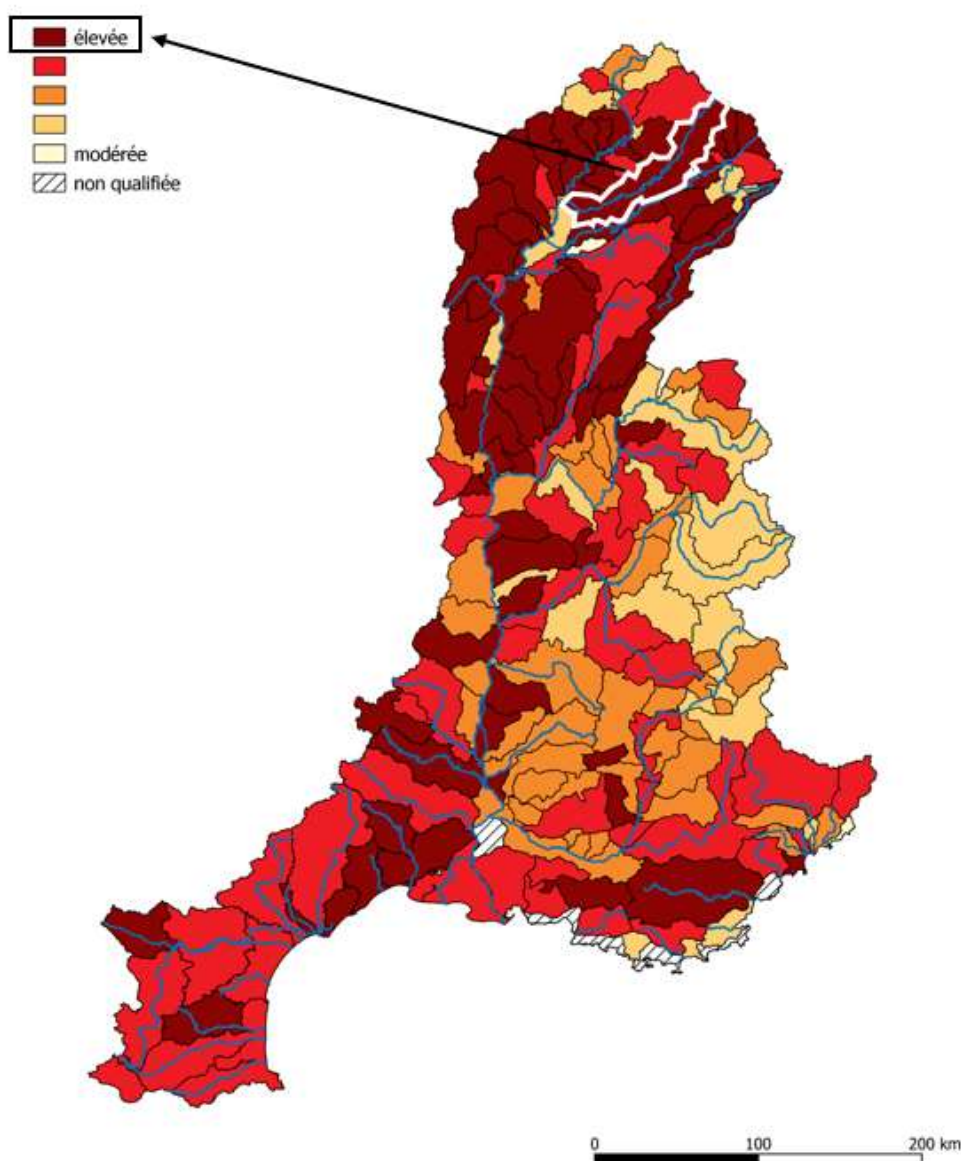


Figure 21 : Vulnérabilité des territoires à l'enjeu de détérioration de la qualité de l'eau

À une l'échelle plus locale, l'état des cours d'eau est évalué annuellement au droit de stations de suivi. Des indicateurs permettent ainsi de déterminer l'état physico-chimique (bilan en oxygène, température, nutriments azotés, nutriments phosphorés, acidification et polluants spécifiques) et biologique (invertébrés, diatomées, macrophytes, poissons, hydromorphologie) duquel découle l'état écologique du cours d'eau (très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais). Un état chimique du cours d'eau est également dressé au regard de la présence de polluants chimiques et de leurs métabolites (bon état ou non atteinte du bon état). L'ensemble de ces données est produit selon l'arrêté du 27 juillet 2018 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.

Le porter à connaissance (PAC) du PTGE de l'Ognon précise que, sur le BV de l'Ognon, le programme de surveillance DCE comporte :

- 20 stations sur les eaux superficielles (dont 7 situées sur l'axe Ognon), réparties sur 16 masses d'eau, soit 32 % des masses d'eau du BV,
- 16 stations sur les eaux souterraines, réparties sur 6 masses d'eau souterraines, soit 46 % des masses d'eau souterraine.

Le PAC précise que, d'après le SDAGE 2022/2027, seulement 28 % des masses d'eau superficielle affichent un bon état écologique, dont une majorité sur la haute vallée. Les états les plus altérés sont ainsi relevés sur la moyenne et basse vallée, avec 48 % des masses d'eau qui ne sont pas en bon état écologique.

Le détail de l'évaluation de l'état écologique est présenté dans le Tableau 7.

	Nbre masse d'eau	% sur le BV de l'Ognon	Haute Vallée	Moyenne et Basse vallée
Très bon état	0	0	0	0
Bon état	14	28 %	20 %	8 %
État moyen	18	36 %	20 %	16 %
État médiocre	16	32 %	4 %	28 %
État mauvais	2	4 %	0 %	4 %

Tableau 7 : Évaluation écologique des eaux superficielles

Enfin, 85 % des masses d'eau souterraines sont en bon état chimique (soit 11 masses d'eau sur 13).

Les masses d'eau qui ne répondent pas à l'objectif de bon état du fait de teneurs excessives en pesticides sont :

- les Calcaires jurassiques des plateaux de Haute-Saône (FRDG123),
- les Calcaires jurassiques des Avants-Monts (FRDG150).

Ces 2 masses d'eau affleurent sur 51 % du BV de l'Ognon.

1.9 OUVRAGES HYDRAULIQUES

Peu d'ouvrages hydrauliques présents sur le bassin versant sont susceptibles d'influencer significativement les débits d'étiage. Plusieurs dizaines de barrages hydroélectriques sont présents sur le bassin mais ils sont de type « au fil de l'eau » et de basse chute : l'eau prélevée pour être turbinée est rejetée en aval immédiat du point de prélèvements (entre quelques mètres et quelques centaines de mètres en aval du seuil barrant la rivière). De plus, la réglementation impose à ces ouvrages de relâcher constamment un débit supérieur au débit réservé de la rivière dans le tronçon immédiatement en aval dit « court circuité ». Ce débit réservé est en général égal au 10^{ème} du module du cours d'eau. Il en est de même pour les barrages présents sur le bassin versant mais non utilisés pour l'hydroélectricité comme les barrages d'anciens moulins : l'eau déviée est rejetée quelques dizaines de mètres plus en aval et un débit réservé est imposé.

Le barrage de Champagney fait en revanche figure d'exception. Il est directement alimenté par le Rahin grâce à une prise d'eau située sur la commune de Plancher-Bas (70). Un canal de 3,5 km achemine les eaux vers le barrage qui se situe en dehors du bassin versant de l'Ognon.

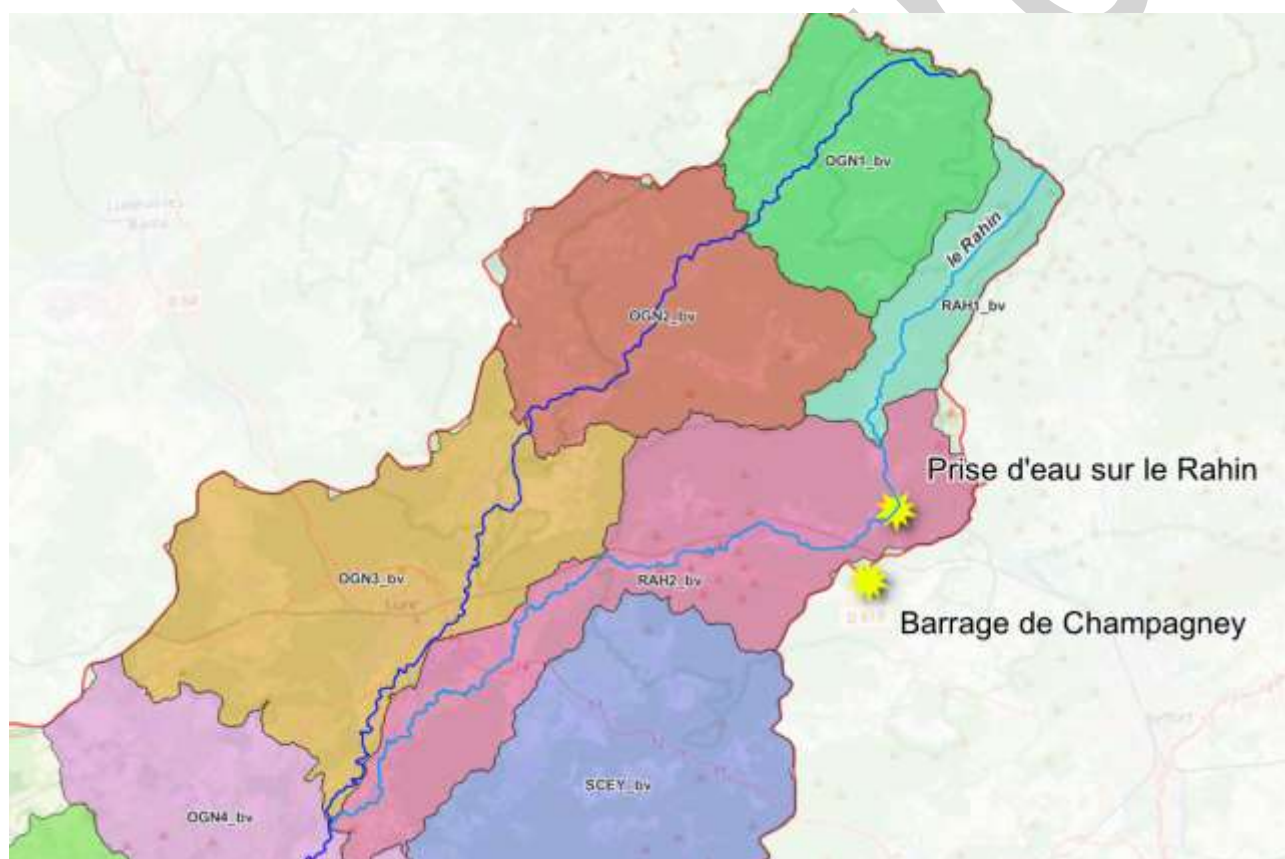


Figure 22: Localisation de la prise d'eau sur le Rahin

Le graphique suivant représente les volumes annuels prélevés par la prise d'eau du Rahin ces dernières années :



Figure 23: Prélèvements de la prise d'eau du Rahin

La retenue de Champagny a été vidangée en 2017/2018, les prélèvements ont donc été faibles. La retenue a ensuite été remplie les deux années suivantes. Les années 2022-2024 correspondent à des années avec un fonctionnement normal de la retenue de Champagny. Le volume moyen prélevé est de 6 Mm³ par an.

La majorité du volume est prélevé en dehors de la période d'été (prélèvements entre octobre et mars compris).

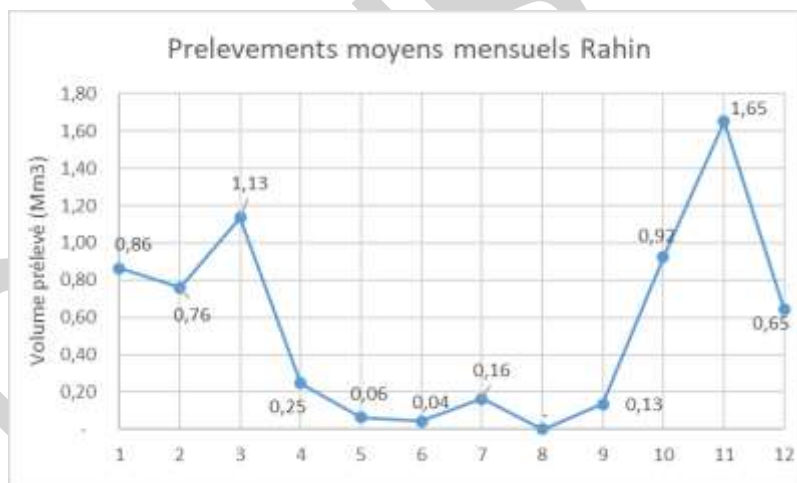


Figure 24: Prélèvements mensuels pour la retenue de Champagny

2 HYDROLOGIE DANS L'ETAT INFLUENCE

2.1 ESSAI DE DEFINITION DES RESSOURCES REGULATRICES

En hydrogéologie, le réservoir (l'aquifère) n'est que le contenant de la ressource (l'eau souterraine). On entend parler de ressource en eau sans que le terme ne soit clairement défini. Plotnikov rédige en 1946 un ouvrage sur les ressources en eau, traduit en français en 1962. Il parle de « ressources en eaux souterraines ». Deux volumes d'eau sont définis dans son travail pour une nappe libre (Plotnikov, 1962) :

- Le volume stocké dans un aquifère donné ; ce volume total est l'équivalent de la ressource ;
- Le débit qui peut être tiré de cet horizon aquifère à l'aide d'un captage ; c'est la partie utilisable (nommée réserve ou ressource exploitable), concept qui évoluera sous l'influence des réglementations.

A ces deux volumes s'ajoute celui des nappes dites profondes, dont le niveau est naturellement constant, et qu'on peut assimiler aux nappes captives. Ces nappes n'interfèrent pas avec les rivières et ne sont donc pas considérées en première approche.

Le volume d'eau stocké dans un aquifère comprend donc : i) d'une part le volume d'eau compris entre un niveau bas et un niveau haut de la nappe, et d'autre part ii) un volume plus « profond » situé sous le niveau bas, qui constitue un volume permanent.

Le premier volume est la ressource régulatrice, dont la principale caractéristique est son évolution dans le temps entre des basses eaux et des hautes eaux. Ce volume d'eau est dénommé sous le terme de ressources régulatrices par Plotnikov dès 1946 (Plotnikov, 1962). Le volume d'eau qui échappe aux fluctuations sont donc les réserves permanentes de Plotnikov (ou réserves constantes de (Margat, 1965)).

Sur la Figure 25, ces concepts sont rappelés sous forme d'un bloc diagramme et de deux graphiques sur la partie droite de la figure qui illustrent l'évolution dans le temps des différents volumes. Sur cette figure, la première nappe est en lien avec un cours d'eau qu'elle alimente. Cette première nappe est alimentée par les précipitations de sorte que la recharge par les pluies fait varier le niveau piézométrique. Les ressources régulatrices sont définies comme le volume d'eau (R_r) compris entre le niveau de basses-eaux (Φ_{BE}) et le niveau de hautes-eaux (Φ_{HE}). Ce volume varie entre chaque cycle de recharge. Sur la figure, la réserve régulatrice augmente entre le cycle 1 et le cycle 2 ($R_{r2} > R_{r1}$). De même, la ressource permanente est définie comme le volume d'eau compris entre le mur de l'aquifère et le niveau de basses eaux. Ce volume peut lui aussi varier d'un cycle à l'autre étant donné que le niveau de basses eaux varie selon les cycles. La variation de stockage entre deux cycles consécutifs est alors donné par $\Delta R_p = R_{p2} - R_{p1}$. Le niveau de basses-eaux permet le maintien d'un niveau d'eau dans la rivière (H_{riv}) et donc le débit minimum dans la rivière, aussi appelé le débit de base. Si ce niveau est naturellement au-dessous du lit de la rivière, alors le cours d'eau sera sec en saison sèche.

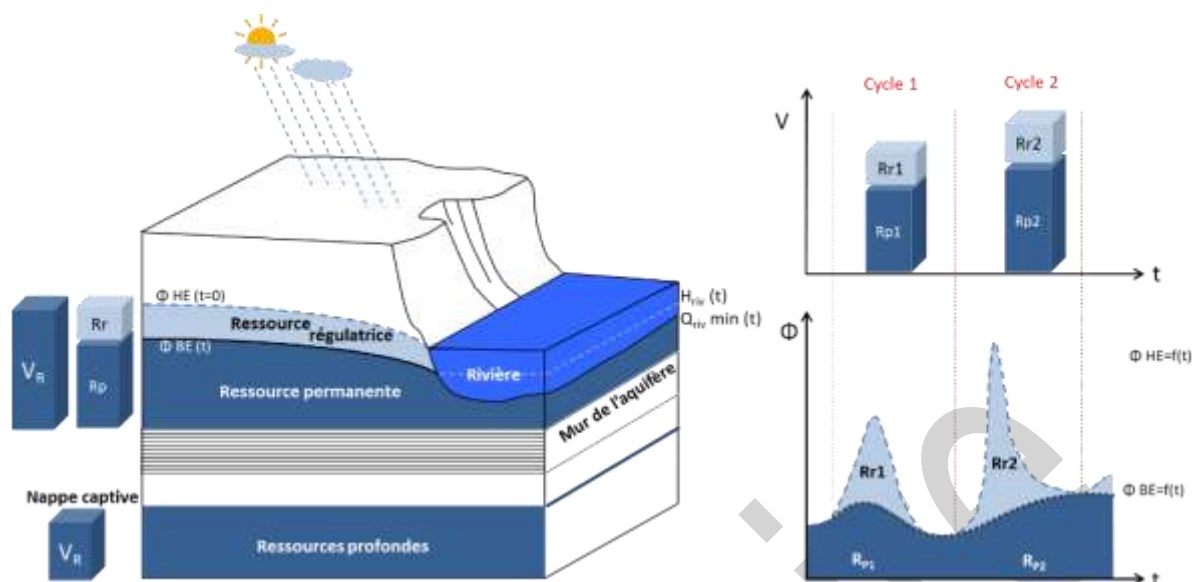


Figure 25 : Schéma des ressources

2.2 STATIONS HYDROMETRIQUES

Les stations hydrométriques permettent de connaître le débit des cours d'eau. Sur le territoire d'étude, 16 stations hydrométriques existent et 8 d'entre elles ne sont actuellement plus fonctionnelles. Les données de ces différentes stations sont disponibles sur le site internet Hydroportail (<https://hydro.eaufrance.fr/>) et sont présentées dans le Tableau 8 et sur la carte en Figure 26.

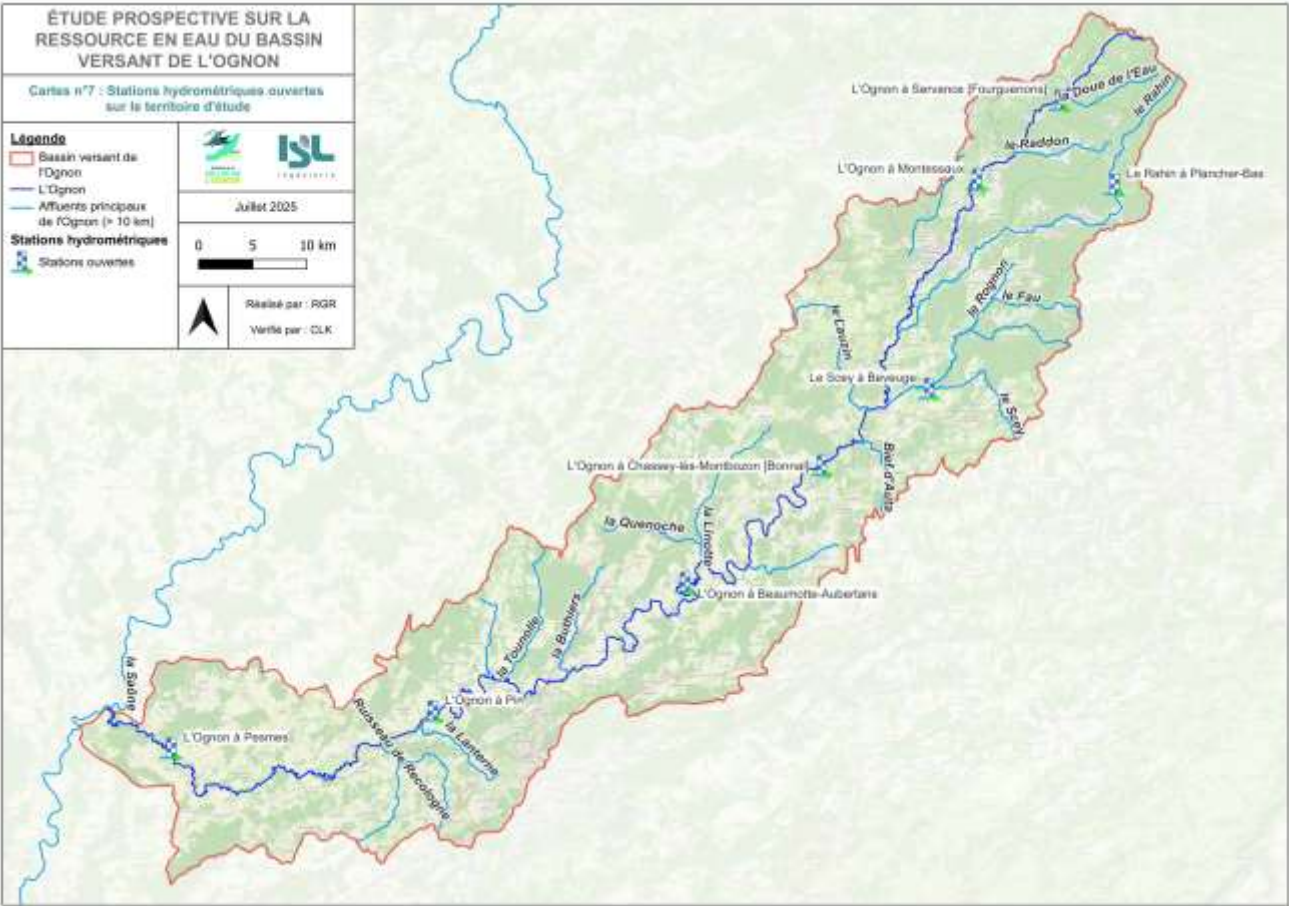


Figure 26 : Stations hydrométriques retenues sur le bassin versant de l'Ognon

La modélisation sera réalisée sur la période 01/01/1993-31/12/2023. La date de fin de chronique indiquée dans le tableau suivant correspond à la plage de données extraites et ne dépasse ainsi pas le 31/12/2023. De même, les données disponibles avant le 01/01/1994 sont extraites pour observer les évolutions à long terme mais ne seront pas prises en compte dans la modélisation.

Les chroniques considérées concernent les données validées et pré-validées selon la nomenclature Hydroportail.

Code	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV (km²)	Altitude (m)	Date de début de chronique	Date de fin de chronique	Période de données disponibles (années)
U100 4010	L'Ognon à Servance [Fourguenons]	Ognon	73.5	380	28/06/1968	31/12/2023	55.5
U102 5010	Le Rahin à Plancher-Bas	Rahin	33	442	01/01/1968	31/12/2023	56.0
U 101 4020	L'Ognon à Montessaux	Ognon	168	327	01/11/1992	31/12/2023	31.2
U 103 5410	Le Sacey à Beveuge	Sacey	180	269	12/04/1974	31/12/2023	49.8
U 104 4010	L'Ognon à Chassey-lès-Montbozon [Bonnal]	Ognon	852	250	09/12/1986	31/12/2023	37.1

Code	Nom Station	Cours d'eau	Surface BV (km²)	Altitude (m)	Date de début de chronique	Date de fin de chronique	Période de données disponibles (années)
U 105 4010	L'Ognon à Beaumotte-Aubertans	Ognon	1261	229	13/09/1967	31/12/2023	56.3
U107 4020	L'Ognon à Pin	Ognon	1691	201	22/07/2000	31/12/2023	23.5
U 108 4010	L'Ognon à Pesmes	Ognon	2058	185	27/12/1963	31/12/2023	60.1
U 102 5020	Le Rahin à Champagny [Plancher Bas, Monument]	Rahin	X	X	18/07/1978	06/12/1979	1.4
U 101 4010	L'Ognon à Vouhenans	Ognon	X	X	12/08/1985	22/02/1994	8.5
U 102 5030	Le Rahin au Val-de-Gouhenans	Rahin	X	X	11/06/1985	23/01/1990	4.6
U 107 5010	La Lanterne à Émagny	Lanterne	X	X	23/05/1991	14/02/1992	0.7
U 107 4010	L'Ognon à Chevigney-sur-l'Ognon	Ognon	X	X	12/07/1968	11/04/2000	31.8
U 107 5220	Le ruisseau de Recologne à Noironte	Ruisseau de Recologne	X	X	18/01/1996	19/01/1996	0.0
U 107 5210	Le ruisseau de Recologne à Recologne	Ruisseau de Recologne	X	X	06/06/1991	05/08/1992	1.2
U107 5410	Le ruisseau de Recologne à Franey	Ruisseau de Recologne	X	X	17/05/1991	28/08/1992	1.3

Tableau 8 : Stations hydrométriques sur le bassin versant de l'Ognon

Les stations retenues sont les stations ouvertes (surlignées en vert), les stations fermées ne présentant pas d'intérêt particulier (chronique de données trop courte pour 7 d'entre elles, chronique de données trop ancienne pour l'Ognon à Chevigney-sur-l'Ognon).

Les qualités des chroniques sont données pour chaque station retenue dans le tableau suivant :

Code	Nom station	Cours d'eau	Qualités de la station
U100 4010	L'Ognon à Servance [Fourguenons]	Ognon	Basses eaux : Données bonnes Moyennes eaux : Données bonnes Hautes eaux : Données bonnes
U102 5010	Le Rahin à Plancher-Bas	Rahin	Basses eaux : Données bonnes Moyennes eaux : Données bonnes Hautes eaux : Données bonnes

Code	Nom station	Cours d'eau	Qualités de la station
U 101 4020	L'Ognon à Montessaux	Ognon	Basses eaux : Données bonnes Moyennes eaux : Données bonnes Hautes eaux : Données bonnes
U 103 5410	Le Scey à Beveuge	Scey	Basses eaux : Données bonnes Moyennes eaux : Données bonnes Hautes eaux : Données bonnes
U 104 4010	L'Ognon à Chassey-lès-Montbozon [Bonnal]	Ognon	Basses eaux : Données bonnes Moyennes eaux : Données bonnes Hautes eaux : Données bonnes
U 105 4010	L'Ognon à Beaumotte-Aubertans	Ognon	Basses eaux : Données bonnes Moyennes eaux : Données bonnes Hautes eaux : Données bonnes
U107 4020	L'Ognon à Pin	Ognon	Basses eaux : Données non qualifiées Moyennes eaux : Données non qualifiées Hautes eaux : Données non qualifiées
U 108 4010	L'Ognon à Pesmes	Ognon	Basses eaux : Données bonnes Moyennes eaux : Données bonnes Hautes eaux : Données bonnes

Tableau 9 : Qualités des eaux des 8 stations retenues

2.3 DESCRIPTION DU CYCLE ANNUEL

L'histogramme des moyennes des débits mensuels des stations hydrométriques retenues sur la période [1994 ; 2023] est présentée ci-dessous.

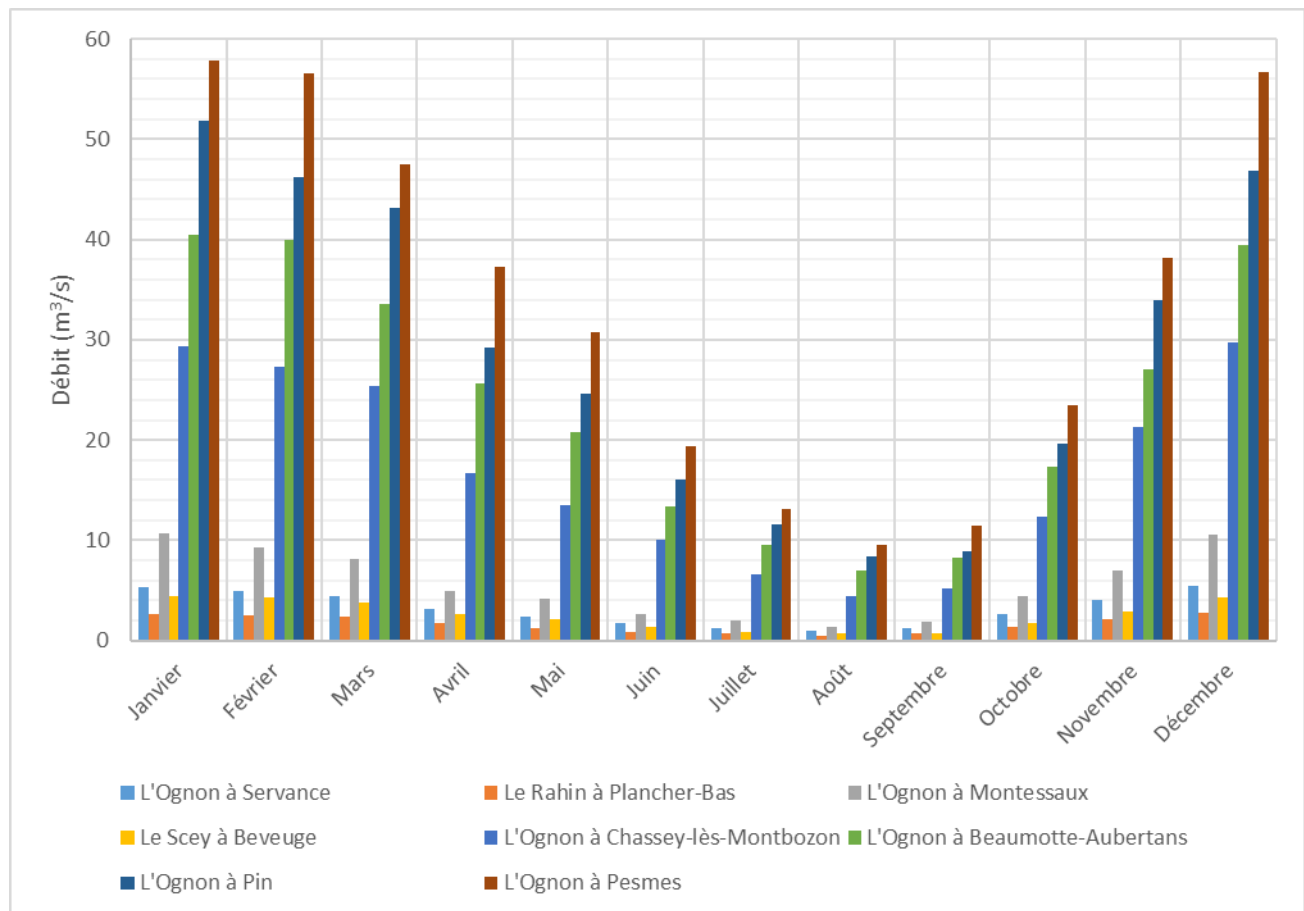


Tableau 10 : Histogramme des moyennes des débits mensuels

Le tableau ci-dessous présente trois indicateurs : le module annuel et les modules au plus fort des épisodes de basses et hautes eaux (respectivement entre décembre et mars et entre juin et septembre).

	S_BV (km²)	Débit spécifique (L/s/km²)	Module	Module hiver (décembre-mars)	Module été (juin-septembre)
L'Ognon à Servance	73,5	40	2,9	5,1	1,0
Le Rahin à Plancher-Bas	33	45	1,5	2,6	0,5
L'Ognon à Montessaux	168	32	5,4	9,4	1,9
Le Scey à Beveuge	180	13	2,4	4,1	0,9
L'Ognon à Chassey-lès-Montbozon	852	19	16,4	27,9	6,3
L'Ognon à Beaumotte-Aubertans	1261	18	22,2	37,6	8,8
L'Ognon à Pin	1691	16	27,8	47,2	10,8
L'Ognon à Pesmes	2058	15	31,6	53,4	12,8

Tableau 11 : Modules (m³/s) sur le bassin versant de l'Ognon

2.4 PERIODE D'ETIAGE

2.4.1 CHOIX DE LA PERIODE DE BASSES EAUX

La période de basses eaux peut être définie hydrologiquement comme la période pendant laquelle les débits moyens mensuels sont inférieurs au module annuel (cf guide HMUC).

Pour chacune des stations hydrométriques dont les données ont été récoltées, les débits moyens mensuels sont comparés au module annuel, pour chaque année.

Pour chaque station et pour chaque mois, le pourcentage du temps pendant lequel le débit est inférieur au module annuel est calculé sur la période d'ouverture de la station. Un pourcentage supérieur à 50 % signifie que sur la période considérée, le mois est en moyenne un mois sec (module mensuel inférieur au module annuel).

La période de basses eaux est définie, au droit de chaque station, à partir des mois identifiés comme secs.

L'analyse sur la station « L'Ognon à Pesmes » est présentée ci-dessous, à titre d'exemple. Les mois pour lesquels le module mensuel est inférieur au module annuel sont colorés en orange.

L'Ognon à Pesmes (U108 4010)													
Année	Modules mensuels (en m3/s)												Module annuel (en m3/s)
	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
2001	44.2	35.2	171	80.3	45.1	17.1	15.3	8.44	19.6	33.3	28.8	46.5	45.4
2002	53.1	58.2	65.7	13.9	34.3	11.1	6.62	5.8	6.07	25.1	140	61.8	40.1
2003	76.3	45.9	22.9	9.69	10.4	6.04	4.1	2.36	2.22	12.8	25.1	26.7	20.4
2004	91.4	39.9	27.6	20.1	19.5	12.1	4.83	9.65	6.99	43.5	33.3	44.1	29.4
2005	46	52	25.7	57.5	40.1	10.7	9.26	6.43	5.58	5.37	5.91	28	24.4
2006	36.2	35.7	103	72.9	31.5	18.7	6.69	20.6	31.4	54.1	28.5	37.2	39.7
2007	64.5	54.6	66.6	15	15.6	29.1	34.5	33.5	9.79	6.55	30.5	59.3	35.0
2008	46.2	21.5	57.3	67.3	13.4	21.2	7.73	14.4	39.6	31.8	43.3	43.4	33.9
2009	24.2	57	52.4	18.8	8.95	9.83	10.9	5.01	3.48	3.59	17.8	55.9	22.3
2010	46.4	66.1	31.7	26.3	15.2	15.3	6.69	23.7	16.6	9.05	45.8	114	34.7
2011	58.7	16.9	18.2	13.9	6.85	5.62	11.2	10.7	7.48	10.2	6.94	75.6	20.2
2012	101	17.2	14.2	18.5	34.8	17.8	16.1	6.84	11.4	32.8	69.2	118	38.2
2013	53	91.3	28.9	41.1	52.1	20.5	9.39	4.88	10.2	38.7	69.5	42.9	38.5
2014	61.7	84.4	27.8	10.1	12.2	6.97	25.2	29.8	9.33	27.5	41.3	37.7	31.2
2015	82	46.5	34.4	31.4	38.4	7.74	2.42	2.29	8.22	4.84	13.1	14.1	23.8

L'Ognon à Pesmes (U108 4010)													
2016	58	118	55.2	77.8	48	112	15.5	9.06	6.96	6.55	28.8	8.47	45.4
2017	10.8	47.1	71	12.2	24.5	10.6	7.78	5.82	7.22	8.48	40.2	72.7	26.5
2018	145	67.4	60.5	31.4	26	23.5	4.84	2.87	2.57	2.19	2.58	33.4	33.5
2019	29.2	31.2	44.7	16.6	20.5	11.7	4.65	4.84	1.97	19.3	38.5	80.5	25.3
2020	25.3	65.3	64.3	7.91	15.2	19	6.56	2.66	2.29	26.4	19.4	48.6	25.2
2021	87.4	98.2	34.8	12.6	73.9	25.7	83.1	15.5	6.3	7.15	17	57.3	43.2
2022	55.2	49.3	13.6	31.3	10.3	6.78	2.77	1.59	2.17	12.4	23.3	33	20.1
2023	51.8	14	29.8	34.8	15.9	4.68	6.46	8.15	2.24	12.6	82.7	89	29.3
% du temps où module mensuel < module annuel													
	13%	26%	35%	61%	78%	96%	96%	100%	96%	83%	48%	17%	

Tableau 12 : Détermination des mois secs pour la station « L'Ognon à Pesmes » [2001-2023]

Cette méthode ne compare pas les années les unes par rapport aux autres. Ainsi, certains mois en 2022 ne sont pas considérés comme secs, alors que leurs modules sont faibles par rapport aux modules de 2001 par exemple.

Le tableau suivant présente pour chaque station le pourcentage du temps pendant lequel le module mensuel est inférieur au module annuel, sur la période des données disponibles au droit de chaque station.

Les mois pour lesquels le pourcentage est supérieur à 50 % sont coloriés en orange.

% du temps où le module mensuel < module annuel													
Nom	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	
L'Ognon à Servance [Fourguenons]	16%	13%	30%	57%	74%	91%	91%	96%	96%	70%	39%	13%	
Le Rahin à Plancher-Bas	23%	32%	32%	55%	74%	91%	91%	96%	96%	65%	41%	14%	
L'Ognon à Montessaux	14%	13%	35%	61%	78%	96%	96%	96%	96%	70%	35%	14%	
Le Scey à Beveuge	18%	22%	35%	57%	65%	96%	96%	96%	91%	86%	52%	19%	
L'Ognon à Chassey-lès-Montbozon [Bonnal]	13%	22%	30%	61%	78%	91%	91%	100%	96%	78%	43%	13%	

% du temps où le module mensuel < module annuel												
L'Ognon à Beaumotte-Aubertans	13%	22%	30%	61%	74%	96%	91%	100%	96%	83%	43%	9%
L'Ognon à Pin	9%	26%	35%	61%	74%	96%	96%	100%	96%	87%	48%	9%
L'Ognon à Pesmes	13%	26%	35%	61%	78%	96%	96%	100%	96%	83%	48%	17%

Tableau 13 : Détermination de la période de basses eaux sur le bassin versant de l'Ognon

La période **1^{er} avril – 31 octobre** est choisie comme période de basses eaux.

2.4.2 STATIONS D'OBSERVATIONS DES ECOULEMENTS (RESEAU ONDE)

Le réseau Onde¹ (Observatoire National Des Étiages) est un observatoire qui vise à caractériser les étiages estivaux par l'observation visuelle du niveau d'écoulement des cours d'eau. Il poursuit le double objectif de constituer un réseau de connaissance stable sur les étiages estivaux et d'être un outil d'aide à l'anticipation et à la gestion des situations de crise.

5 stations sur l'Ognon lui-même ou des affluents importants de celui-ci peuvent être étudiées. Les mesures sont réalisées chaque mois entre mai et septembre et ce depuis 2012. Le niveau d'écoulement des cours d'eau est apprécié visuellement par des agents de l'OFB. 3 catégories existent : écoulement visible (permanent et visible à l'œil nu), écoulement non visible (lit mineur en eau mais sans courant) et assec.

	Tounolle à Boult	Linotte à Roche-Sur-Linotte-et-Sorans-Les-Cordiers	Rahin à Lure	Rahin à Champagny	Ognon à Froideterre
Écoulement visible	98%	100%	60%	97%	49%
Écoulement non visible	2%	0%	11%	0%	11%
Assec	0%	0%	29%	3%	40%

Tableau 14 : Données Onde sur 5 stations du bassin versant de l'Ognon (mois de mai à septembre sur la période [2012 : 2024])

Ainsi, la Tounolle et la Linotte ne semblent pas sujettes à des étiages sévères, a minima au niveau des stations ONDE. À l'inverse du Rahin à Lure où ces épisodes sont très fréquents de juillet à septembre. Or, n'est pas le cas plus à l'amont, au droit de Champagny : la prise d'eau qui alimente le barrage de Champagny exerce une influence certaine sur les débits du Rahin. Enfin sur l'Ognon à Froideterre, donc sur l'amont du cours d'eau, la situation est aussi sévère pratiquement chaque année au plus fort de l'été.

¹ <https://onde.eaufrance.fr/>

2.5 EVOLUTION DES DEBITS JOURNALIERS

Les débits moyens annuels des 8 stations retenues sur les 30 dernières années sont tracés ci-dessous :

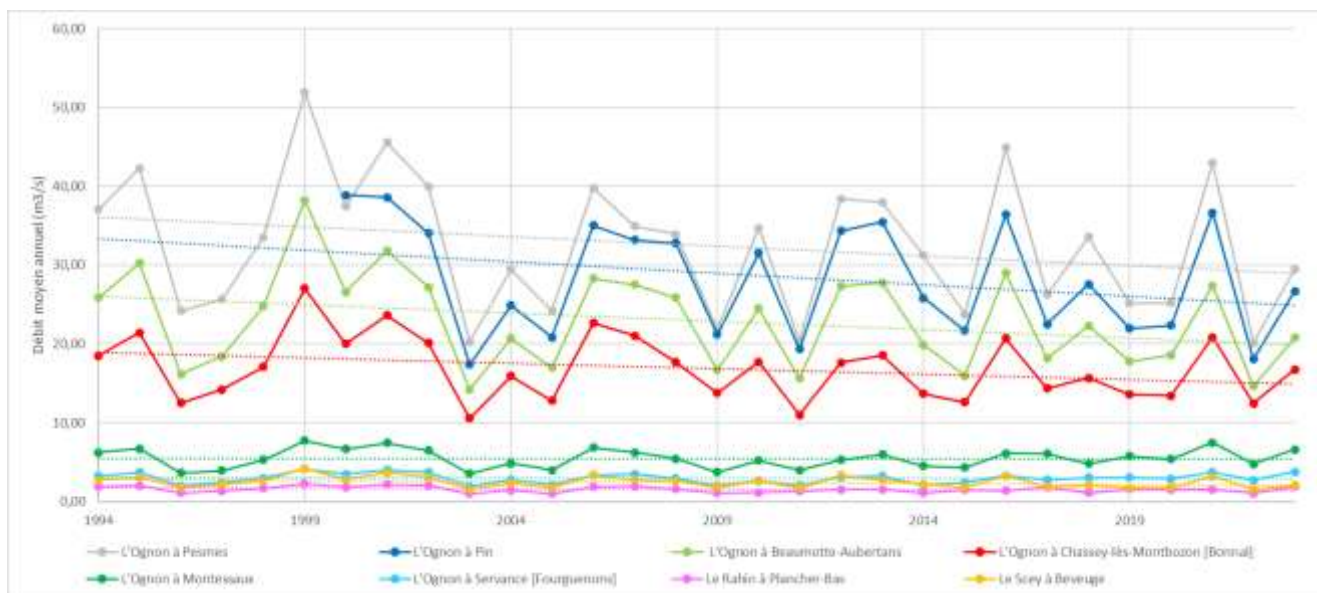


Figure 27 : Evolution des débits moyens annuels

Une tendance à la baisse est observable pour les stations en aval de Chasse-lès-Montbozon. Cette baisse n'est pas observée ou est beaucoup plus faible pour les autres stations (stations en amont du bassin).

2.6 ESTIMATION DES RESSOURCES REGULATRICES

2.6.1 METHODE D'EVALUATION QUANTITATIVE

Sur le bassin versant de l'Ognon, on ne dispose pas des données suffisantes, notamment des données de porosité, pour calculer les différents termes de la ressource de la Figure 25. En Comité Technique, une approche différente a donc été proposée et acceptée pour évaluer les ressources régulatrices, qui sont les volumes d'eau souterraine qui alimentent les cours d'eau. En hydrologie, ces réserves régulatrices déterminent le débit de base des cours d'eau. Ne disposant de plusieurs piézomètres dans tous les bassins et de cartes piézométriques couvrant la zone d'étude, le calcul du débit de base est le meilleur moyen pour faire une évaluation quantitative des ressources. La notion de débit de base des rivières a été reformulée dans les années 1940 à partir du concept de tarissement des rivières. Barnes, en 1939, après avoir étudié les courbes de débits du Mississippi, propose de dissocier les courbes de débits en trois apports :

- Le ruissellement ;
- Un écoulement mixte équivalent aux écoulements hypodermiques (ou de subsurface) ; ce sont des écoulements à faible profondeur, souvent à la base des profils de sols ;
- La vidange des eaux souterraines.

L'écoulement des eaux souterraines et de subsurface constituent le débit de base. L'intégrale de la courbe du débit de base est aussi appelée la réserve de tarissement ou réserve vidangeable. Elle s'apparente donc au concept de ressources régulatrice (R_R) des hydrogéologues. Plusieurs équations permettent de définir ce volume en découpant la série de données de débit par des intervalles réguliers ou glissants. Ces méthodes reposent sur une estimation de la durée de ruissèlement empirique, donnée par la formule de Pettyjohn et Henning (Pettyjohn & Henning, 1979) :

$$t = N = 2,59A^{0,2} \quad (2.1)$$

t est la durée de ruissèlement (en jours) qui détermine l'intervalle d'intégration noté N et qui est fonction de la surface du bassin versant (A en km^2). Pour un bassin de 10 km^2 , la valeur de N vaut 1,91 jours, qui sera arrondie à 2 jours. N varie de 2 à 11 jours (Pettyjohn & Henning, 1979). Trois méthodes peuvent être utilisées :

- La méthode d'intégration à intervalle réguliers consiste sur une période $2N$ à appliquer le débit minimum mesuré comme débit de base de l'intervalle.
- La méthode glissante consiste à appliquer ce débit minimum sur un intervalle valant $0,5 \times (2N-1)$ autour de la date considérée.
- Une autre méthode est fondée sur les débits minimums observés. La méthode du minimum, longtemps utilisé avant les progrès de la microinformatique, consiste à relier les points minimums observés pour définir le débit de base.

La Figure 28 montre les résultats obtenus avec un logiciel en fonction de la méthode utilisée. La méthode par intervalles glissants donne le débit de base le plus important. La méthode des minimums donne le débit de base le plus faible. La méthode par intervalles réguliers donne un résultat intermédiaire.

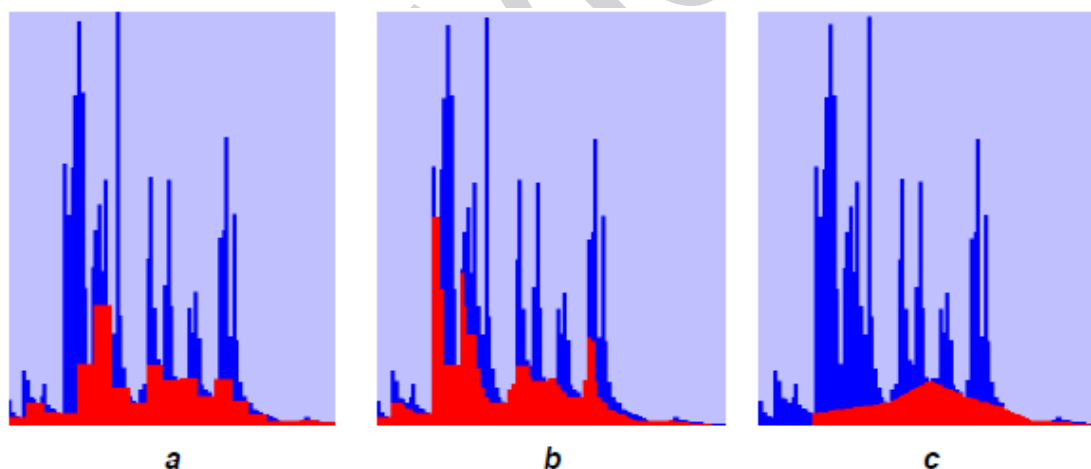


Figure 28 : Les méthodes de calculs du débit de base (Grégor, 2010) : (a) Intégration par intervalle régulier ; (b) intégration par intervalle glissant et (c) intégration par les débits minimums

2.6.2 DONNEES ETUDIEES

CPGF a utilisé les méthodes d'intégration à intervalles réguliers et la méthode glissante sur l'ensemble des stations hydrométriques ouvertes du Tableau 8 (surlignées en vert).

Pour chaque station, le débit de la rivière, le débit de base via les méthodes d'intégration d'intervalles fixes (fixed Interval) et glissants (Sliding Interval) ainsi que leur indice de débit de base (BFI) ont été calculés. Les données sont présentées par station et par année dans la partie suivante.

Les échelles en ordonnées sont les mêmes sur tous les graphiques afin de visualiser les écarts d'une station à l'autre.

2.6.3 BILAN

Le Tableau 15 présente un bilan des estimations des débits de base apportés par les eaux souterraines.

Station	Min Débit mesuré en Mm3/an	Max Débit mesuré en Mm3/an	Moy Débit mesuré en Mm3/an	Min Débit de base en Mm3/an	Max Débit de base en Mm3/an	BFI moyen
U1004010 ; L'Ognon à Servance	43	157	98	20	64	43%
U1025010 ; Le Rahin à Plancher-Bas	21	74	51	10	33	37%
U1014020 ; L'Ognon à Montessaux	88	244	172	37	119	48%
U1035410 ; Le Scey à Beveuge	1	131	75	1	49	43%
U1044010 ; L'Ognon à Chassey-lès-Montbozon	333	852	529	159	401	48%
U1054010 ; L'Ognon à Beaumotte-Aubertans	296	1205	731	135	643	50%
U1074020 ; L'Ognon à Pin	549	1161	864	263	579	50%
U1084010 ; L'Ognon à Pesmes	444	1682	1053	263	833	49%

Tableau 15 : Estimation des débits de base

Le Tableau 15 montre une nette progression des débits mesurés de l'amont vers l'aval du bassin versant de l'Ognon, passant de valeurs moyennes de 51–172 Mm³/an dans les têtes de bassin (stations U1004010 à U1035410) à plus de 500 Mm³/an en moyenne dans la partie aval (stations U1044010 à U1084010). Cette évolution traduit l'augmentation progressive de la surface drainée et la convergence des apports hydriques des affluents.

L'indice BFI (Base Flow Index) indique que la part du débit de base varie de 37 % à 50 % selon les stations. Dans les secteurs amont, le BFI est de 37–43 %. A l'aval, le BFI atteint près de 50 %, témoignant d'une contribution accrue des aquifères (calcaires jurassiques fissurés et nappes alluviales) qui alimentent le réseau, même en période d'étiage.

2.7 CARTOGRAPHIE DES UNITES DE DRAINAGE KARSTIQUE

La cartographie des unités de drainage karstique a été réalisée à partir de données de traçage issues de diverses sources (voir annexe), couplées à des informations géologiques détaillées (structures, réseaux de failles) et à l'analyse de la topographie. L'intégration de ces jeux de données s'est révélée essentielle pour délimiter avec précision les entités de drainage karstique, identifier les axes préférentiels d'écoulement souterrain, et affiner la compréhension des connexions hydrogéologiques ainsi que des mécanismes de transfert dans les systèmes karstifiés.

La spécificité des données de traçage réside dans leur capacité à révéler la continuité des écoulements souterrains à travers plusieurs formations aquifères, fournissant ainsi une vision intégrée du fonctionnement hydrogéologique.

Les différents points de traçage, incluant les points d'injection et de restitution, sont représentés à la Figure 29.

Les traits de traçage ont été comparés au tracé du bassin versant et aux structures géologiques dans la zone d'étude. L'analyse de leurs résultats montre trois types de connexions hydrauliques :

- Des traceurs ne réapparaissent que dans une seule résurgence, indiquant des unités de drainage isolées où l'infiltration alimente une source unique. Les secteurs présentant ce type de traçage semblent être dominés par un écoulement diffus à travers la matrice fissurée,
- Des traceurs sont détectés dans plusieurs exutoires, ce qui suggère que certaines zones d'infiltration contribuent à plusieurs systèmes de drainage,
- Des sources reçoivent des traceurs issus de plusieurs points d'injection différents, démontrant qu'elles sont alimentées par plusieurs bassins d'infiltration. La répartition de ces connexions est non homogène, indiquant une structure karstique complexe, marquée par des écoulements préférentiels et des variations locales de perméabilité. Ces deux derniers types de connexions suggèrent l'existence de conduits karstiques bien développés, permettant un transport rapide de l'eau entre différentes unités.

L'analyse approfondie des traçages, couplée à l'examen de la structure géologique de la zone d'étude, du réseau de failles et de la topographie, met en évidence la nécessité d'un ajustement de la limite du bassin. Cette nouvelle délimitation est présentée dans la Figure 30.

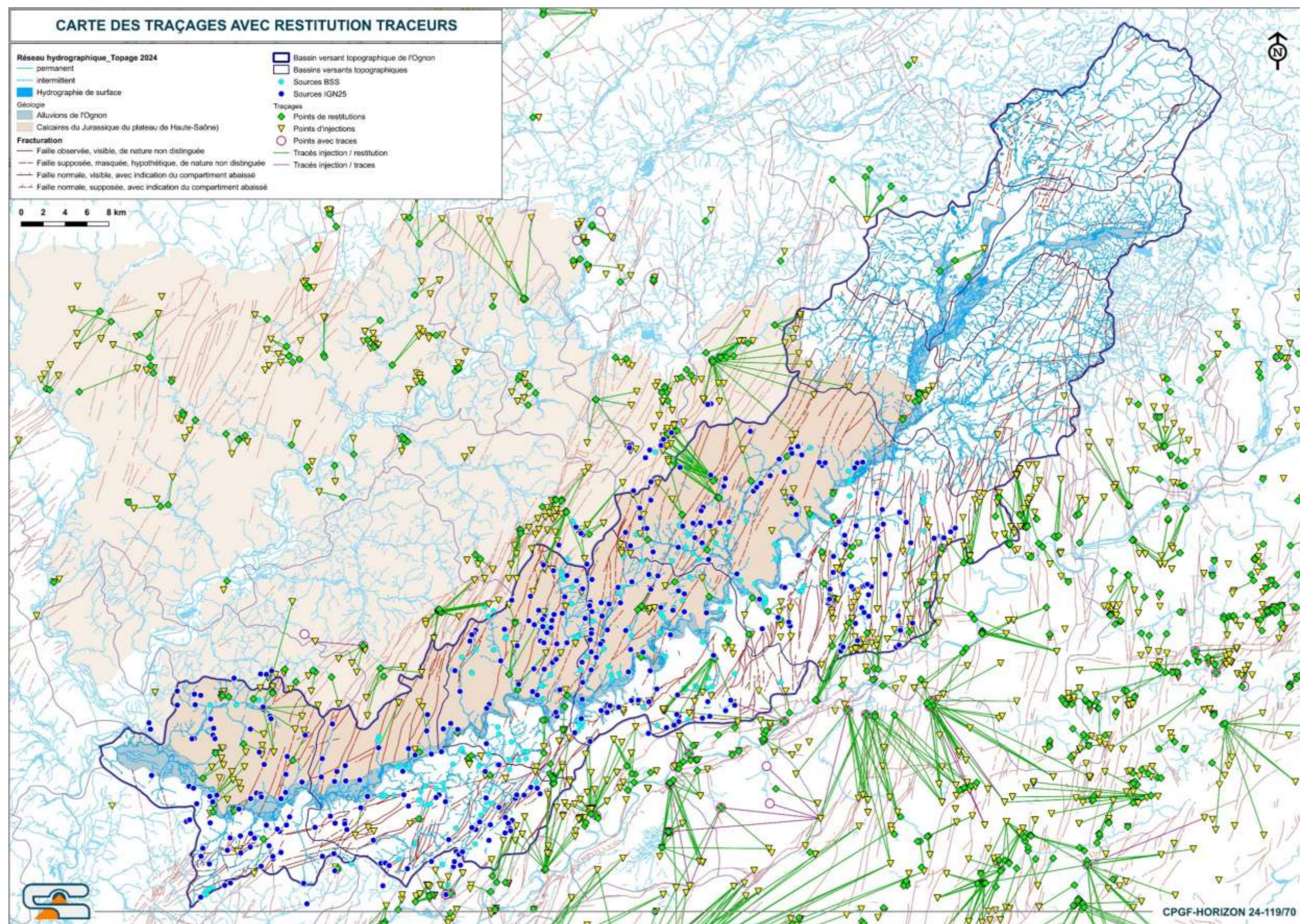


Figure 29 : Répartition des points de traçage disponibles sur le secteur d'étude

UNITES DE DRAINAGE SUR LE BASSIN VERSANT DE L'OGNON

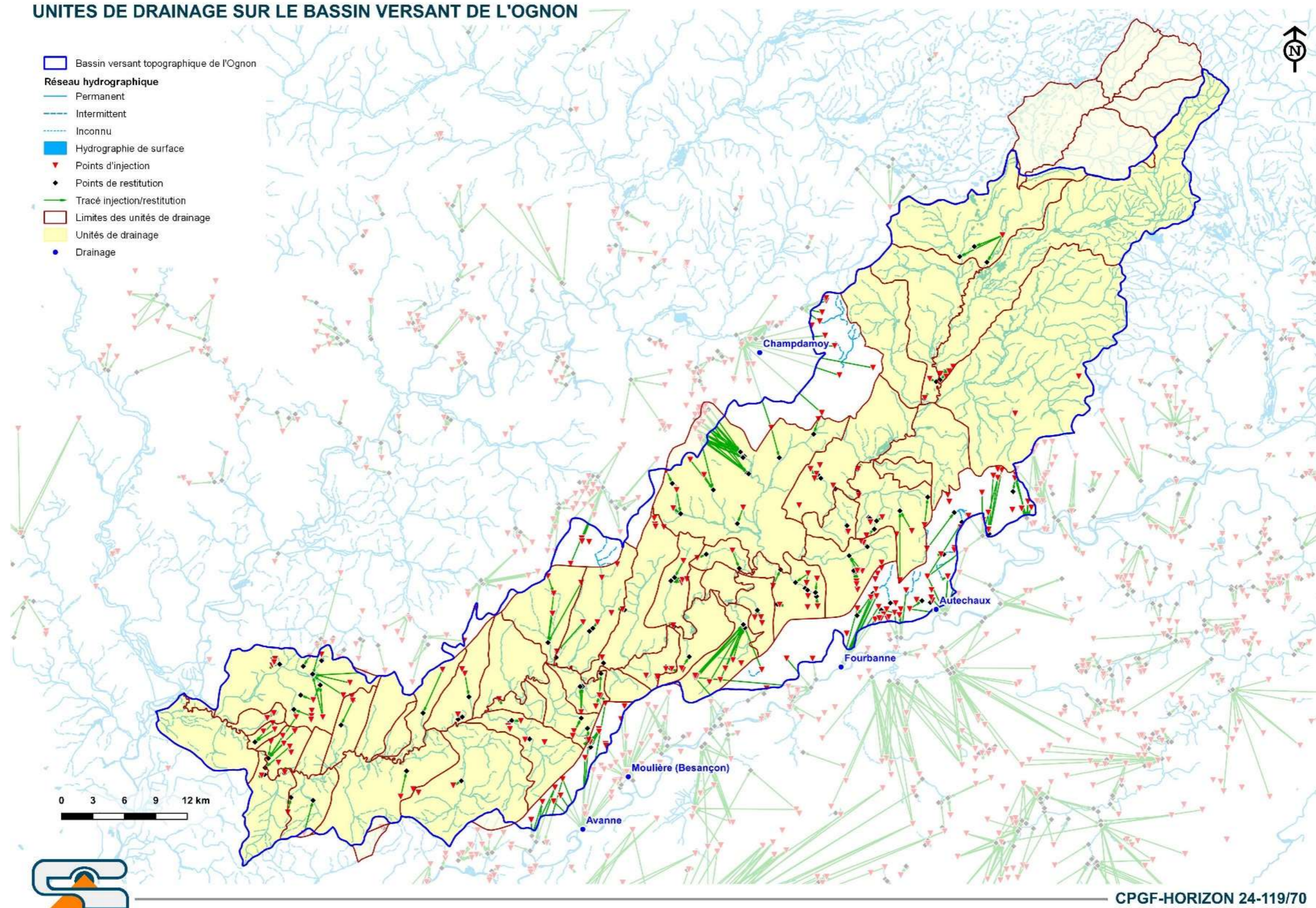


Figure 30 : La nouvelle délimitation du bassin versant de l'Ognon et des bassins hydrogéologiques qui y sont reliés.

3 USAGES

3.1 PREAMBULE

Les hypothèses de quantification des prélèvements et rejets présentées ici ont été établies lors d'ateliers collaboratifs menés en avril 2025, réunissant les producteurs d'eau potable, la chambre d'agriculture, la chambre de commerce et d'industrie ainsi que Voies Navigables de France (VNF), exploitant de la prise d'eau de Champagny. Elles s'appliquent dans le cadre de la modélisation hydrologique réalisée sur la période 1994–2023, avec des projections à l'horizon 2050.

Les usages sont analysés sur l'ensemble du bassin versant puis répartis sur chaque sous bassin selon les éléments disponibles. L'origine du découpage des bassins versants proposée est expliquée dans le §4.2 du présent rapport.

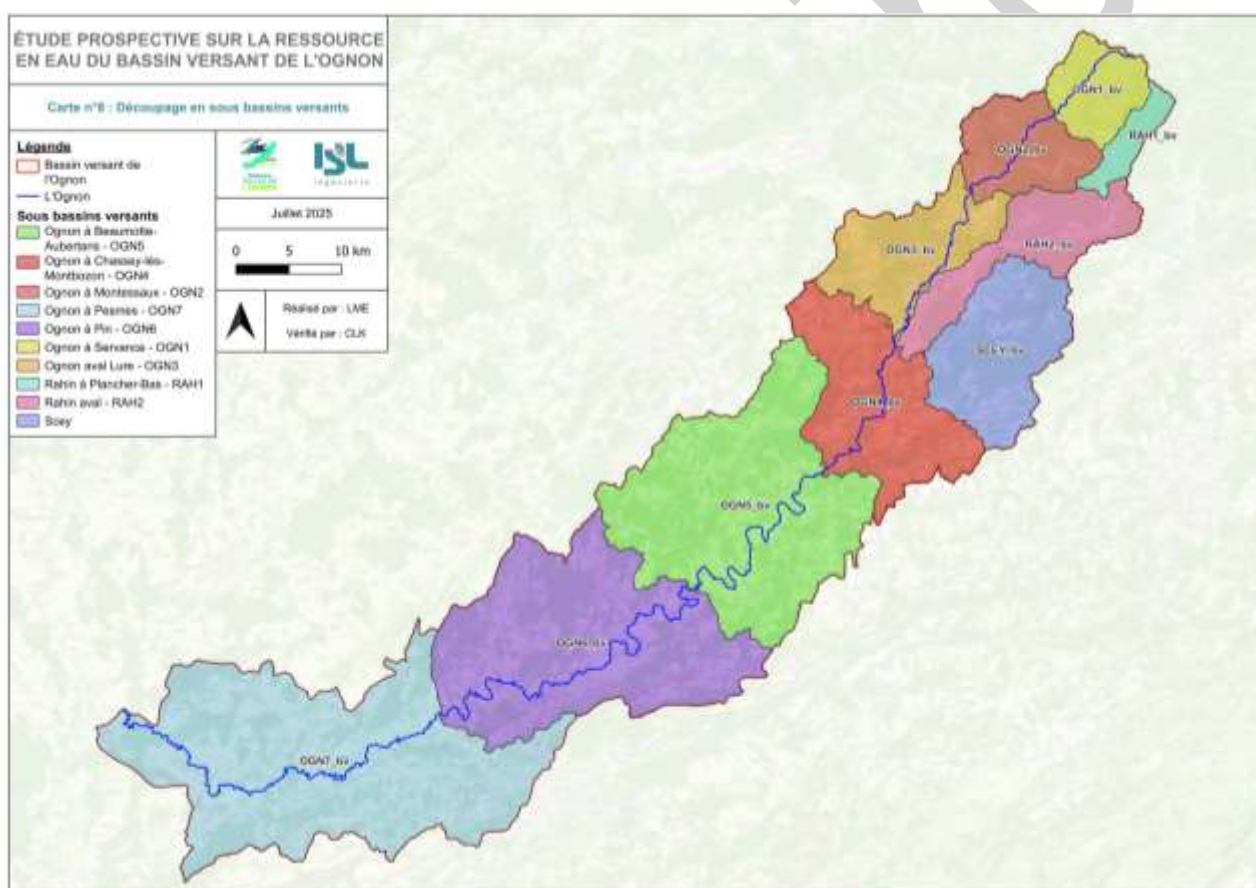


Figure 31: Découpage en sous bassins versants retenu

3.2 ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP)

- **Source de données** : BNPE [complétée par les retours des producteurs AEP via un questionnaire (ANNEXE 1)], données démographiques INSEE.
- **Méthodologie pour les volumes actuels** : Les volumes globaux prélevés en 2012 et 2021 sont issus de la BNPE. Ces volumes ont été répartis entre les sous-bassins versants à partir

de la localisation précise des points de prélèvement recensés dans la BNPE. Les retours des questionnaires ont permis de confirmer une partie des données tout en excluant certains prélèvements situés hors du périmètre du bassin versant.

Une partie des prélèvements présents sur le bassin versant topographique n'ont pas été modélisés car le bassin hydrogéologique sur lequel ils se situaient correspondait à de l'eau terminant sa course dans un bassin versant voisin.

L'analyse des retours de questionnaire a mis en évidence une variation mensuelle faible, justifiant une répartition uniforme sur l'année. Une augmentation de 9% des prélèvements est constatée entre la période 2012-2014 et 2019-2021.

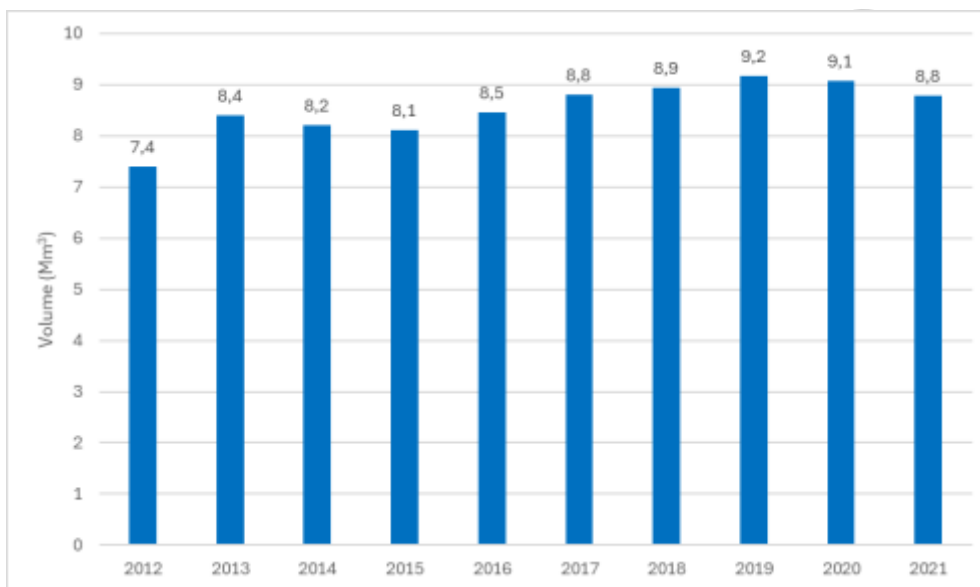


Figure 32 : Histogramme de l'évolution annuelle des prélèvements AEP [2012-2021]

- **Méthodologie pour les prélèvements passés** : Les volumes antérieurs à 2012 ont été reconstitués en se basant sur l'évolution démographique observée entre 1994 et 2012. L'analyse a été menée par sous bassin versant avec les données par communes de l'INSEE.

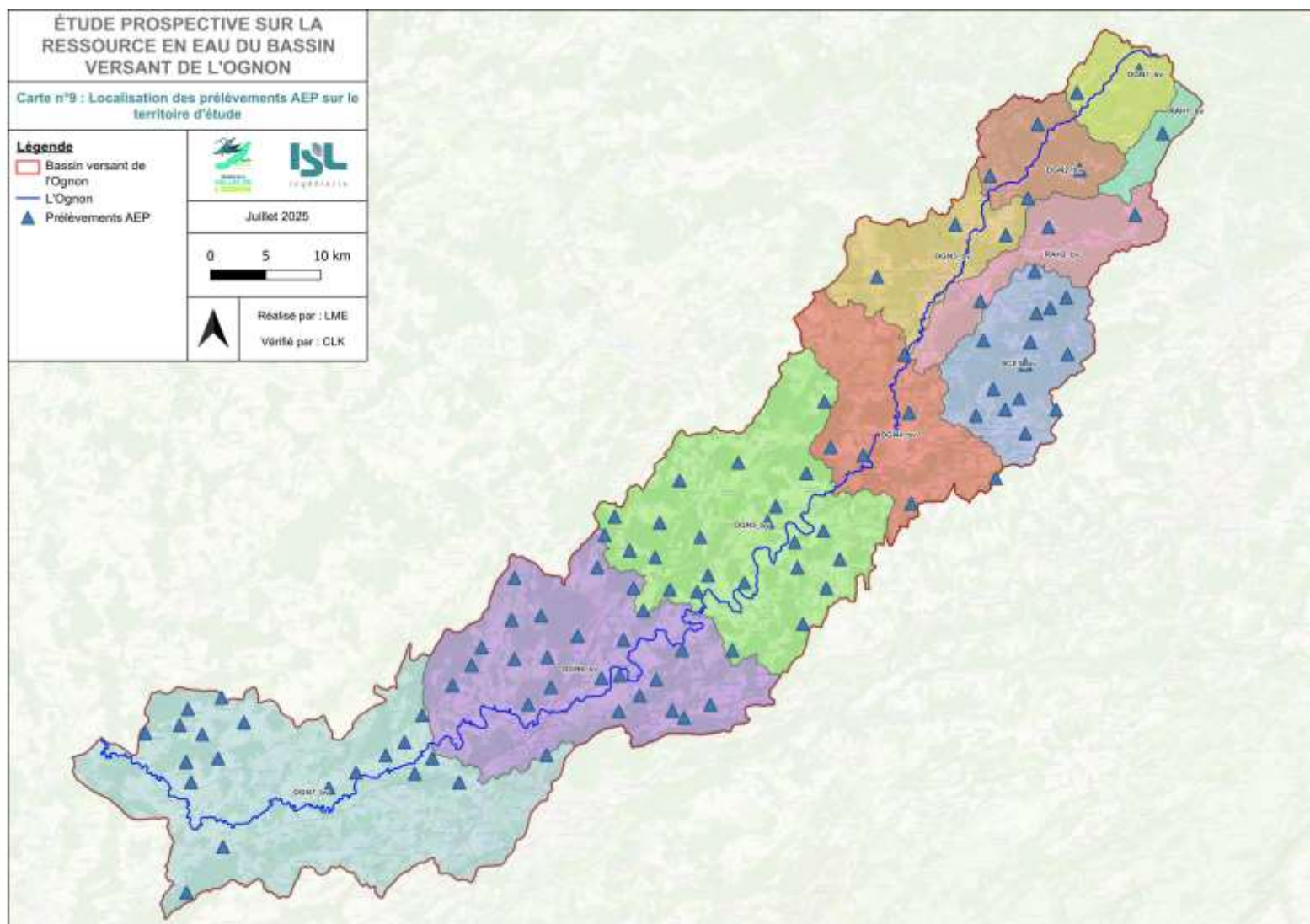


Figure 33: Localisation des prélèvements AEP sur le bassin versant (source BNPE)

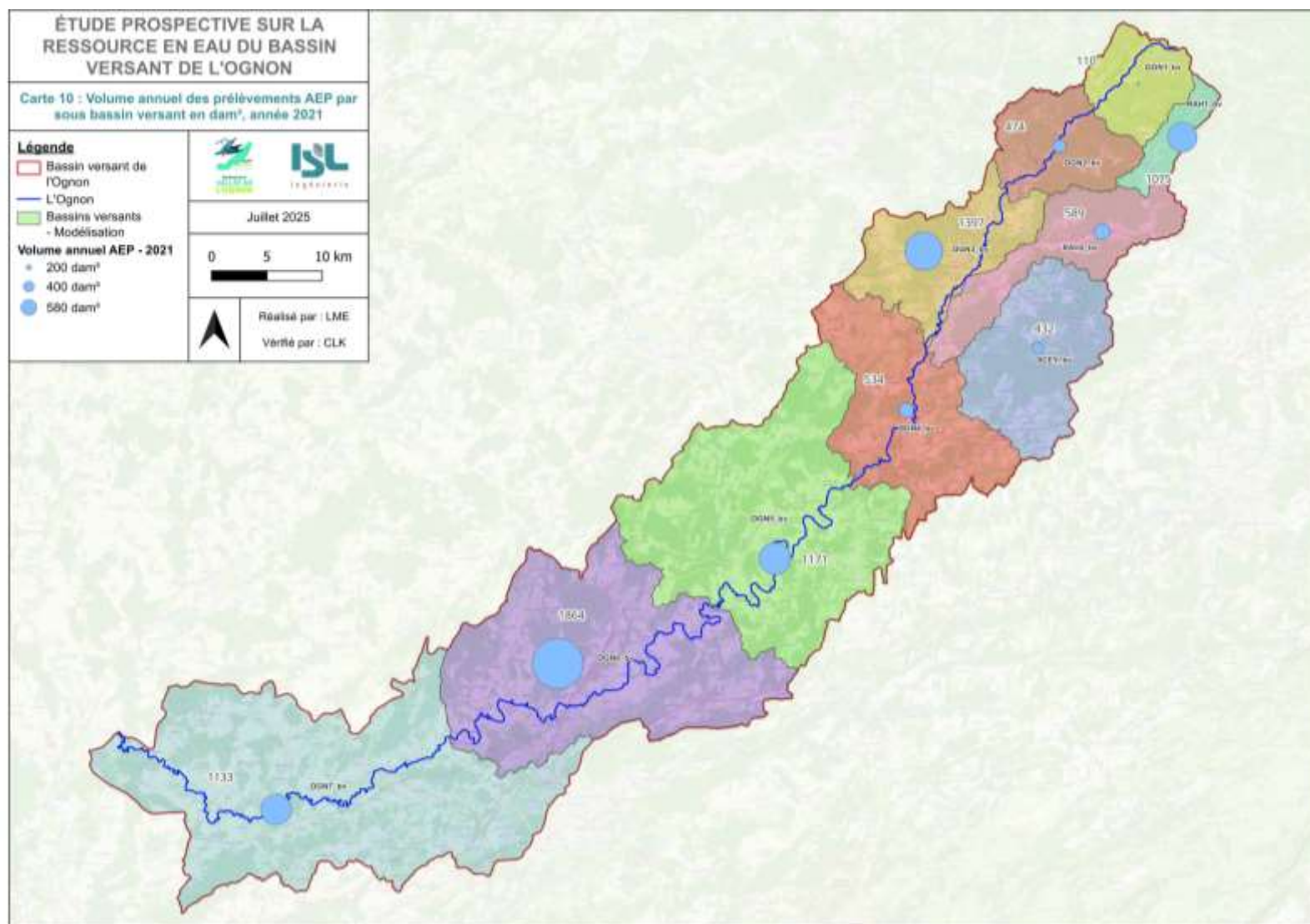


Figure 34 : Volume annuel prélevé sur chaque sous bassin versant, Année 2021

3.3 INDUSTRIES

- **Source de données** : BNPE (complétée par les retours des industriels via un questionnaire).
- **Méthodologie pour les volumes actuels** : Les volumes déclarés à la BNPE entre 2012 et 2021 sont compris entre 0,5 et 0,7 Mm³. Pour tenir compte des consommations non déclarées, un volume complémentaire de 0,5 Mm³/an a été ajouté (valeur choisie en concertation avec la CCI pour tenir compte des prélèvements non déclarés à la BNPE). Ce volume complémentaire a été ajouté au pro rata de surface de chaque sous bassin versant, les industries consommant cette eau étant présentes sur l'entièreté du bassin et non pas dans une zone spécifique.

Aucune variation mensuelle n'a pu être identifiée, mais une augmentation significative des prélèvements est constatée ces dernières années (+70% en 10 ans). Des travaux de modification des circuits d'eau des plus gros consommateurs du bassin ont cependant été menés depuis 2021. La consommation déclarée devrait retomber autour de 0,5Mm³.

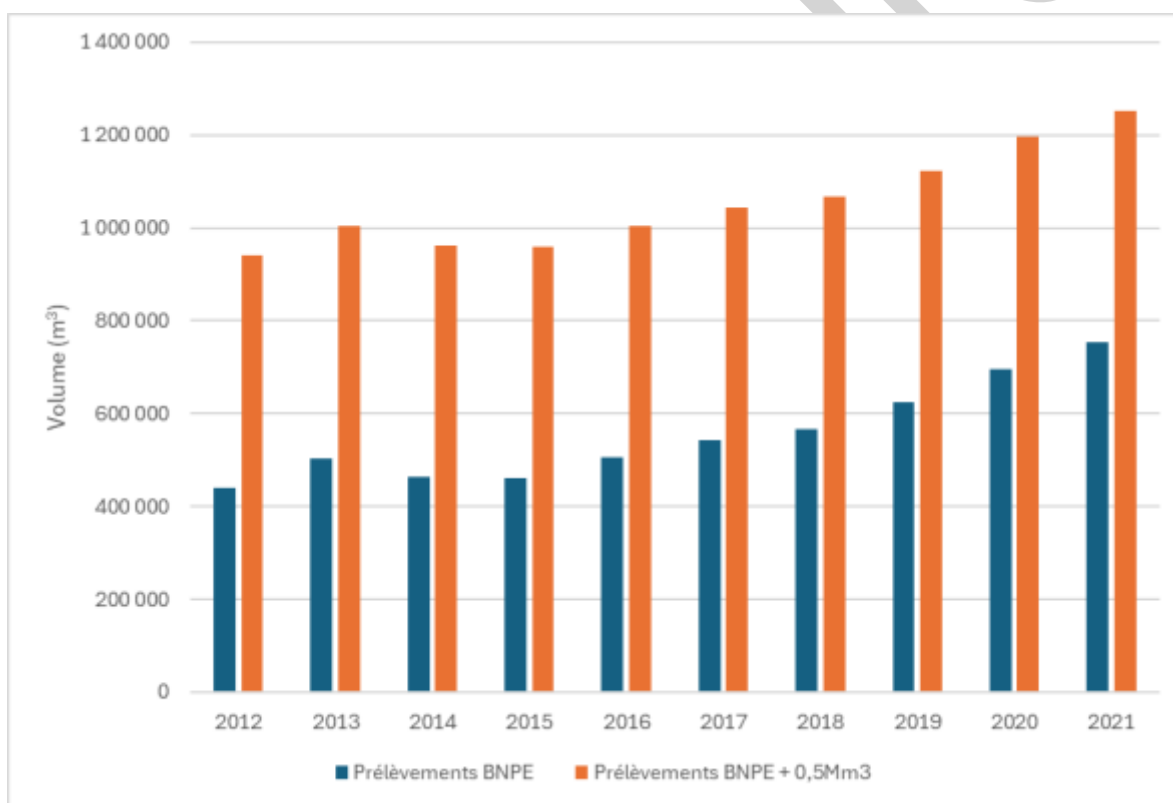


Figure 35 : Histogramme de l'évolution annuelle des prélèvements industriels [2012-2021]

- **Méthodologie pour les prélèvements passés** : Un volume constant de 1 Mm³ est retenu pour les périodes historiques et futures, par défaut et en l'absence d'éléments prospectifs sur les évolutions industrielles du territoire. Il n'est pas prévu l'installation de nouvelles industries dans le bassin à ce jour, l'objectif sera de maintenir celles en place notamment en leur garantissant si possible un accès à l'eau pour maintenir leurs activités.



3.4 ABREUVEMENT

- **Source de données** : Recensement Général Agricole 2020, hypothèses sur les besoins hydriques des animaux.
- **Méthodologie pour les volumes actuels** : L'abreuvement du bétail est estimé selon les besoins journaliers par UGB (Unité de Gros Bétail), différenciés par période de l'année :
 - 60 L/j/UGB d'octobre à mars
 - 90 L/j/UGB pour avril, mai et septembre
 - 120 L/j/UGB de juin à août
 - Il est supposé que 20 % des volumes consommés entre mars et octobre sont directement prélevés dans le milieu naturel, le reste étant assuré via le réseau AEP (valeur choisie en concertation avec la Chambre d'Agriculture).
 - La consommation des bâtiments d'élevage n'est pas prise en compte (supposée intégralement prélevée sur le réseau AEP).
- **Méthodologie pour les prélèvements passés** : Aucune évolution notable des prélèvements directs sur le milieu n'est retenue (stagnation) sur les données historiques. L'essentiel des volumes transite par le réseau AEP, il est difficile d'isoler l'effet des évolutions du cheptel sur les volumes consommés dans la chronique globale AEP historique et sur le milieu (de moins en moins d'animaux mais la durée de la période où ils peuvent être dehors a augmentée depuis 30 ans, conséquence du réchauffement climatique).

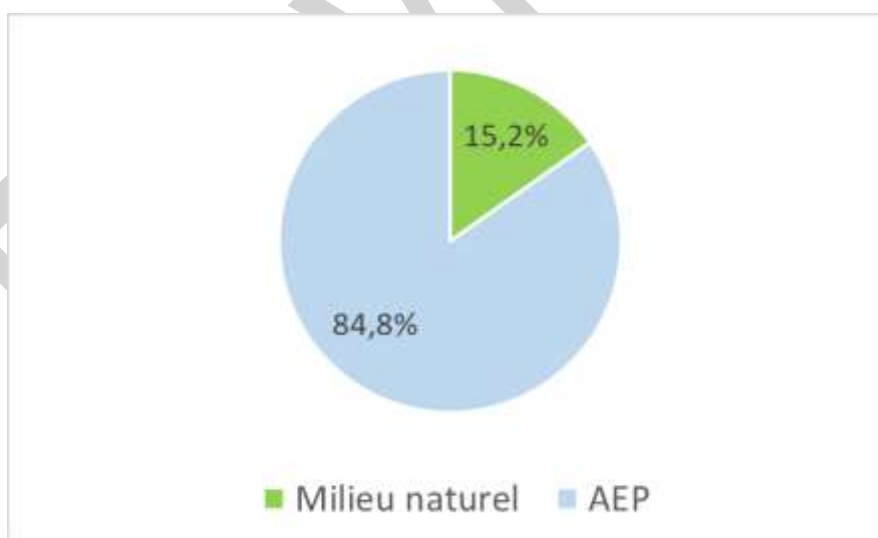


Figure 37 : Origine de l'eau utilisée pour l'abreuvement du bétail à l'échelle annuelle



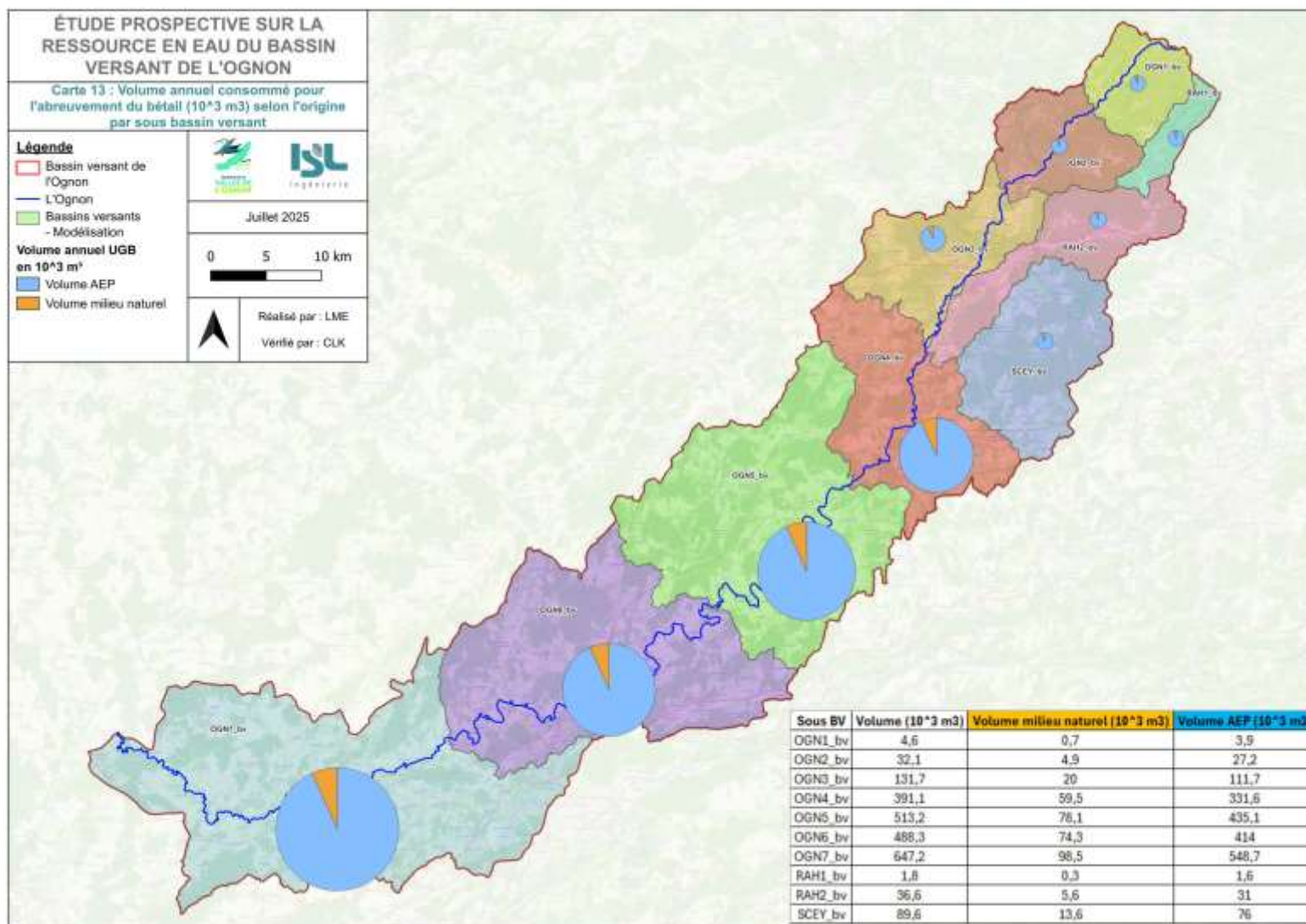


Figure 39: Volume annuel consommé pour l'abreuvement du bétail selon l'origine

3.5 IRRIGATION

- **Source de données** : Carte d'occupation des sols (produite par le Centre d'Expertise Scientifique sur l'occupation des sols – CES OSO), données BNPE, et données DDT sur les forages agricoles.
- **Méthodologie pour les volumes actuels** : Aucun prélèvement n'a été déclaré dans la BNPE pour les usages d'irrigation sur le bassin versant. Quelques données concernant des forages ont été fournies par la DDT, mais elles ne concernent qu'une partie du territoire. Elles fournissent le volume autorisé mais pas celui réellement prélevé et ne tiennent pas compte des forages non déclarés. En conséquence, l'irrigation n'est pas retenue dans l'état influencé actuel du modèle hydrologique.
- **Méthodologie pour les prélèvements passés** : Aucun volume n'est retenu pour la période passée (1994–2023), en cohérence avec l'absence d'activité déclarée.

3.6 BARRAGE DE CHAMPAGNEY

- **Source de données** : Données journalières VNF (avril 2016 – décembre 2023). Plusieurs tentatives de reconstitution des données plus anciennes ont été menées (à partir des mesures de niveau du barrage de Champagny) mais aucune n'a abouti.
- **Méthodologie pour les volumes actuels** : La chronique journalière a été utilisée à partir d'avril 2016. L'année 2021 étant incomplète, elle a été comblée (sur les lacunes, une répartition quotidienne de la consommation sur l'ensemble du mois concerné a été effectuée). Une forte variabilité interannuelle (3 à 11 Mm³) a été constatée sur la période 2016-2023, liée aux cycles décennaux de vidange et de remplissage réglementaire du barrage. Par conséquent, la valeur annuelle retenue est 6,6 Mm³ (moyenne des années 2022, 2023, 2024).

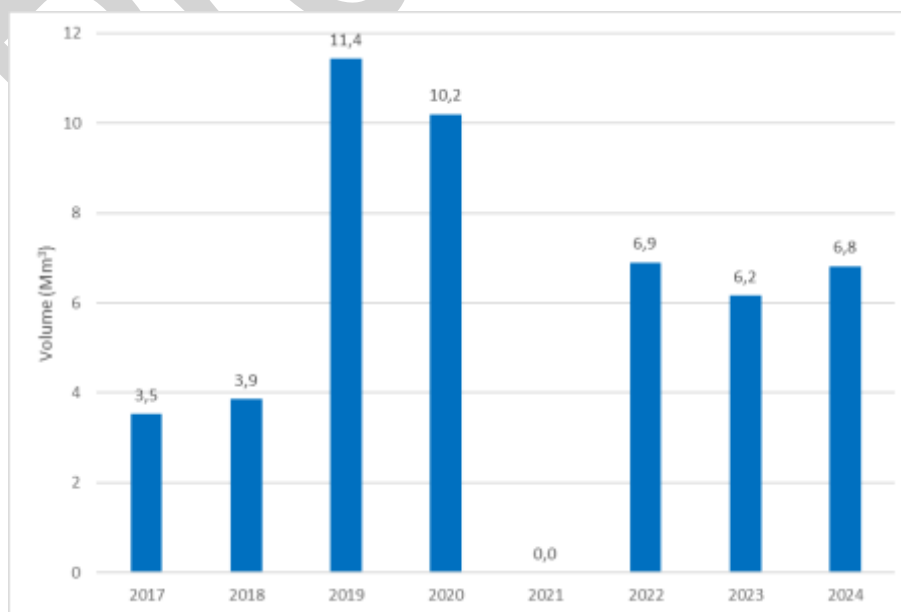


Figure 40 : Histogramme de l'évolution annuelle des prélèvements à la prise d'eau du Rahin [2017-2024]

Il est toutefois important de souligner que, bien que le volume annuel prélevé soit conséquent, sa répartition mensuelle reste inégale : les prélèvements sont majoritairement réalisés durant les périodes d'abondance de la ressource, et ne représentent qu'une faible part en période d'étiage. Le graphique ci-dessous illustre cette tendance, en montrant la répartition mensuelle moyenne des prélèvements sur la période 2022-2024 (période de fonctionnement « classique » de la prise d'eau).

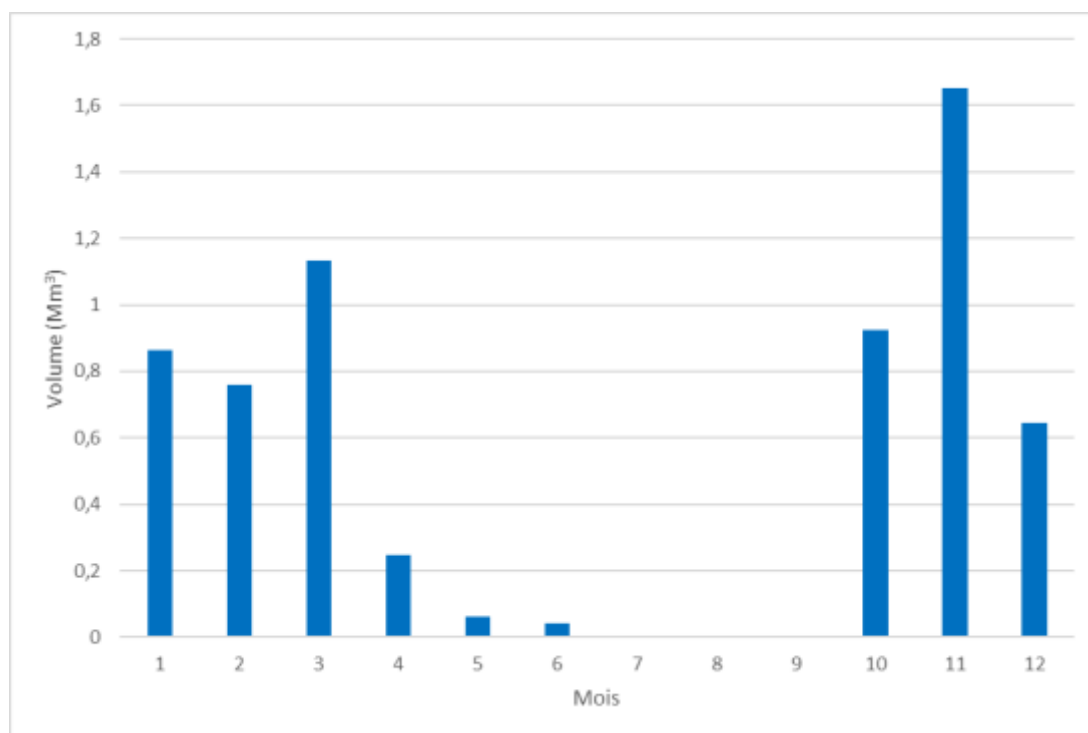


Figure 41 : Histogramme de la répartition mensuelle moyenne des prélèvements réalisés sur la prise d'eau du Rahin [2022-2024]

- **Méthodologie pour les prélèvements passés** : La chronique passée est construite à partir de la moyenne des années 2022, 2023 et 2024, jugées représentatives (hors travaux). La variabilité mensuelle est basée sur ces trois années.

3.7 PLANS D'EAU

- **Source de données** : Inventaire national des plans d'eau (INPE) pour les surfaces, modèle GESRES pour l'évapotranspiration réelle (ETP).
- **Méthodologie pour les volumes actuels** : Les plans d'eau représentent environ 0,6 % de la surface totale du bassin versant, avec une présence plus marquée dans les sous-bassins amont (OGN2, RAH2, SCEY).

Le modèle GESRES estime l'évapotranspiration théorique (ETP) et réelle (ETR) sur chaque sous bassin versant. L'ETP et l'ETR correspondent à la perte en eau liée à la végétation.

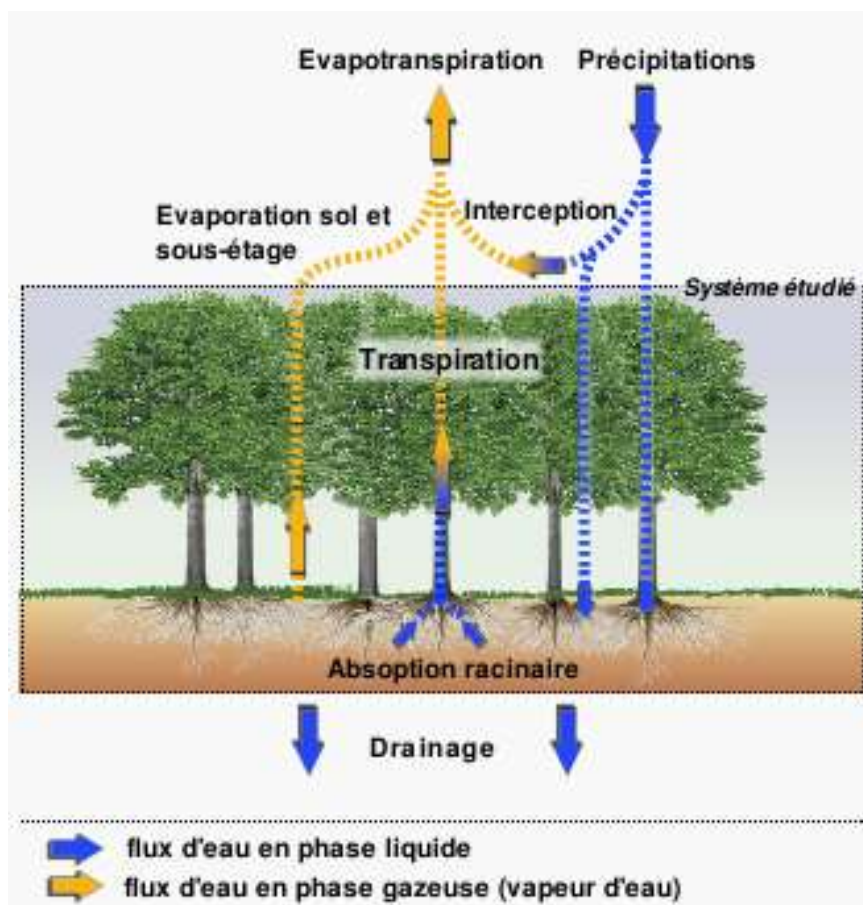


Figure 42: Principe de l'évapotranspiration, source INRAE

L'ETP correspond à l'évapotranspiration théorique qui interviendrait dans le cas d'une ressource abondante : plus il fait chaud, plus les plantes évapotranspirent. Cependant, pendant les périodes de fortes chaleurs en France, la ressource en eau est limitée. L'eau réellement évapotranspirée est donc inférieure à sa valeur théorique.

L'évaporation est estimée selon la formule :

$$\text{Évaporation}_{\text{plans d'eau}} = 0,75 \times \text{ETP}_{\text{végétaux}},$$

Avec $\text{ETP}_{\text{végétaux}}$ issue du modèle GESRES.

En moyenne sur une année, l'évapotranspiration est supérieure à l'évaporation des plans d'eau à surface égale. Le modèle, qui considère que le bassin est entièrement recouvert de végétation par simplification, est donc au global sur une année sécuritaire pour l'estimation de la ressource en eau. En revanche, des écarts peuvent apparaître en saison sèche et le modèle sous-estime les pertes pendant cette période.

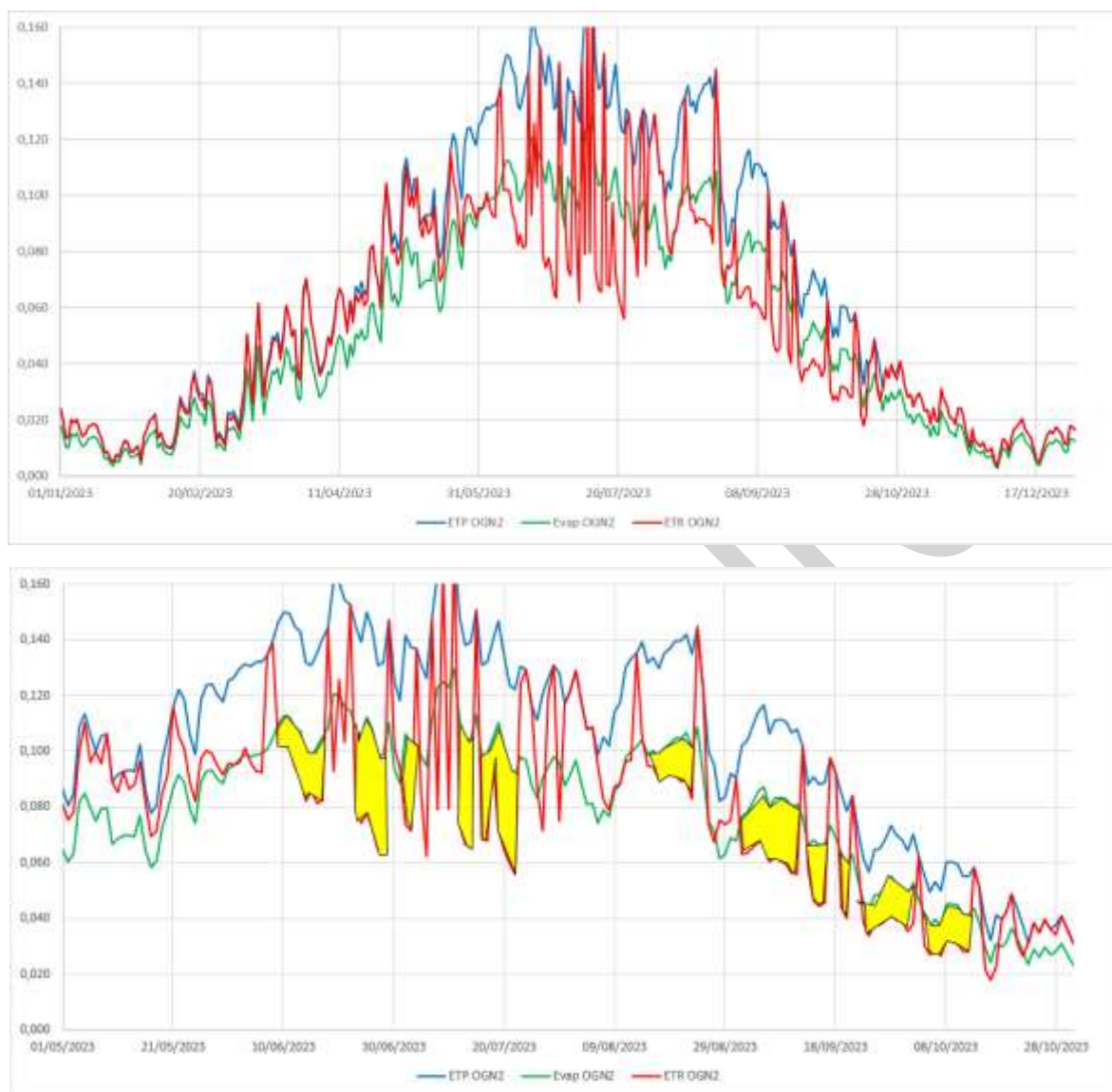


Figure 43: Comparaison de l'ETP, l'ETR et l'évaporation sur une surface équivalente, en m³/s

Les débits « oubliés » par le modèle (en jaune sur la courbe précédente) sont estimés sur chaque sous bassin et comparés au QMNA5 : un hydrogramme correspondant aux débits en jaune a été ajouté au modèle lorsque la valeur maximale journalière de l'écart entre l'évaporation et l'ETR dépasse au moins une fois 10% du QMNA5 [OGN2, RAH2, SCEY].

Cette approche permet ainsi d'isoler les pertes spécifiques aux surfaces en eau, indépendamment de la couverture végétale.

Il convient également de noter que les barrages au fil de l'eau induisent une réhausse locale de la nappe alluviale par effet de retenue, renforçant les échanges nappe-rivière et le soutien des débits de base. Les zones humides contribuent également à la régulation hydrologique par stockage temporaire, infiltration et soutien d'étiage. Elles favorisent donc la recharge des nappes.

- **Méthodologie pour les prélèvements passés** : La même logique est appliquée sur l'ensemble de la période 1994–2023.



3.8 STATIONS D'EPURATION

- **Source de données** : Agence de l'Eau et BNPE.
- **Méthodologie pour les volumes actuels** : Les volumes rejetés par les stations d'épuration ont été estimés à partir des données transmises par l'Agence de l'Eau. En 2023, ces rejets s'élèvent à 7,8 Mm³. Leur comparaison avec les 8,8 Mm³ d'eau prélevés pour l'AEP en 2021 (donnée la plus récente disponible) permet d'établir un taux de restitution global de 87 %. Les données de l'Agence de l'Eau ont également permis de caractériser la répartition mensuelle des rejets ainsi que leur distribution entre les sous-bassins versants. La figure ci-dessous illustre cette variabilité mensuelle, issue de l'analyse de 11 STEU représentant 73 % du volume total rejeté.

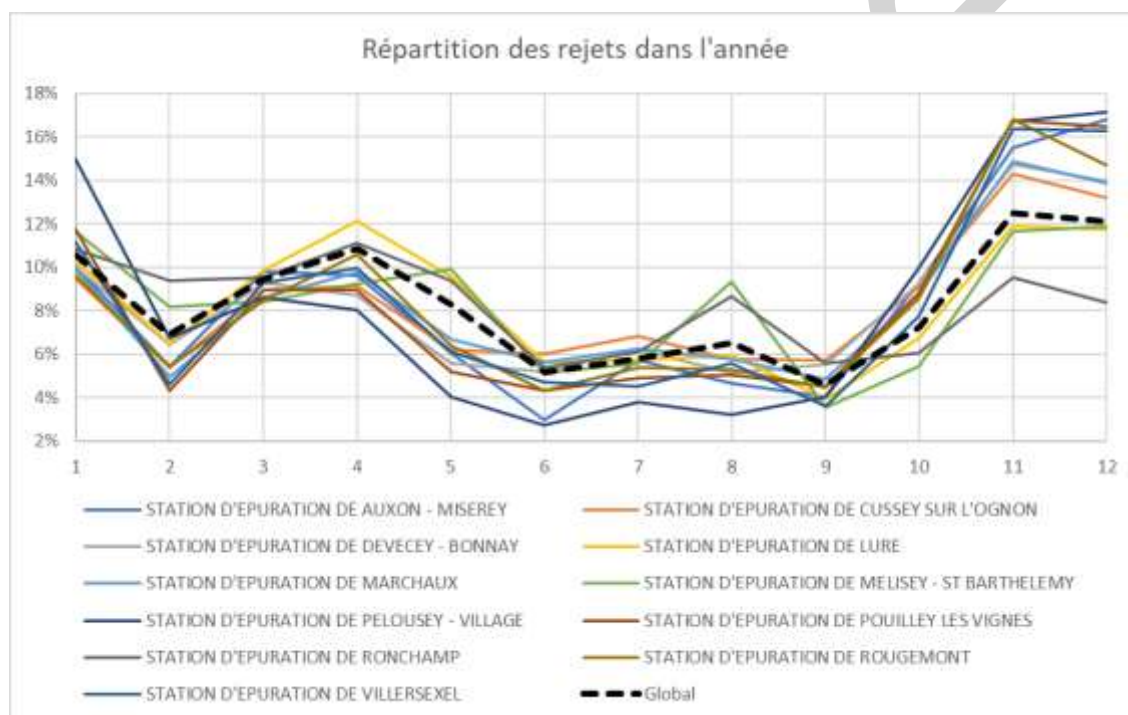


Figure 45 : Répartition mensuelle des rejets des STEU - Année 2023

Les données n'ont été fournies que pour 2023. Les volumes AEP sont réutilisés, pondérés de 87% puis par les contributions de chaque sous-bassin versant selon les rejets observés en 2023.

Les rejets non collectifs apparaissent minoritaires à l'échelle du bassin versant. En effet, le taux de restitution de 87% (qui est relativement élevé) est probablement davantage lié aux pertes du réseau qu'aux rejets issus de l'assainissement non collectif.

- **Méthodologie pour les prélèvements passés** : À nouveau à l'aide des données démographiques de l'INSEE, le même schéma de calcul est appliqué de manière rétroactive pour reconstituer la chronique depuis 1994.

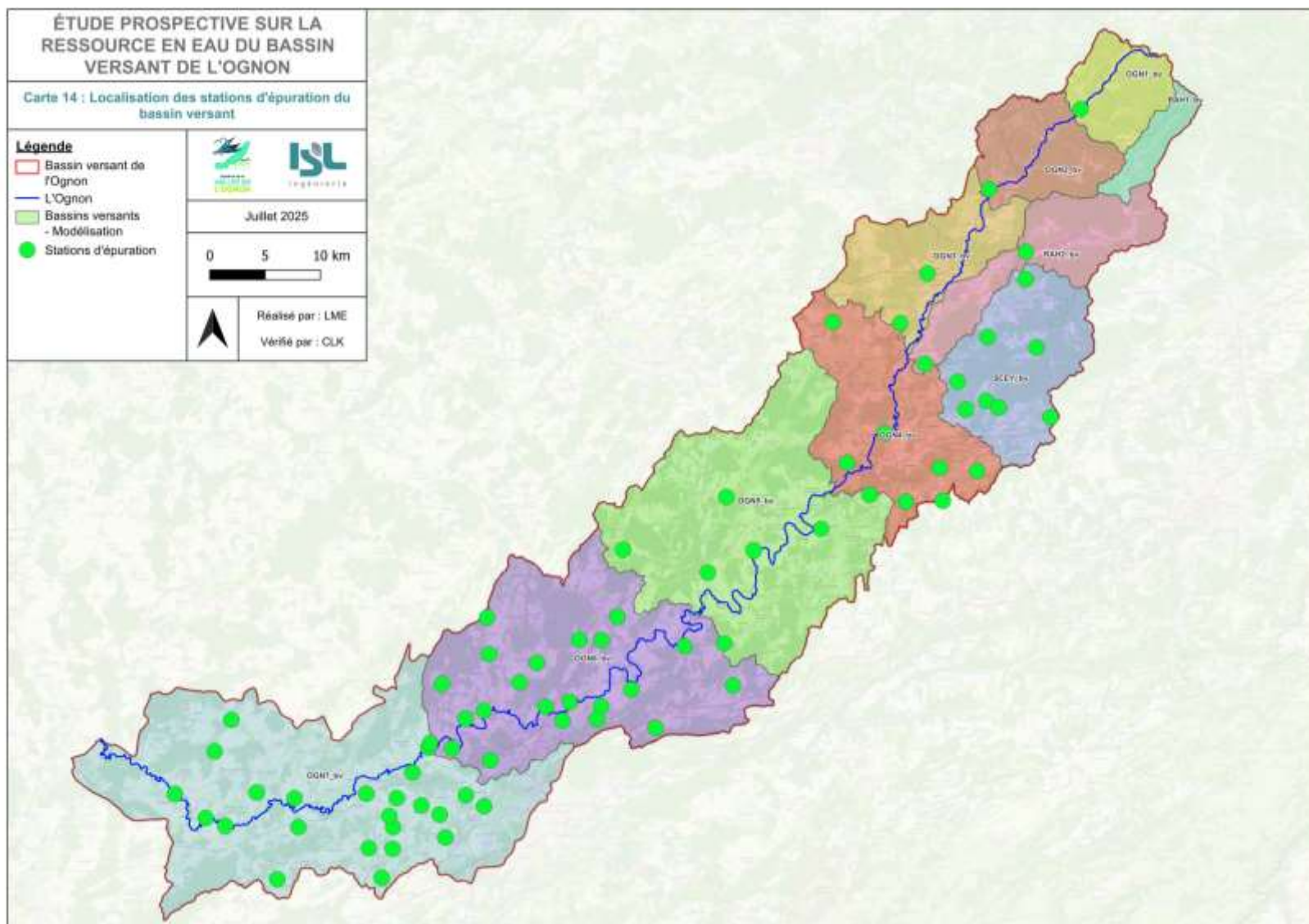


Figure 46: Localisation des stations d'épuration

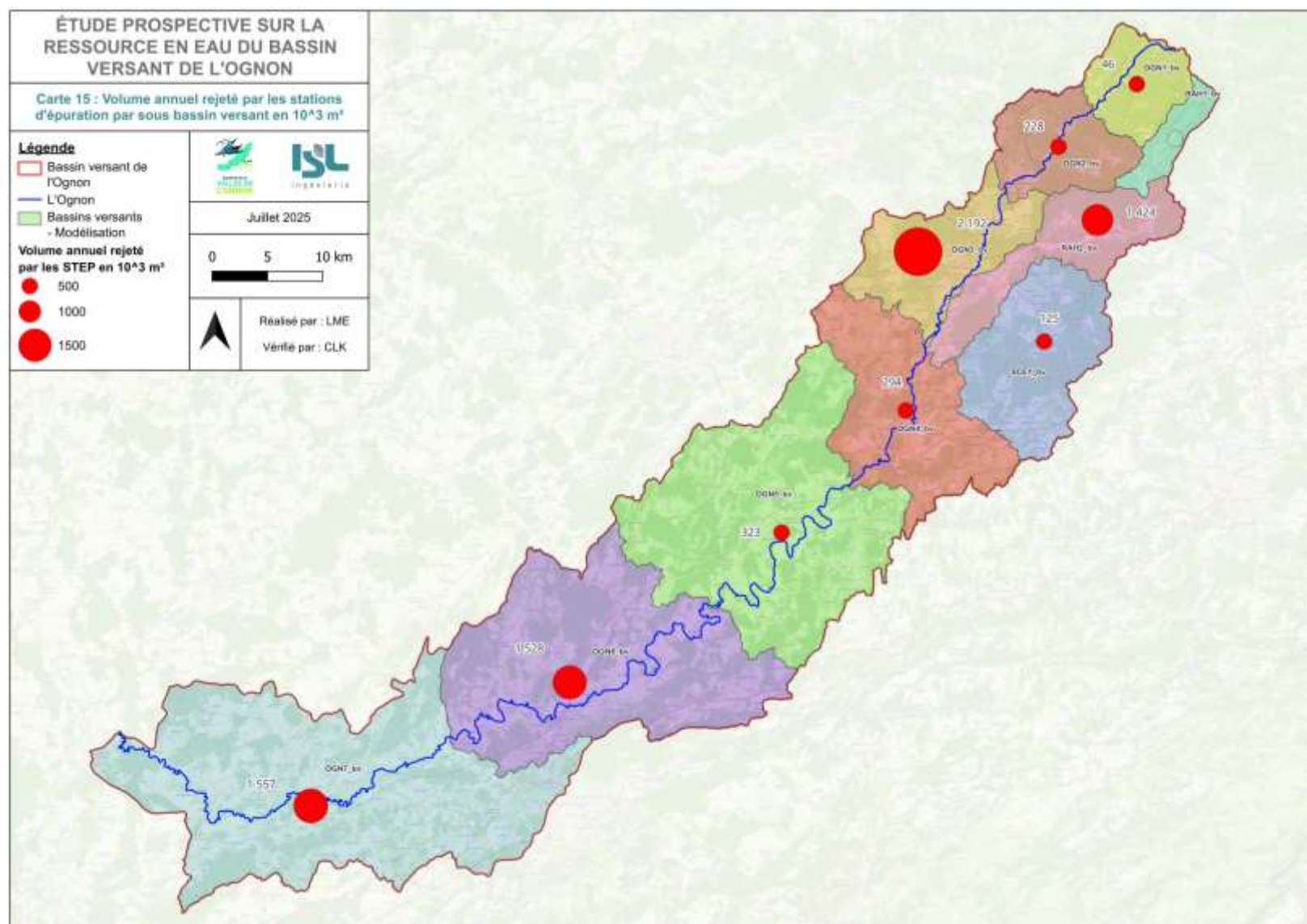


Figure 47: Volume annuel rejeté par les stations d'épuration par sous bassin versant, année 2023

3.9 BILAN DES PRELEVEMENTS ET REJETS

Le bilan annuel des prélèvements est présenté ci-dessous. Dans la mesure du possible, les comparaisons ont été effectuées sur une même année, à savoir 2020 pour les prélèvements liés à l'AEP, aux usages industriels et agricoles. Cependant, pour la prise d'eau du Rahin, l'année 2020 correspond au remplissage du bassin de Champagny à la suite de sa vidange décennale, ce qui la rend non représentative. C'est pourquoi les données des années 2022 à 2024 sont privilégiées pour ce point. En ce qui concerne les rejets des STEU, seules les données de l'année 2023 étant disponibles, cette dernière a été retenue pour l'analyse.

	Volume (Mm ³)	Volume (%)
AEP (prélèvements) - 2020	9,1 (dont 2 Mm ³ abreuvement bétail)	53%
Industries (prélèvements) - 2020	1,0	6%
Agriculture (prélèvements) - 2020 Abreuvement dans le milieu	0,35	2%
Prise d'eau sur le Rahin (prélèvements) – Moyenne [2022-2024]	6,6	39%
STEU (rejets) - 2023	7,8	42% des volumes prélevés

Figure 48 : Bilan des prélèvements et rejets annuels sur le bassin versant de l'Ognon

Ce bilan annuel des prélèvements est fourni à titre indicatif et ne permet pas, à lui seul, de tirer des conclusions sur l'impact des usages sur la ressource en eau de l'Ognon. L'analyse doit en effet prendre en compte non seulement les volumes prélevés, mais aussi leur répartition dans le temps, en lien avec la disponibilité de la ressource (utilisation du modèle hydrologique, §4).

Elle doit également être menée au regard des besoins biologiques du milieu : un prélèvement important en période d'étiage n'est pas nécessairement problématique, dès lors que le débit restant disponible est suffisant pour garantir le maintien et la croissance des espèces aquatiques. Le modèle hydrologique développé sous le logiciel GESRES permet d'évaluer l'impact anthropique sur l'état de la ressource en intégrant les dynamiques hydrologiques. Toutefois, il ne permet pas de conclure sur les besoins écologiques du milieu. Pour cela, une étude complémentaire pour estimer les DMB (Débits Minimums Biologiques) serait nécessaire.

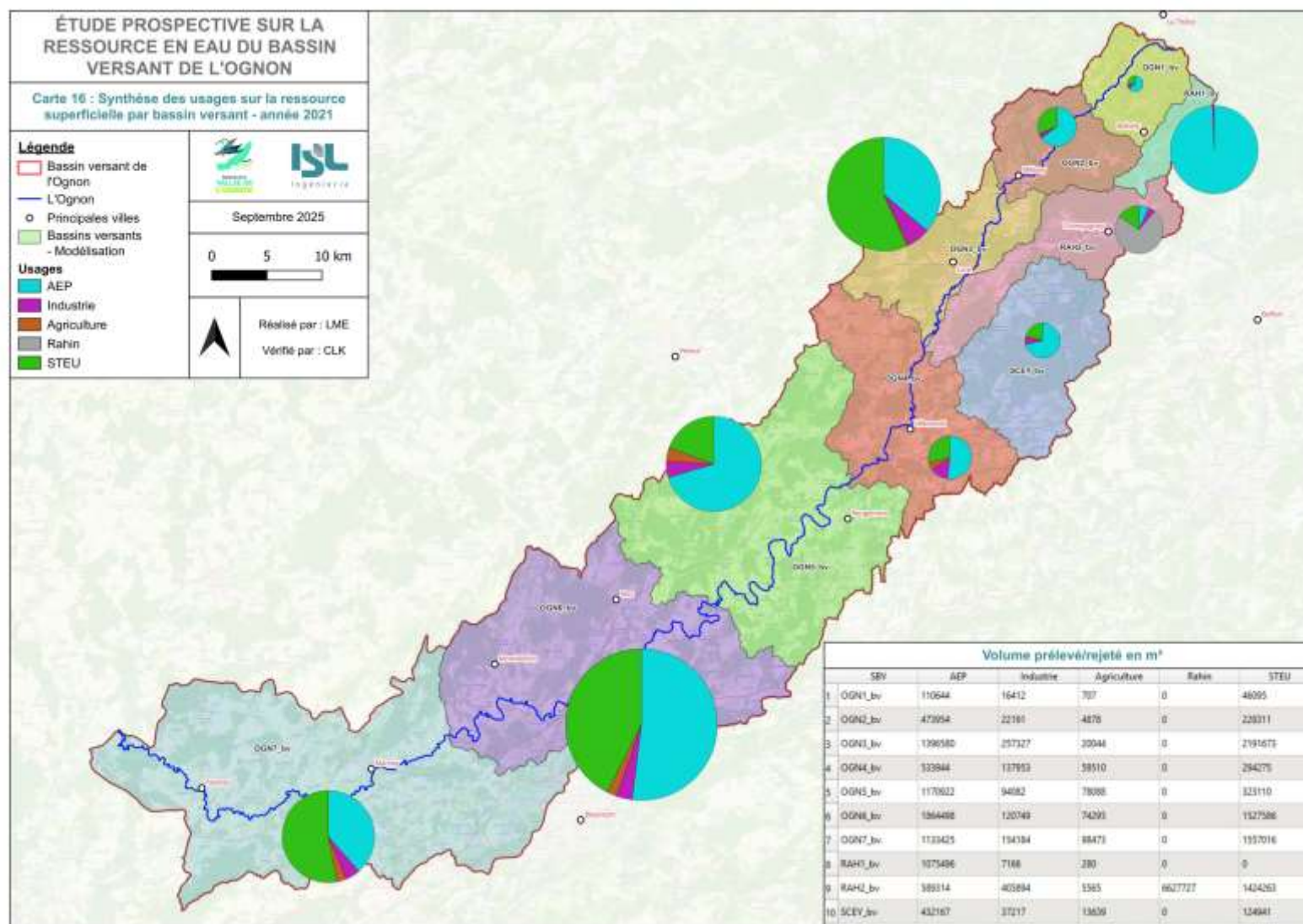


Figure 49: Bilan des prélèvements et des rejets par sous bassin

4 MODELISATION HYDROLOGIQUE : GESRES

4.1 PRESENTATION DU LOGICIEL GESRES_{ISL}

Le logiciel GESRES_{ISL} est un logiciel de modélisation hydrologique. Il a été développé spécifiquement par ISL dans le cadre de ses études hydrologiques.

L'architecture du modèle s'appuie sur une topologie simplifiée, formée de nœuds de calcul auxquels sont rattachés les éléments producteurs et de contrôle des débits (bassin versant, hydrogramme, retenue) et reliés entre eux par les éléments du réseau hydrographique (biefs).

Le modèle qui sera utilisé pour reconstituer les débits sur le bassin versant de l'Ognon est un modèle GR4J développé par l'INRAE au pas de temps journalier.

Le modèle GR4J est un modèle à réservoirs à quatre paramètres optimisables :

- **A** : capacité du réservoir de production (mm)
- **B** : capacité à un jour du réservoir de routage (mm)
- **C** : temps de base de l'hydrogramme unitaire $HU1$ (j)
- **D** : coefficient d'échanges souterrains (mm)

Un réservoir de production S détermine la partie de la pluie participant à l'écoulement ; une percolation du réservoir de production (réservoir sol) est introduite et l'écoulement s'ajoute à la pluie nette avant séparation des deux composantes d'écoulement. Un réservoir de transfert R répartit la pluie en écoulements directs et écoulements indirects. Des échanges sont intégrés entre écoulements directs et indirects.

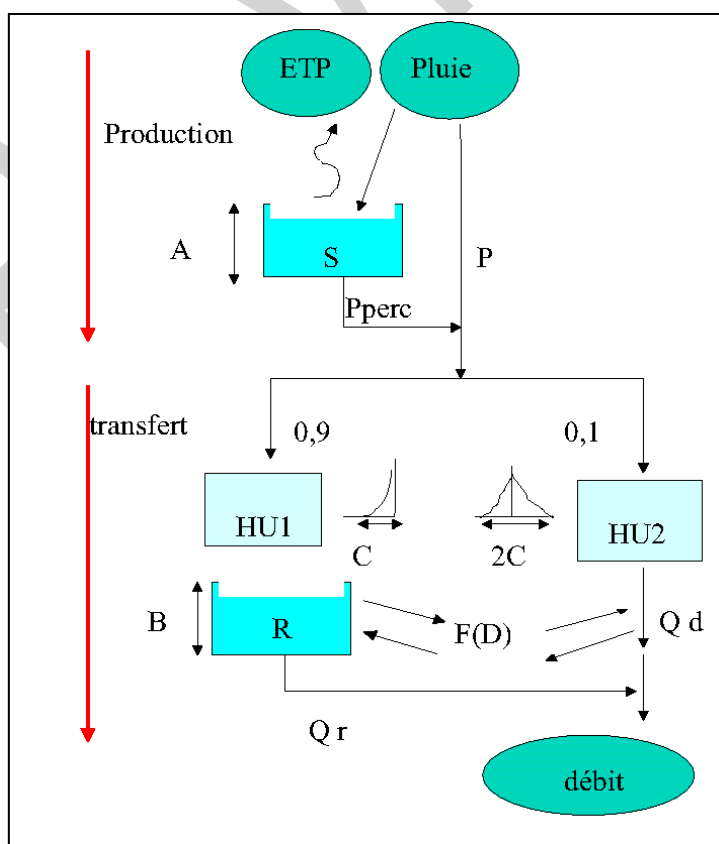


Figure 50 : Schéma du modèle hydrologique GR4J

ETP : évapotranspiration potentielle, Pperc : percolation du réservoir sol S, HU1 et HU2 : hydrogrammes unitaires, Q_r : débit ruisselé, Q_d : débit direct

Un module « neige » a été programmé dans GESRES_{ISL} pour améliorer la modélisation des débits à l'exutoire des bassins versants influencés par la neige. Il permet de simuler l'évolution du couvert neigeux sur un bassin versant et d'en estimer la fonte. Le module s'appuie sur le programme CEMANEIGE (cf. (VALERY, 2010)) développé par l'IRSTEA.

Une discrétisation du bassin versant en zones altitudinales est opérée en associant un pourcentage de superficie du bassin versant à une altitude moyenne par tranche altimétrique. La somme des pourcentages doit être égale à 100 %.

Le module prend en compte deux paramètres développés pour la modélisation hydrologique :

- K_f : coefficient de fonte en mm/°C/jour, généralement compris entre 2 et 6 (égal à 2 dans cette étude) ;
- C_{tg} : coefficient de pondération pour l'état thermique du manteau, compris entre 0 et 1 égal à 1 dans cette étude)

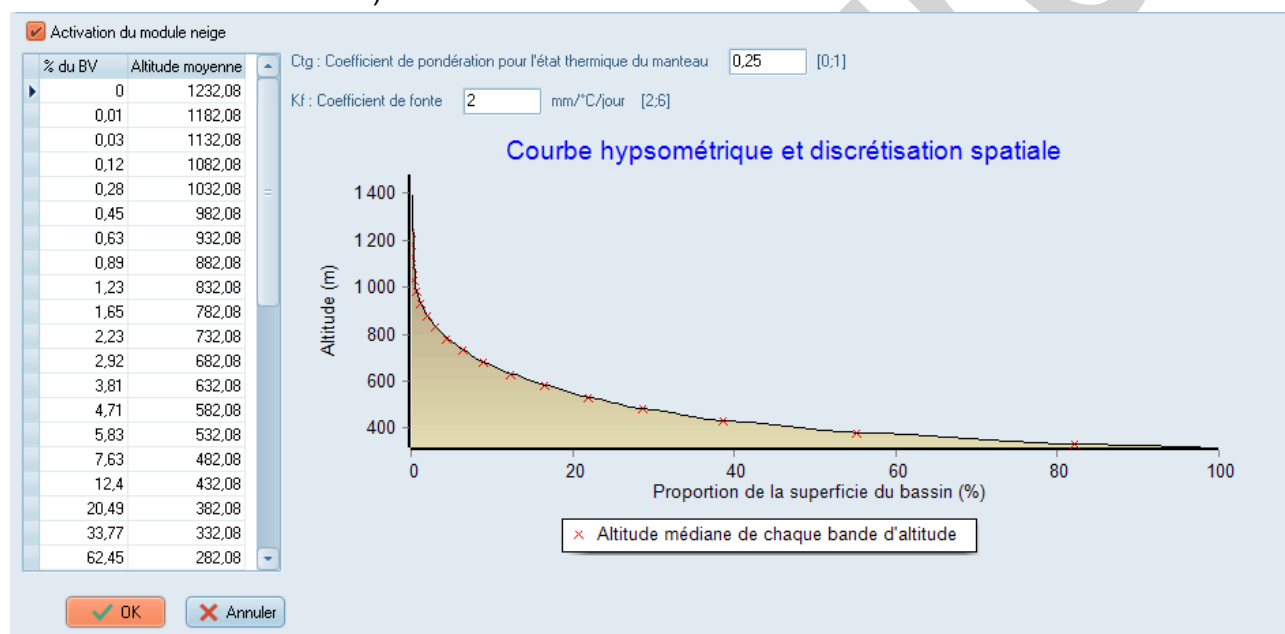


Figure 51 : Module CEMANEIGE sur GESRES

Le module CEMANEIGE prend en compte 3 températures (la température moyenne, la température minimale et la température maximale) et intègre les variations de températures selon l'altitude. Pour chaque tranche altimétrique du bassin versant, la température moyenne sur cette tranche (ou zone) est calculée de la manière suivante :

$$T_{zone} = T_{ref} \cdot (Z_{zone} - Z_{ref}) \cdot C_T$$

Avec T_{zone} la température moyenne par tranche altimétrique, Z_{zone} l'altitude moyenne rattachée à cette même tranche altimétrique, T_{ref} la température au poste de référence, Z_{ref} l'altitude du poste de référence et C_T un coefficient de variation de la température en fonction de l'altitude (0,0065°C/m).

4.2 DECOUPAGE DU BASSIN VERSANT

Le découpage proposé tient compte des éléments développés dans les chapitres 1 à 3 du présent rapport. Les nœuds sont localisés au niveau des stations hydrométriques retenues pour permettre le calage des sous bassins. Quelques nœuds ont été ajoutés pour séparer des sous bassins avec des comportements distincts (prélèvements AEP localisés et relativement importants, surface de plan d'eau variable, ...).

Le découpage retenu est présenté sur la carte ci-dessous :

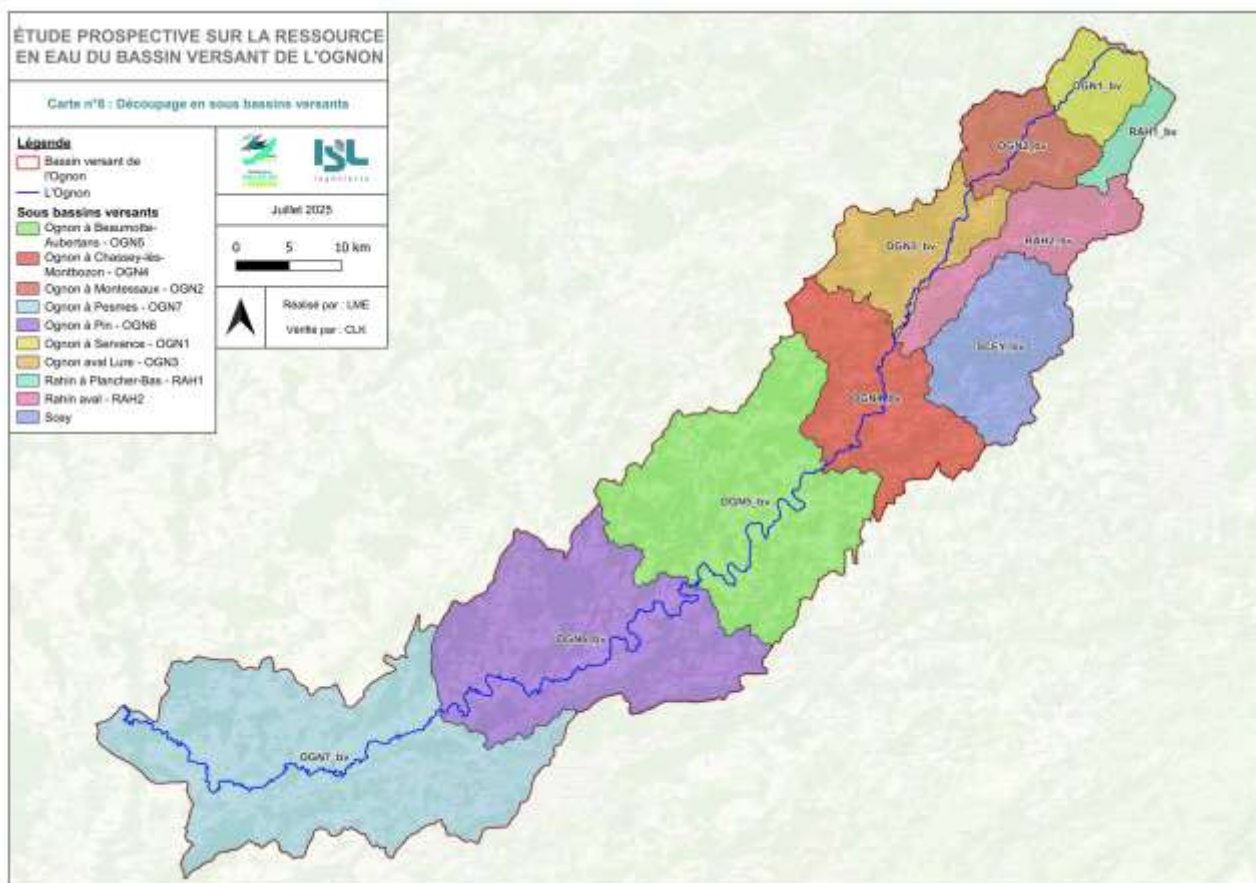


Figure 52 : Découpage du BV de l'Ognon en sous bassins versants

4.3 CALAGE DU MODELE HYDROLOGIQUE

4.3.1 PREAMBULE

Comme tout modèle, le modèle hydrologique constitue une simplification de la réalité et du territoire. Il est conçu à l'échelle des sous-bassins versants, niveau auquel les données d'entrée sont le plus souvent disponibles de manière détaillée. À cette échelle, le modèle démontre une certaine robustesse.

Par ailleurs, il ne s'agit pas d'opposer les données mesurées aux données issues de la modélisation. Ces deux approches sont en réalité complémentaires : les données mesurées alimentent le modèle en tant que données d'entrée, tandis que le modèle permet d'établir des liens entre ces données et d'en extraire une synthèse globale — une vision que les mesures isolées ne peuvent à elles seules fournir.

Il est également important de garder à l'esprit que toute modélisation s'accompagne d'incertitudes. Celles-ci peuvent provenir de la qualité et de la résolution des données d'entrée, des choix de paramétrisation, ou encore des limites inhérentes à la structure même du modèle.

4.3.2 PERIODE DE CALAGE

Pour les stations hydrométriques disposant de chroniques complètes, le calage a été effectué sur la période 1994-2023. Les résultats sur la période 2017-2023 ont aussi été regardés car il s'agit de la période avec les données d'usages les plus précises, mais est trop courte pour être utilisée pour un calage global.

Concernant la station OGN6 (Ognon à Pin), le calage a été réalisé sur la période 2000-2023 car la station hydrométrique n'était pas ouverte avant 2000 et ne dispose ainsi pas de données.

Pour la station SCEY (Scey à Beveuge), le calage s'est appuyé sur deux périodes : de 1994 à octobre 2007 et de 2014 à 2023. En effet, la station ne dispose pas de données continues sur la période 1994-2023. De nombreuses données sont manquantes sur les années 2007 et 2013 or le calage est réalisé sur la plus longue période continue possible. Il s'agit alors de la période 1994-2007 mais il est fait le choix de regarder aussi la période plus récente même si plus courte pour vérifier que le modèle est aussi pertinent pour la période actuelle.

4.3.3 CRITERES DE CALAGE

Outre la comparaison visuelle des chroniques calculées et observées, le logiciel GESRES_{ISL} propose plusieurs critères permettant de juger de la qualité du calage selon les objectifs fixés. Les différents critères retenus sont décrits ci-après.

Critère de Nash : $Nash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i) - Q_{cal}(i))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i) - \overline{Q_{obs}})^2}$; ce critère doit tendre vers 1 quand les débits

calculés se rapprochent des débits observés. Un critère de Nash nul indique que le modèle ne fait pas mieux que reconstituer la moyenne des débits observés. Il existe plusieurs variantes du critère : selon que l'on utilise la racine ou le logarithme du débit (poids plus important donné aux faibles débits, ici davantage pertinent).

Coefficient de corrélation : $R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i) - Q_{cal}(i))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i))^2}$; ce critère doit tendre vers 1 quand les

débits calculés se rapprochent des débits observés. Le coefficient de corrélation est un indice qui mesure la relation linéaire entre deux courbes statistiques. Ce coefficient de corrélation varie de -1 à +1. Un coefficient de corrélation de -1 indique une relation inversement proportionnelle entre deux courbes (quand l'une est au plus bas, l'autre est au plus haut). La valeur +1 au contraire indique une parfaite similitude entre deux variables. A zéro, il n'y a aucune corrélation entre les variables.

Bilan : $Bilan = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{cal}(i) - Q_{obs}(i))}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}(i)}$; au pas de temps journalier, il permet de rendre compte

de la capacité du modèle à restituer le ruissellement en période pluvieuse et l'évapotranspiration en période sèche. Il doit tendre vers 0 et est positif quand le volume est surestimé par le modèle et négatif dans le cas contraire.

4.3.4 RESULTATS DU CALAGE

Le modèle est ajusté sur les sous-bassins versants disposant d'une station hydrométrique à leur exutoire, l'objectif étant d'approcher le QMNA5 estimé à ces stations (selon les données d'Hydroportail). En l'absence de telles stations pour OGN3 et RAH2, leur calage repose uniquement sur les critères de calage mentionnés précédemment (Nash, Nash Ln, R^2).

Les paramètres des bassins versants ainsi calés sont détaillés dans le tableau suivant.

	A	B	C	D
OGN1_bv	250	50	60	-0,2
OGN2_bv	220	40	40	-1
OGN3_bv	275	80	40	-0,5
OGN4_bv	275	80	40	-0,5
OGN5_bv	275	80	40	-0,5
OGN6_bv	275	100	40	-1
OGN7_bv	250	40	40	-1
RAH1_bv	200	60	40	-1
RAH2_bv	250	80	40	0
SCEY_bv	250	80	40	0

Figure 53 : Paramètres de calage des sous bassins versants

Les explications des paramètres ont été présentées en 4.1.

Les fiches de calage détaillées de certains nœuds de calcul sont présentées en ANNEXE 6. Elles concernent : OGN1, RAH1 et SCEY, qui correspondent à des bassins de tête ; OGN4, situé en aval des confluences Rahin/Ognon et Scey/Ognon ; ainsi que OGN7, positionné à l'exutoire de l'Ognon.

De manière générale, pour l'ensemble des bassins versants, le calage peut être considéré comme très satisfaisant : le QMNA5 modélisé se situe dans la plage d'incertitude indiquée sur Hydroportail, et le critère Nash Ln est supérieur à 0,8 pour chacun des nœuds, parfois supérieur à 0,9.

écart
<5%
5-10%
10-15%
>15%



Qualité
>0,9
>0,8
>0,7
<0,7

**OGN1**

1994-2023				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	2,98	0,19		
Modélisé	2,96	0,21		
%	99%	107%	120%	108%

Qualité du calage

	2017-2023	1994-2023
Nash Q	79,5%	73,4%
Nash ln(Q)	88,3%	84,3%
R ²	0,79	0,73

OGN2

1994-2023				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	5,52	0,29		
Modélisé	5,45	0,31		
%	99%	105%	114%	106%

Qualité du calage

	2017-2023	1994-2023
Nash Q	86,5%	81,7%
Nash ln(Q)	90,5%	87,0%
R ²	0,86	0,82

OGN4

1994-2023				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	16,94	1,49		
Modélisé	17,71	1,49		
%	105%	100%	112%	108%

Qualité du calage

	2017-2023	1994-2023
Nash Q	92,9%	90,0%
Nash ln(Q)	93,3%	91,5%
R ²	0,93	0,9

OGN5

1994-2023				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	22,98	2,50		
Modélisé	24,43	2,21		
%	106%	88%	110%	108%

Qualité du calage

	2017-2023	1994-2023
Nash Q	92,6%	90,1%
Nash ln(Q)	93,6%	93,1%
R ²	0,93	0,9

OGN6

2000-2023				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	27,89	2,51		
Modélisé	30,39	2,47		
%	109%	99%	114%	111%

Qualité du calage

	2017-2023	2000-2023
Nash Q	92,5%	91,0%
Nash ln(Q)	92,2%	92,6%
R ²	0,93	0,91

OGN7

1994-2023				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	32,54	3,30		
Modélisé	37,37	3,47		
%	115%	105%	121%	117%

Qualité du calage

	2017-2023	1994-2023
Nash Q	89,8%	88,4%
Nash ln(Q)	91,6%	88,4%
R ²	0,9	0,88

RAH1

1994-2023				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	1,55	0,07		
Modélisé	1,22	0,07		
%	79%	102%	97%	86%

Qualité du calage

	2017-2023	1994-2023
Nash Q	81,9%	78,8%
Nash ln(Q)	86,0%	82,6%
R ²	0,82	0,79

SCEY

1994-10/2007				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	2,66	0,23		
Modélisé	3,44	0,25		
%	129%	107%	131%	129%

Qualité du calage

	2017-2023	1994-10/2007	2014-2023
Nash Q	78,5%	76,5%	79,8%
Nash ln(Q)	83,4%	80,1%	84,1%
R ²	0,78	0,76	0,8

2014-2023				
	Module	QMNA5	Volume à l'étiage	Volume annuel
Observé	2,16	0,15		
Modélisé	2,64	0,16		
%	122%	106%	117%	120%

4.4 RESULTATS DU MODELE HYDROLOGIQUE

4.4.1 DEFINITION DES DEBITS SPECIFIQUES

4.4.1.1 QMNA

Le QMNA est le débit moyen mensuel sec atteint par un cours d'eau pour une année donnée.

Il est généralement calculé sur une période de retour de 5 ans (QMNA₅). Il permet d'apprécier statistiquement le plus petit écoulement mensuel d'un cours d'eau sur une période donnée.

4.4.1.2 VCN

Les VCN_d sont des valeurs journalières extraites annuellement en fonction d'une durée fixée *d* (en jours).

Des moyennes mobiles, calculées à partir des débits moyens journaliers sur plusieurs jours consécutifs, aboutissent au calcul des VCN_d, débit moyen minimum sur *d* jours.

Par exemple, dans la Figure 54 de la page suivante, pour le nœud OGN1, le VCN3 de période retour 2 ans vaut 0,18 m³/s. Cela signifie qu'une année sur deux, le débit moyen sur 3 jours successifs a été inférieur à 0,18 m³/s.

Dans les tableaux de résultat de la page suivante on retrouve les valeurs ci-dessous pour chaque nœud :

VNC3 – 2 ans : Une année sur deux, le débit moyen sur 3 jours successifs est inférieur à X m³/s

VNC3 – 5 ans : Une année sur cinq, le débit moyen sur 3 jours successifs est inférieur à X m³/s

VNC10 – 2 ans : Une année sur deux, le débit moyen sur 10 jours successifs est inférieur à X m³/s

VNC10 – 5 ans : Une année sur cinq, le débit moyen sur 10 jours successifs est inférieur à X m³/s

4.4.1.3 Module

Le module d'un cours d'eau est le débit moyen interannuel, c'est-à-dire la moyenne des débits mesurés ou estimés sur une longue période, généralement plusieurs années (souvent 20 à 30 ans). Il représente le débit "moyen" que le cours d'eau transporte dans des conditions normales à long terme.

4.4.1.4 Débits classés

Dans les tableaux de résultat de la page suivante on retrouve les valeurs ci-dessous pour chaque nœud :

10% : Débit dépassé 10% du temps

50% : Débit dépassé 50% du temps

90% : Débit dépassé 90% du temps

4.4.2 ETAT ACTUEL (INFLUENCE)

Pour rappel, la modélisation est réalisée sur la période allant du 01/01/1994 au 31/12/2023. Le modèle influencé intègre l'ensemble des prélèvements et des rejets précédemment évoqués.

Les résultats pour chaque sous bassin versant sont présentés ci-dessous.

Nœud	Localisation	QMNA2	QMNA5	VCN3 -2 ans	VCN3-5 ans	VCN10-2 ans	VCN10-5 ans	10%	50%	90%	module	1/10 module	1/20 module
OGN1	Ognon à Servance	0,37	0,20	0,18	0,11	0,21	0,13	7,20	1,50	0,30	2,90	0,29	0,15
OGN2	Ognon à Montessaux	0,57	0,29	0,28	0,16	0,32	0,18	13,50	2,70	0,50	5,40	0,54	0,27
OGN3		0,94	0,56	0,56	0,38	0,62	0,41	18,30	4,30	0,90	7,60	0,76	0,38
OGN4	Ognon à Chassey-lès-Montbozon	2,39	1,46	1,54	1,05	1,70	1,14	40,50	10,80	2,40	17,60	1,76	0,88
OGN5	Ognon à Beaumotte-Aubertans	3,55	2,13	2,31	1,56	2,53	1,67	55,80	15,40	3,50	24,30	2,43	1,22
OGN6	Ognon à Pin	4,85	2,93	3,17	2,16	3,48	2,34	70,50	20,40	4,80	31,10	3,11	1,56
OGN7	Ognon à Pesmes	5,63	3,38	3,64	2,48	4,01	2,69	85,70	24,40	5,60	37,10	3,71	1,86
RAH1	Rahin à Plancher-Bas	0,13	0,07	0,07	0,04	0,08	0,05	3,00	0,60	0,10	1,20	0,12	0,06
RAH2		0,48	0,29	0,31	0,22	0,33	0,23	8,60	2,10	0,40	3,60	0,36	0,18
SCEY	Scey à Beveuge	0,40	0,24	0,27	0,18	0,30	0,19	7,00	2,00	0,40	3,10	0,31	0,16

Figure 54 : Résultats de modélisation en état actuel influencé en m³/s - Période [1994 – 2023]

4.4.3 ETAT ACTUEL « DESINFLUENCE » (NATUREL RECONSTITUE)

Le modèle naturel reconstitué est établi en retirant tous les prélèvements et les rejets du modèle. Les résultats pour chaque sous bassin versant sont présentés ci-dessous.

Nœud	Localisation	QMNA2	QMNA5	VCN3 -2 ans	VCN3-5 ans	VCN10-2 ans	VCN10-5 ans	10%	50%	90%	module	1/10 module	1/20 module
OGN1	Ognon à Servance	0,37	0,20	0,18	0,11	0,21	0,13	7,20	1,50	0,30	2,90	0,29	0,15
OGN2	Ognon à Montessaux	0,57	0,29	0,27	0,15	0,32	0,18	13,50	2,70	0,60	5,40	0,54	0,27
OGN3		0,90	0,51	0,51	0,32	0,58	0,36	18,30	4,30	0,90	7,60	0,76	0,38
OGN4	Ognon à Chassey-lès-Montbozon	2,38	1,39	1,49	0,96	1,66	1,05	41,10	11,10	2,50	17,80	1,78	0,89
OGN5	Ognon à Beaumotte-Aubertans	3,55	2,07	2,26	1,46	2,51	1,59	56,10	15,70	3,60	24,50	2,45	1,23
OGN6	Ognon à Pin	4,86	2,86	3,11	2,04	3,45	2,24	70,90	20,70	4,90	31,30	3,13	1,57
OGN7	Ognon à Pesmes	5,63	3,29	3,57	2,33	3,97	2,57	86,00	24,70	5,70	37,40	3,74	1,87
RAH1	Rahin à Plancher-Bas	0,14	0,08	0,07	0,04	0,08	0,05	3,00	0,60	0,10	1,20	0,12	0,06
RAH2		0,48	0,28	0,29	0,19	0,33	0,20	8,90	2,30	0,50	3,80	0,38	0,19
SCEY	Scey à Beveuge	0,41	0,24	0,28	0,18	0,30	0,19	7,10	2,00	0,40	3,10	0,31	0,16

Figure 55 : Résultats de modélisation en état actuel désinfluencé en m³/s - Période [1994 – 2023]

4.4.4 COMPARAISON DE L'ETAT DESINFLUENCE (NATUREL) ET INFLUENCE

4.4.4.1 Module

Le tableau ci-après présente le module (débit moyen) de l'Ognon et de ses affluents sur la période 1994-2023, en conditions influencées et désinfluencées (état naturel reconstitué). L'écart entre les deux situations est exprimé en valeur absolue et en écart relatif. De manière générale, les écarts observés sont résiduels, voire légèrement négatifs, indiquant que le débit naturel théorique est globalement supérieur au débit influencé. Ces résultats suggèrent que l'impact des prélèvements sur le module de l'Ognon reste très limité.

La prise d'eau sur le Rahin induit une baisse d'environ 5 % de son module en aval. L'impact reste donc modéré, mais il est perceptible sur toute la portion aval de l'Ognon (-1% sur le module).

Nœud	Localisation	Module			
		influencé m3/s	naturel m3/s	écart %	écart m3/s
OGN1	Ognon à Servance	2,90	2,90	0%	0,00
OGN2	Ognon à Montessaux	5,40	5,40	0%	0,00
OGN3		7,60	7,60	0%	0,00
OGN4	Ognon à Chassey-lès-Montbozon	17,60	17,80	-1%	-0,20
OGN5	Ognon à Beaumotte-Aubertans	24,30	24,50	-1%	-0,20
OGN6	Ognon à Pin	31,10	31,30	-1%	-0,20
OGN7	Ognon à Pesmes	37,10	37,40	-1%	-0,30
RAH1	Rahin à Plancher-Bas	1,20	1,20	0%	0,00
RAH2		3,60	3,80	-5%	-0,20
SCEY	Scey à Beveuge	3,10	3,10	0%	0,00

Figure 56 : Valeurs et comparaison des modules de l'état influencé et naturel

4.4.4.2 QMNA5

Le tableau ci-après présente le QMNA5 de l'Ognon et de ses affluents sur la période 1994-2023, en conditions influencées et désinfluencées (état naturel reconstitué).

Nœud	Localisation	QMNA5			
		influencé m3/s	naturel m3/s	écart %	écart m3/s
OGN1	Ognon à Servance	0,20	0,20	0%	0,00
OGN2	Ognon à Montessaux	0,29	0,29	2%	0,01
OGN3		0,56	0,51	10%	0,05
OGN4	Ognon à Chassey-lès-Montbozon	1,46	1,39	5%	0,07
OGN5	Ognon à Beaumotte-Aubertans	2,13	2,07	3%	0,06
OGN6	Ognon à Pin	2,93	2,86	2%	0,07
OGN7	Ognon à Pesmes	3,38	3,29	3%	0,09
RAH1	Rahin à Plancher-Bas	0,07	0,08	-4%	0,00
RAH2		0,29	0,28	6%	0,02
SCEY	Scey à Beveuge	0,24	0,24	-1%	0,00

Figure 57 : Valeurs et comparaison des QMNA5 de l'état influencé et naturel

Les débits à l'étiage étant beaucoup plus faibles que pour les modules, de faibles variations entraineront des écarts relatifs plus importants.

Les écarts observés sont majoritairement positifs, ce qui signifie que le QMNA5 influencé est supérieur au QMNA5 naturel. Ce résultat, contraire à l'attendu, doit être interprété avec prudence. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette tendance :

- d'une part, la variabilité inhérente aux ajustements statistiques effectués dans le cadre de la modélisation ;
- la prise en compte des rejets des stations d'épuration (STEU), qui assurent un soutien d'étiage en période de tension sur la ressource. En effet, lorsque les prélèvements ne peuvent plus être satisfaits par la ressource modélisée, les apports des STEU, qui sont fixes dans la modélisation, contribuent artificiellement à maintenir un débit influencé plus élevé que la réalité (si on ne peut pas prélever, alors les rejets se verront réduits). Il s'agit là d'un biais inhérent à la modélisation.

Cette influence est corroborée par les résultats du sous-bassin RAH1, seul secteur dépourvu de STEU : l'écart y est négatif, indiquant un QMNA5 naturel supérieur au QMNA5 influencé, ce qui confirme l'effet de soutien d'étiage induit par les STEU sur les autres sous-bassins.

Le sous bassin OGN3 fait exception car il s'agit d'un sous bassin où les rejets des STEU sont plus importants que les prélèvements. Le soutien d'étiage apporté se propage en aval et est donc partiellement responsable des résultats pour les sous bassins OGN4 à OGN7. Du fait des facteurs expliqués précédemment, les valeurs en situation influencée sont probablement surestimées par rapport à celle en situation naturelle.

Nous retiendrons qu'à l'échelle du bassin versant, les prélèvements sont légèrement plus importants que les rejets mais l'influence des prélèvements/rejets reste faible même en période d'étiage.

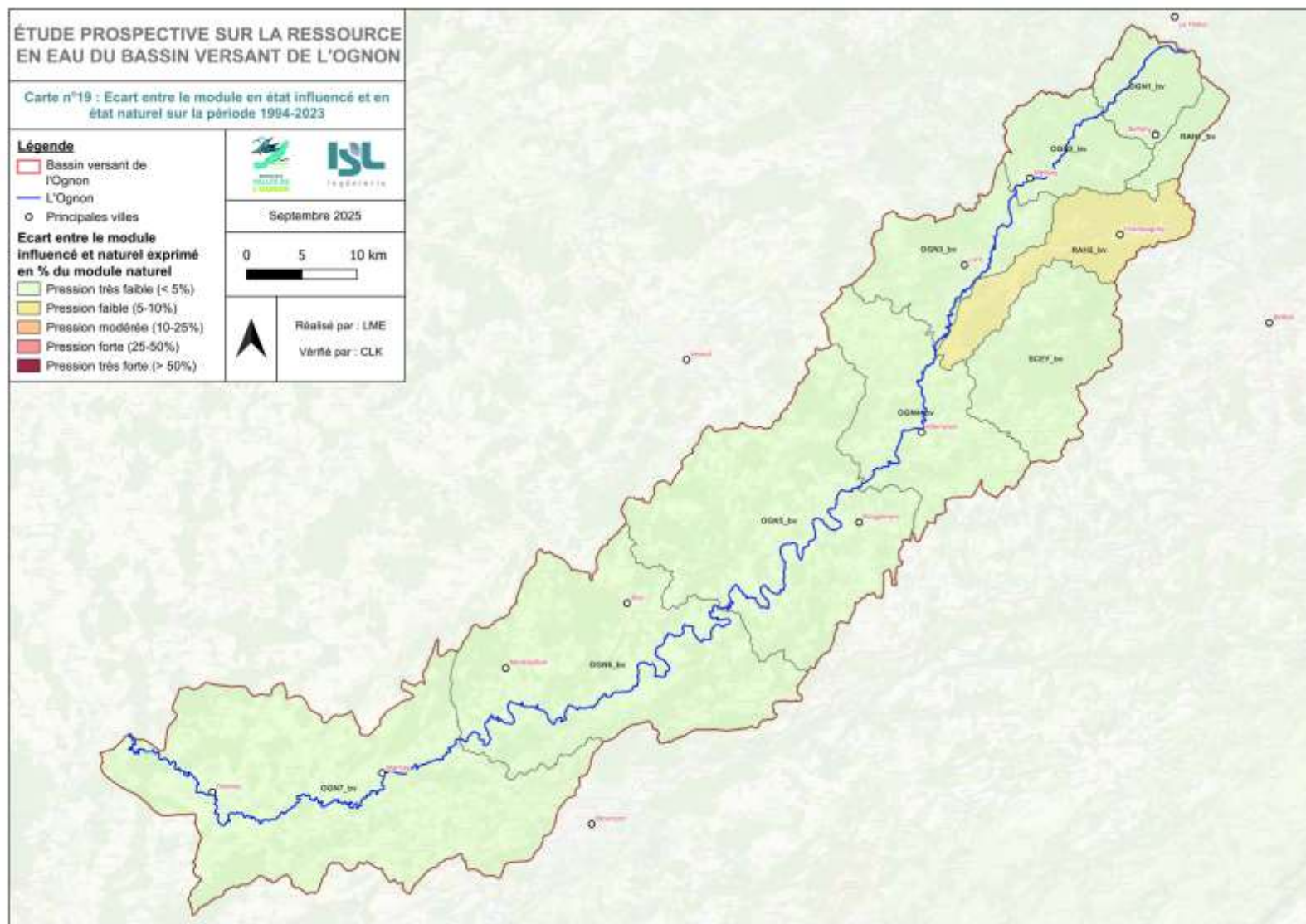


Figure 58: Ecart entre le module naturel et influencé sur la période 1994-2023

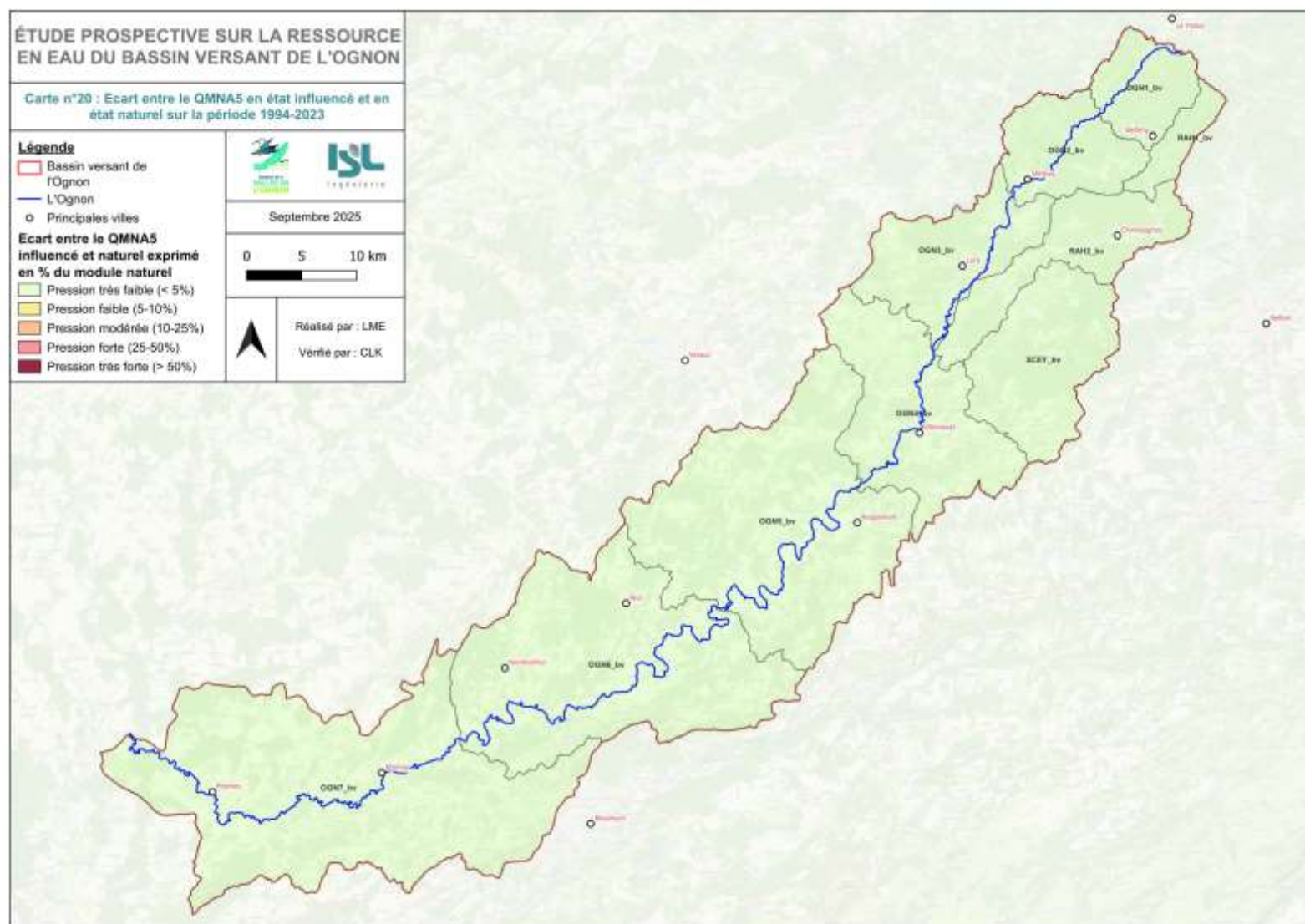


Figure 59: Ecart entre le QMNA5 naturel et influencé sur la période 1994-2023

5 PROSPECTION

5.1 USAGES

Après avoir analysé les usages actuels du territoire, une comparaison est menée avec un état prospectif à l'horizon 2050. Cette projection tient compte d'une hausse des températures, de l'augmentation de la population et de l'évolution des besoins associés. Les premiers éléments discutés lors des entretiens avec les représentants des principaux prélèvements du bassin versant mènent aux éléments des paragraphes suivants.

Ces éléments seront précisés et mis à jour dans le cadre de l'étude de l'impact du changement climatique à l'horizon 2050. Il est notamment prévu de tester 3 scénarios d'usage : un tendanciel, un avec des augmentations et un avec des baisses.

5.2 ALIMENTATION EN EAU POTABLE (AEP)

Pour l'estimation des prélèvements futurs (2022-2050), l'hypothèse retenue prévoit une variation des prélèvements proportionnelle à celle de la population des sous-bassins versants, dans une approche prudente.

La source de donnée reste identique à celle en l'état actuel à savoir :

- Les données BNPE ;
- Les données AEP via le questionnaire ;
- Les données démographiques de l'INSEE.

Le tableau suivant présente la population totale de chaque sous bassin en 2022 et la projection à 2050 en prolongeant la tendance observée ces 10 dernières années d'après les données de l'INSEE:

Sous bassin versant	Population en 2022	Population estimée en 2050	Evolution entre 2050 et 2022 (en %)
OGN1	1154	1078	-6,6%
OGN2	3307	2666	-19,4%
OGN3	13403	12174	-9,2%
OGN4	6656	6659	0,0%
OGN5	10774	10729	-0,4%
OGN6	28663	38231	33,4%
OGN7	47256	57986	22,7%
RAH1	1265	809	-36,1%
RAH2	11203	9943	-11,2%
SCEY	6716	6965	3,7%

Sous bassin versant	Population en 2022	Population estimée en 2050	Evolution entre 2050 et 2022 (en %)
TOTAL	130397	147239	12,9%

Tableau 16 : Evolution de la population d'après l'INSEE pour chaque sous bassin versant

Ce tableau montre que la démographie de la population est positive sur l'ensemble du bassin versant passant de 130 397 habitants à 147 239 soit une augmentation de 12,9%.

En revanche, nous observons que cette augmentation n'est pas uniforme entre les sous bassins versants, en effet, OGN2 perd 19,4% de sa population totale entre 2050 et 2022, à l'inverse de OGN6, qui gagne environ 10 000 habitants (+33,4%).

Une analyse des prévisions des prélèvements estimées par la BNPE est réalisée afin de la comparer avec les évolutions de population INSEE et voir s'il existe un lien entre les évolutions de populations et les évolutions de consommations à l'échelle des sous bassins.. Cette méthode, qu'on appellera « Méthode BNPE », présente les prélèvements estimés en 2050 sur la base des évolutions observées entre 2012 et 2022.

Sous bassin versant	Méthode INSEE			Méthode BNPE		
	Consommation en 2022	Consommation estimée en 2050	Evolution entre 2050 et 2022 (en %)	Consommation en 2022	Consommation estimée en 2050	Evolution entre 2050 et 2022 (en %)
OGN1	77 710	72 620	-6,6%	110 644	84 639	-23,5%
OGN2	222 694	179 515	-19,4%	473 954	273 534	-42,3%
OGN3	902 559	819 785	-9,2%	1 396 580	1 554 911	11,3%
OGN4	448 216	448 404	0,0%	533 944	885 331	65,8%
OGN5	725 522	722 505	-0,4%	1 170 922	2 835 399	142,2%
OGN6	1 930 169	2 574 452	33,4%	1 864 498	4 322 227	131,8%
OGN7	3 182 223	3 904 755	22,7%	1 133 425	1 687 549	48,9%
RAH1	85 185	54 451	-36,1%	1 075 496	1 359 732	26,4%
RAH2	754 411	669 562	-11,2%	589 314	154 699	-73,7%
SCEY	452 256	469 037	3,7%	432 167	426 862	-1,2%
TOTAL	8 780 944	9 915 086	12,9%	8 780 944	1 3584 882	54,7%

Tableau 17 : Evolution des consommations d'AEP selon les méthodes INSEE et BNPE

Il est observé de grosses disparités d'évolution entre les sous bassins versants et entre les deux méthodes d'estimation. Par exemple selon la méthode BNPE (prolongement de la tendance d'évolution de la consommation 2012-2021 jusqu'en 2050), OGN5 va voir sa consommation d'eau augmenter de 142,2% contre -73,7% pour RAH2. De manière générale, les écarts sont bien plus marqués selon la méthode BNPE que celle de l'INSEE.

L'analyse réalisée sur chaque SBV pour les deux méthodes conduit à l'obtention du graphique ci-dessous :

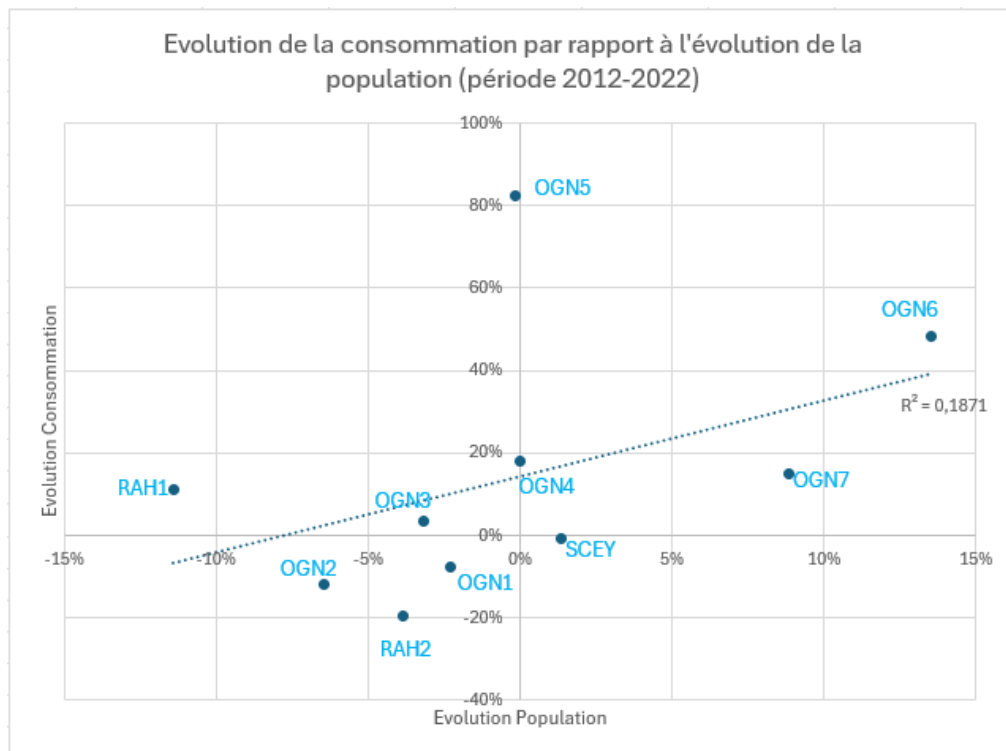


Figure 60 : Test de sensibilité sur l'évolution de la consommation selon les deux méthodes sur les données 2012-2022

Ce graphique permet de voir que l'évolution de la population et de la consommation par sous bassin versant ne sont pas corrélées. Par exemple, une augmentation des consommations a été observée d'après la BNPE (RAH1 et OGN3) tout en observant une diminution de la population d'après l'INSEE. A l'inverse, sur certains sous bassins, il a été observé une augmentation significative de la consommation d'après la BNPE (80% environ pour OGN5) alors qu'une stagnation de la population a été observée pour ce même sous bassin versant.

Cette analyse permet de conclure que même si à l'échelle du bassin versant, une augmentation de la population entraîne une augmentation de la consommation en eau, cette observation n'est pas vraie à l'échelle de sous bassins. En effet, l'eau consommée dans les sous bassins versant n'est pas forcément prélevée sur le même sous bassin.

Ainsi, la méthode d'évolution de la consommation de la BNPE est plutôt liée à l'évolution des prélèvements et fourni des évolutions locales alors que celle basée sur l'INSEE fonctionne sur une échelle globale et non locale.

A terme, et on compte tenu de la charte des objectifs de sobriété souhaité par les élus locaux, l'évolution de la consommation prise en compte sera celle établie par la méthode INSEE, qui nous paraît plus réaliste.

5.3 INDUSTRIES

Compte tenu de l'incertitude importante quant à l'évolution du tissu industriel à l'horizon 2050, notamment en termes de localisation, d'activité ou de volumes prélevés, il a été décidé de conserver les mêmes hypothèses que celles utilisées pour l'état actuel.

Ainsi, les besoins en eau du secteur industriel ont été estimés à partir des données disponibles dans la Base Nationale des Prélèvements en Eau (BNPE), qui reste la source de référence la plus fiable à ce jour.

Un volume annuel constant de 1 Mm³ est retenu.

5.4 ABREUVEMENT

L'hypothèse de projection future de l'agriculture repose sur la diminution de 5% des cheptels tous les 10 ans.

Par ailleurs, la méthodologie pour les volumes reste inchangée comparée à l'analyse de l'état actuel à savoir un abreuvement du bétail quotidien estimé à :

- 60 L/j/UGB d'octobre à mars
- 90 L/j/UGB pour avril, mai et septembre
- 120 L/j/UGB de juin à août

Enfin, il est supposé que 20 % des volumes consommés entre mars et octobre sont directement prélevés dans le milieu naturel, le reste étant assuré via le réseau AEP. D'autre part, la consommation des bâtiments d'élevage n'est pas prise en compte (supposée intégralement sur le réseau AEP).

Année	Cheptel UGB	Nombre d'UGB en moins par rapport à la décennie précédente	Consommation totale (m ³ /an)	Prélèvement dans le milieu (m ³ /an)
2020	77446	0	2 336 159	355 478
2030	73574	3872	2 219 351	337 705
2040	69895	3679	2 108 383	320 818
2050	66400	3495	2 002 964	304 776

Tableau 18 : Evolution des cheptels ainsi que leur consommation par décennie

En effet, si l'on enlève 5% du cheptel entre 2030 et 2020, on estime à 3872 UGB la baisse du cheptel, ce qui équivaut à une diminution de la consommation de 116 808 m³/an.

En poursuivant ce raisonnement jusqu'à 2050, on obtient une consommation totale de 2 002 964 m³/an pour un cheptel de 66 400 UGB.

En d'autres termes, il s'agit d'une baisse de 14,3% de la consommation en eau entre les années 2050 et 2020 liée à l'abreuvement.

5.5 IRRIGATION

Les besoins en irrigation du bassin versant sont estimés selon la méthodologie suivante :

- une pluviométrie annuelle moyenne de 1100 mm est répartie mensuellement selon une distribution type (Janv. 9 %, Fév. 7,5 %, Mars 7,8 %, Avril 7,2 %, Mai 9 %, Juin 8,7 %, Juil. 7,5 %, Août 8,6 %, Sept. 7,7 %, Oct. 7,4 %, Nov. 9,8 %, Déc. 9,8 %).
- Pendant la période critique de chaque culture, seule une fraction de la pluie est considérée efficace, en appliquant un coefficient de pluie utile de 70 %.
- Pour le maïs (5 000 m³/ha/an, 17 800 ha, période avril–septembre), seule 5 % de la surface est supposée irriguée (RGA 2020 Haute-Saône, bassin versant de l'Ognon).
- Pour les céréales (4 000 m³/ha/an, 34 600 ha, période mars–juin), 1 % de la surface est supposée irriguée (même source). Ces hypothèses permettent de comparer la demande théorique en eau avec les volumes réellement mobilisés sur le territoire.
- Une augmentation de l'ordre de 20 % des besoins est envisagée à l'horizon 2050 (réunion de concertation avec la Chambre d'Agriculture 70).

Ce faisant, l'estimation des besoins en irrigation est la suivante :

	Demande (m ³ /ha)	Pluie utile (m ³ /ha)	Irrigation (m ³ /ha)	Surface irriguée (ha)	Total (Mm ³)	Total 2050 (Mm ³) - +20%
Maïs	5000	3750	1250	890 (5% de 17 800)	1,11	1,33
Céréales	4000	2518	1482	346 (1% de 34 600)	0,51	0,62

Tableau 19 : Besoins estimés en irrigation (actuels et futurs)

Il est fait l'hypothèse que les volumes utilisés pour l'irrigation sont compris dans le modèle (via le calage). Dans un potentiel modèle simulant le futur, seul l'écart 2050-2020 sera ajouté au modèle soit 0,32 Mm³.

5.6 BARRAGE DE CHAMPAGNEY

Les besoins et consommations en eau liés à la prise d'eau du Rahin demeurent inchangés entre les chroniques actuelles et celles projetées à l'horizon 2050 (plus d'évaporation liée au réchauffement climatique mais travaux d'étanchéification pour limiter les pertes d'eau envisagés). Il convient donc de se référer aux données et éléments présentés dans l'analyse de l'état actuel pour évaluer cette ressource (cf 3.6).

5.7 PLANS D'EAU

Pour les années futures, une augmentation de cette composante est envisagée à l'horizon 2050 (liée à une intensification de l'aridité estivale), le même exercice pourra être réalisé avec une modélisation de comportement du bassin versant dans le futur (avec des chroniques de pluie et de températures modifiées).

L'analyse de l'évaporation des plans d'eau a été conduite en prenant en compte plusieurs hypothèses climatiques correspondant à une élévation progressive des températures de +1°C, +2°C et +5°C par rapport à l'état actuel. Cette démarche vise à anticiper l'impact du changement climatique sur les volumes d'eau évaporés, dans un contexte de raréfaction de la ressource.

Il est important de préciser que l'ensemble de la chronique a été majorée de +1 °C en l'absence de données climatiques prospectives. Les résultats doivent donc être interprétés avec prudence, uniquement comme des ordres de grandeur, car une augmentation moyenne de +1 °C ne se traduit pas par +1 °C chaque jour. Cette hypothèse constitue une première estimation.

L'évaporation en Mm³ a pu être estimée en supposant une surface totale de tous les plans d'eau du bassin versant égale à 12 823 491 m² (d'après la BDTopo).

Hypothèse	Evaporation (Mm ³)	Evolution de l'évaporation (en %)	Perte d'eau supplémentaire (Mm ³)
Actuel, +0°C	6,86	0	0
+1°C	7,23	5,4	0,37
+2°C	7,60	10,8	0,74
+5°C	8,71	27,1	1,86

Tableau 20 : Evolution de l'évaporation sur les plans d'eau du BV en fonction des hypothèses climatiques

Ces résultats traduisent une sensibilité accrue de l'évaporation aux hausses de température, soulignant ainsi l'importance de cette variable dans les projections futures de gestion de l'eau.

En parallèle de l'analyse de l'évaporation des plans d'eau, une analyse complémentaire a été menée sur l'évapotranspiration, afin de mieux cerner l'impact global du réchauffement climatique sur la ressource en eau. Dans cette analyse, le modèle considère que l'intégralité du BV est recouvert de plantes et ne dispose d'aucun plan d'eau.

Cette analyse complémentaire vise uniquement à fournir des ordres de grandeur. Elle permet de mettre en perspective les résultats relatifs aux plans d'eau : en effet, se focaliser uniquement sur l'augmentation des pertes en eau liée à ces derniers pourrait laisser penser que la solution serait de les supprimer, alors qu'au global, une perte en eau subsiste quel que soit le type d'occupation du sol (retenue d'eau ou forêt). Cette analyse a donc pour objectif de relativiser les valeurs présentées précédemment.

En supposant une surface totale de forêt de 230 000 ha sur le bassin versant, on obtient le tableau suivant :

Hypothèse	Evapotranspiration (Mm ³)	Evolution de l'évapotranspiration (en %)	Perte d'eau (Mm ³)
Actuel, +0°C	1640	0	0
+1°C	1728	5,4	88
+2°C	1817	10,8	177
+5°C	2083	27	443

Tableau 21 : Evolution de l'évapotranspiration sur les plantes du BV en fonction des hypothèses climatiques

Ce tableau montre une perte de l'ordre de 88 Mm³ d'eau pour chaque degré d'augmentation de température et à l'échelle d'une année. En pourcentage, cela représente une augmentation de 5,4% de perte pour chaque degré.

Les pertes d'eau liées au réchauffement n'incomberont donc pas seulement aux plans d'eau, même si les pertes en été sont plus importantes sur les plans d'eau que sur un sol recouvert de végétaux : pour 1°C d'augmentation des températures sur le bassin versant, la perte en eau liée à la végétation est de l'ordre de 88 Mm³ et le surplus à prendre en compte pour tenir compte des plans d'eau est de 0,37 Mm³ (soit moins de 1% du volume global évaporé/évapotranspiré).

5.8 STATIONS D'EPURATION

L'analyse des projections futures des consommations en eau liées aux stations d'épuration se base sur les données d'évolution de démographie de l'INSEE, du PAC, ainsi que des BNPE.

L'hypothèse choisie ici pour modéliser les rejets liés aux stations d'épuration est de suivre l'évolution de la consommation des AEP avec un rendement de 87%. Ainsi, les volumes rejetés correspondent aux volumes consommés en 2050 multipliés par 0,87.

Contrairement à l'étude de l'AEP, l'analyse ici a été menée uniquement selon la méthode de l'INSEE, en effet, la méthode BNPE étant jugée trop décorrélée de la réalité, elle n'a pas été gardée dans la suite des analyses.

Le tableau suivant reprend les consommations en 2021, celles estimées pour 2050 et les volumes rejetés en 2050 d'après les données de l'INSEE :

Sous bassin versant	Consommation 2021 (m ³)	Consommation 2050 (m ³)	Volume rejeté 2050 (m ³)
OGN1	110 644	96 466	83 926
OGN2	473 954	462 595	402 457
OGN3	1 396 580	1 431 551	1 245 449
OGN4	533 944	553 391	481 450
OGN5	1 170 922	1 304 428	1 134 852
OGN6	1 864 498	2 007 202	1 746 266
OGN7	1 133 425	1 226 716	1 067 243
RAH1	1 075 496	1 058 698	921 067
RAH2	589 314	602 643	524 299
SCEY	432 167	466 709	406 037
TOTAL	8 790 944	9 210 397	8 013 045

Tableau 22 : Consommation totale et volume rejeté d'après l'évolution de la population estimée par l'INSEE pour chaque sous bassin versant selon les années

D'après notre hypothèse initiale de 87% de rendement de l'AEP, on obtient des rejets totaux pour les stations d'épuration de l'ordre de 8 013 045 m³ en 2050.

5.9 BILAN DES PRELEVEMENTS ET REJETS

Le bilan annuel des prélèvements est présenté ci-dessous. Comme indiqué dans les paragraphes correspondants, le volume des industries est celui estimé par la BNPE, en conservant les hypothèses de l'état actuel. De la même façon, le volume de la prise d'eau sur le Rahin est identique à celui de l'état actuel. Pour les autres valeurs, elles ont été mises à jour selon les estimations calculées pour 2050.

Le tableau suivant présente les volumes prélevés et rejetés pour les deux horizons temporels, en distinguant les usages :

	Volume (Mm3) - 2020	Volume (%) - 2020	Volume (Mm3) - 2050	Volume (%) - 2050
AEP (prélèvements)	9,1 (dont 2 Mm ³ abreuvement bétail)	53%	9,2 (dont 1,7 Mm ³ abreuvement bétail)	53%
Industries (prélèvements)	1,0	6%	1,0	5,6%
Agriculture (prélèvements sur le milieu) - abreuvement	0,35	2%	0,30	1,7%
Agriculture (prélèvements sur le milieu) - irrigation			0,32	1,7%
Prise d'eau sur le Rahin (prélèvements) – Moyenne [2022-2024]	6,6	39%	6,6	38%
STEU (rejets)	7,8	42% des volumes prélevés	8,0	46% des volumes prélevés

Figure 61 : Bilan des prélèvements et rejets annuels sur le bassin versant de l'Ognon pour 2020 et 2050

	Volume (Mm3) - 2020	Volume (Mm3) - 2050	Evolution (%)
Prélèvements	17,1	17,4	+1,8%
Rejets	7,8	8,0	+2,5%

Globalement, les volumes totaux restent **relativement stables entre 2020 et 2050**, avec seulement de faibles variations :

- AEP : en très légère hausse du fait de la petite augmentation de population à l'échelle du territoire. En revanche, ce prélèvement reste toujours l'usage principal (proche de 50 %) Le nombre d'arrêtés sécheresse augmentera très probablement, limitant les prélèvements pour certains usages en été.;
- Industries : donnée identique à 2020 ;
- Agriculture - abreuvement : en légère diminution du fait de la baisse du nombre de cheptels ;
- Agriculture – irrigation : hausse de 20%

- Prise d'eau du Rahin : donnée identique à 2020.
- STEP : en très faible hausse puisque cette donnée découle de celle de l'AEP.

Une hausse des températures engendrerait une augmentation des pertes d'eau par évaporation et évapotranspiration. Il ne s'agit pas directement de prélèvements mais ces pertes réduiront le volume disponible.

5.10 Changement climatique

Comme mentionné dans les §1.5.1.3 et §1.5.2, des évolutions de la pluviométrie et de la température sont visibles sur les chroniques des 30 dernières années.

Pour rappel, les cumuls pluviométriques annuels des 9 stations retenues sur les 30 dernières années sont tracés ci-dessous :

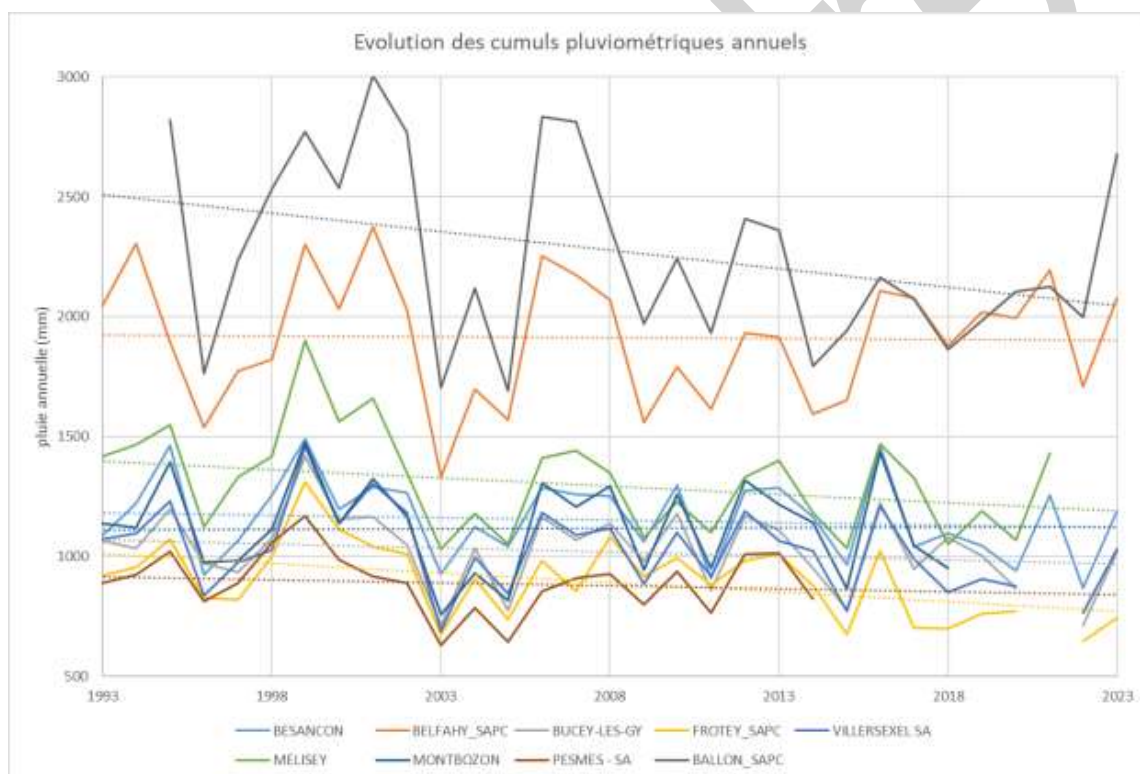


Figure 62 : Evolution des cumuls pluviométriques annuels

Une tendance à la baisse (7 à 15mm de pluie en moins en moyenne chaque année) est observable pour les stations de Ballon_SAPC, Frotey_SAPC, Villersexel_SAPC et Melisey. Cette baisse est plus modérée pour les autres stations.

Les stations présentant les tendances à la baisse les plus importantes sont localisées dans la partie amont du bassin versant.

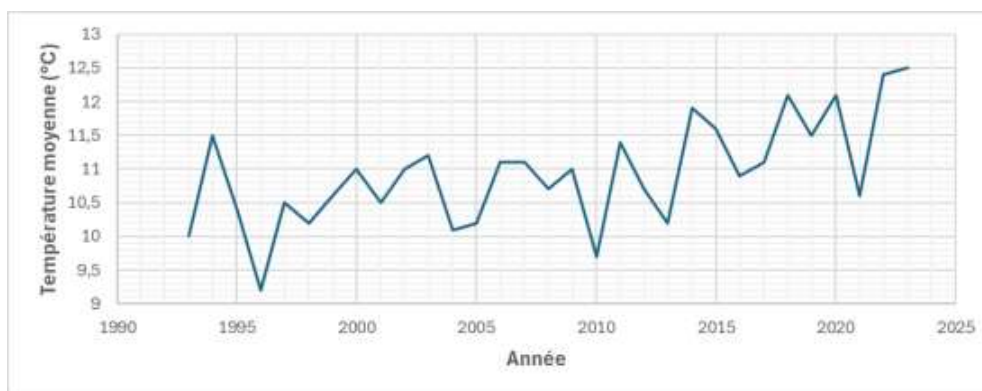


Figure 63 : Température moyenne annuelle à la station de VILLERSEXEL SA (1993 -2023)

L'évolution des températures semble être à la hausse : sur la période 1993-2005, la médiane des températures moyennes annuelles est de 10,5 °C ; sur la période 2006-2023, la médiane est de 11,1°C.

Les débits moyens annuels des 8 stations retenues sur les 30 dernières années sont tracés ci-dessous :

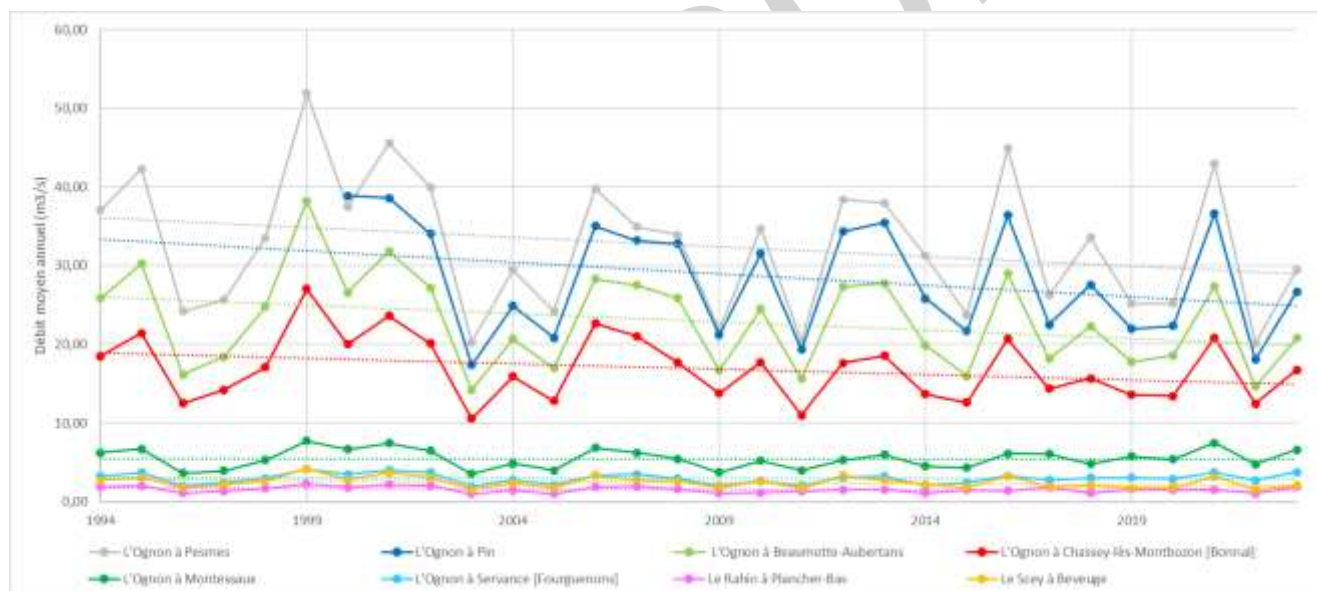


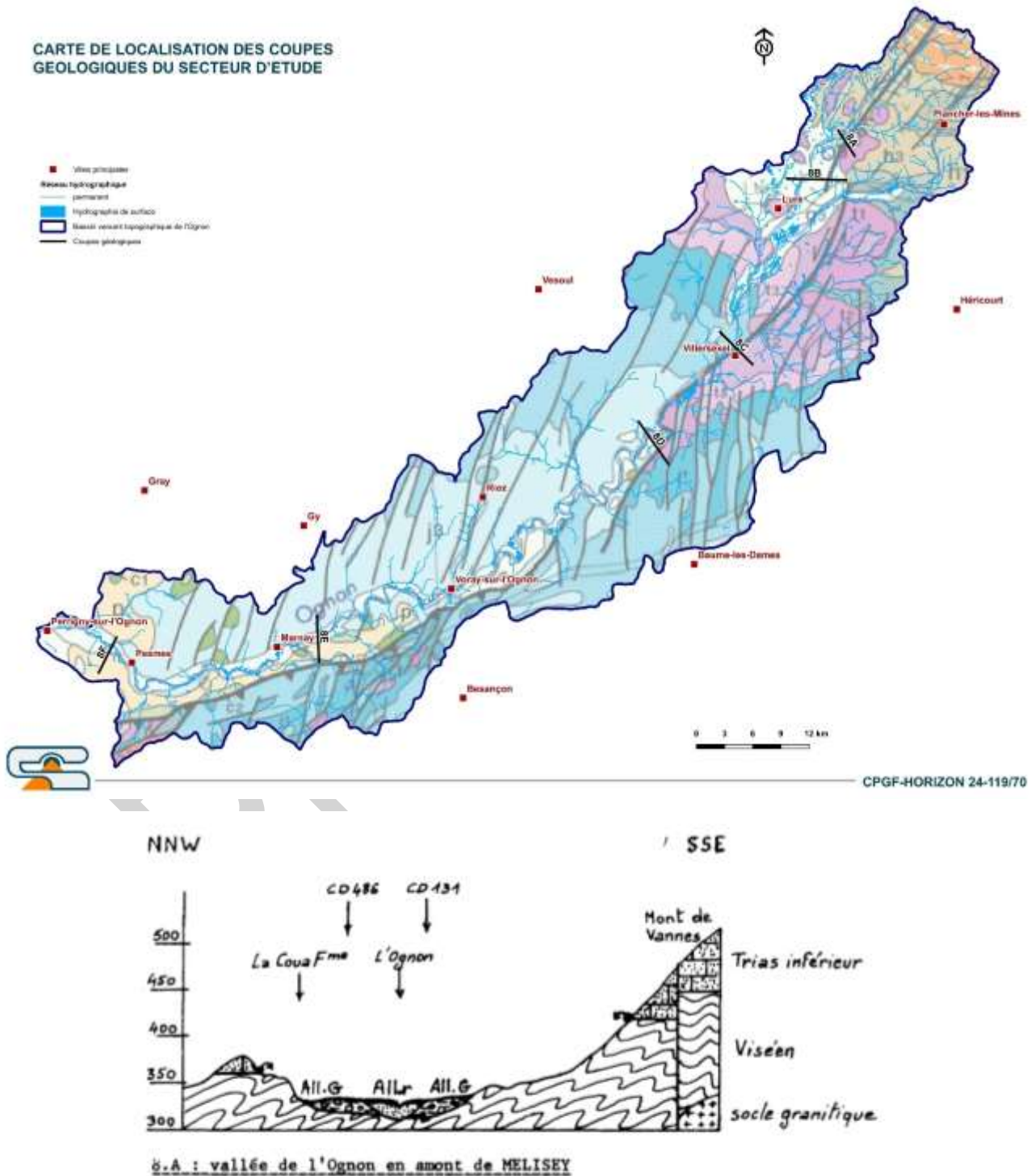
Figure 64 : Evolution des débits moyens annuels

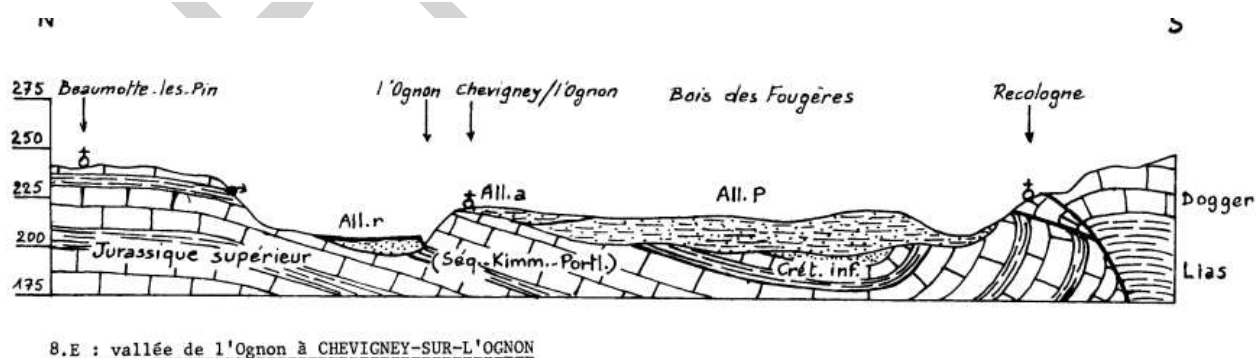
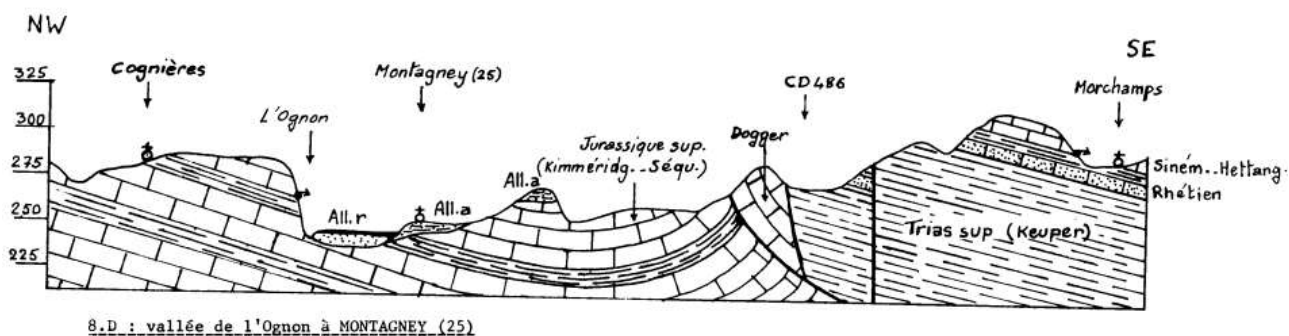
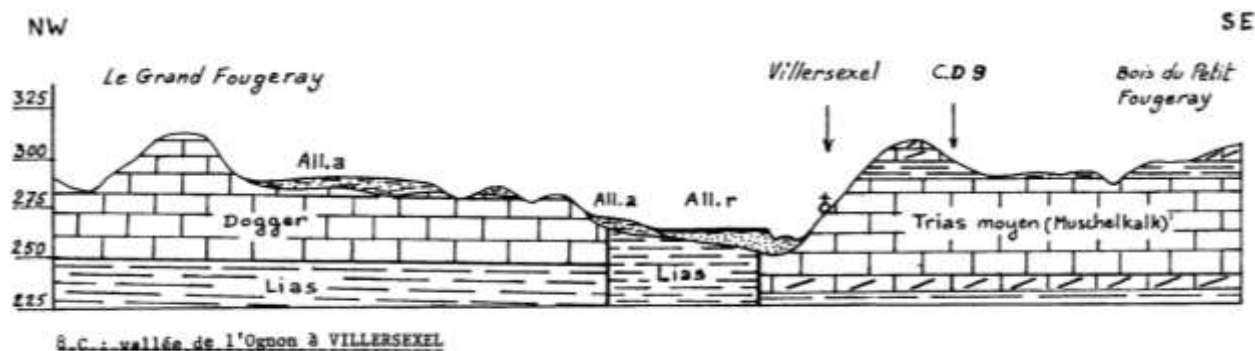
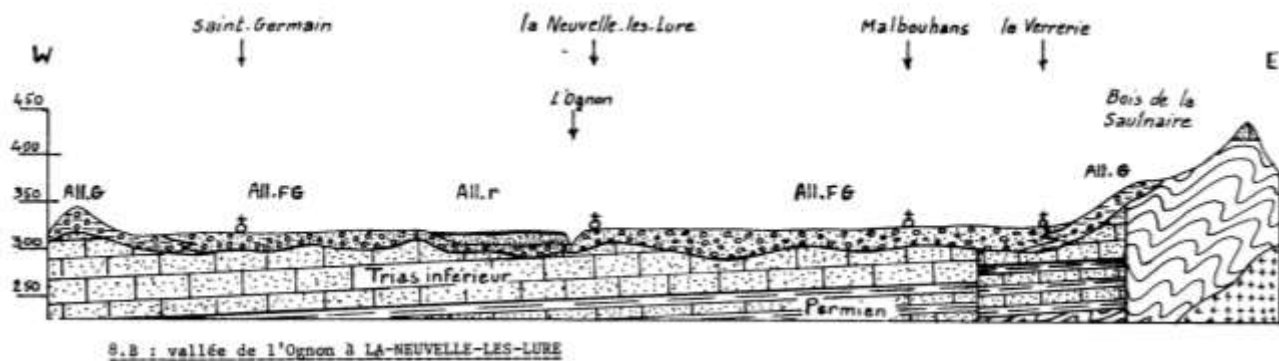
Une tendance à la baisse est observable pour les stations en aval de Chassez-lès-Montbozon. Cette baisse n'est pas observée ou est beaucoup plus faible pour les autres stations (stations en amont du bassin).

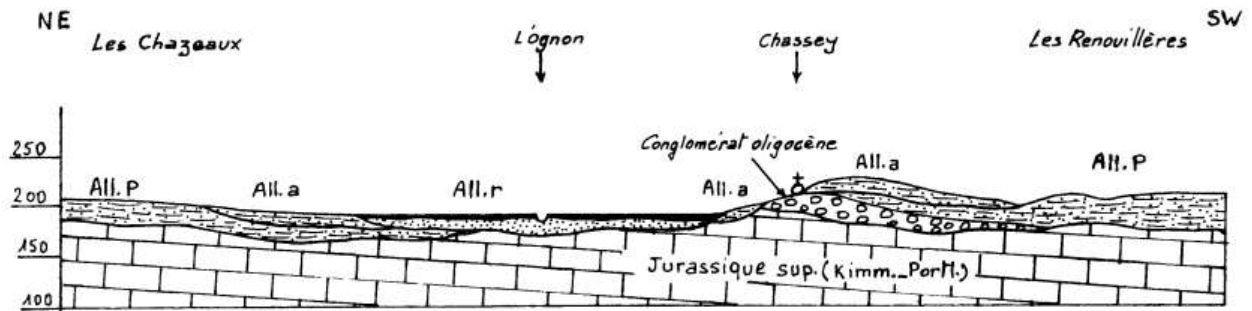
ANNEXE 1 QUESTIONNAIRE UTILISE POUR VERIFIER LES DONNEES DE LA BNPE

Provisoire

ANNEXE 2 COUPES GEOLOGIQUES DU SECTEUR D'ETUDE







8.F : vallée de l'Ognon entre PESMES et BROYE-LES-PESMES

LEGENDE

- | | | |
|--|--|----------------------|
| | All.P : alluvions pliocènes | } argilo-sableuses |
| | All.a : alluvions anciennes (terrasses) | |
| | All.G : alluvions glaciaires (moraines) | argilo-caillouteuses |
| | All.FG : alluvions fluvio-glaciaires, sables, graviers, galets | |
| | All.r : alluvions récentes, sablo-graveleuses, sous recouvrement argilo-limoneux | |
| | conglomérats | |
| | calcaires | |
| | dolomies | |
| | grès | |
| | marnes | |
| | socle hercynien plissé et granites | |
| | niveau de sources | |

Echelles / L : 1/25 000
H : 1/ 5 000
1/ 2 500

ANNEXE 3 ESTIMATION DES RESSOURCES REGULATRICES

Afin d'estimer la contribution de la nappe alluviale à l'Ognon, les deux méthodes intégrées dans le logiciel BFI+ ont été appliquées : la méthode à intervalle fixe (Fixed Interval, FI) et la méthode à intervalle glissant (Sliding Interval, SI). Le choix du paramètre N, qui détermine respectivement la taille de l'intervalle d'analyse et de la fenêtre glissante, a été adapté aux caractéristiques hydrogéologiques du bassin.

Le bassin de l'Ognon est caractérisé par la présence d'aquifères karstiques développés dans les formations jurassiques, conférant au régime hydrologique une double composante : une réponse rapide aux événements pluviométriques via les réseaux de conduits karstiques, et une contribution lente et régulière par la nappe alluviale. Ce comportement mixte justifie l'adoption de valeurs de N modérément élevées, permettant de lisser les réponses instantanées sans pour autant sous-estimer la contribution du débit de base. Ainsi, un paramètre $N=15$ a été retenu pour les deux méthodes. Cette valeur est cohérente avec les recommandations de l'Institute of Hydrology (1980) et les pratiques observées dans des contextes karstiques similaires (Smakhtin, 2001) (Tallaksen & van Lanen, 2004). Une validation visuelle des résultats a été réalisée sur les hydrogrammes obtenus, assurant la cohérence entre les périodes de bas débit identifiées et les périodes hydrologiquement stables du régime de l'Ognon.

Les deux méthodes ont produit des résultats globalement similaires, tant en termes de volumes annuels que de dynamique temporelle du débit de base. Dans un souci de cohérence et de simplification de l'analyse, seule la méthode FI a été retenue pour la suite de l'étude.

1 U1004010 : L'OGNON A SERVANCE (FOURGUENONS)

La station hydrométrique U1004010 se situe sur la commune de Servance (70). Selon les données d'HydroPortail, l'ouvrage sert aux suivis d'étiage et à la prévision des crues. Aucune influence locale n'est renseignée. La chronique de débit est disponible depuis 1968.

Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

Débit	Moyenne (m ³ /s)	Min. journalier (m ³ /s)	Max. journalier (m ³ /s)
Débit mesuré	3,139	0,054	75,9
Débit de base	1,34	0,05	8,45

Tableau 23 : Résumé statistique du débit mesuré et du débit de base de l'Ognon à Servance pour la période 1986-2024.

Les données de débit journalier mesuré ainsi que le débit de base sont présentées dans la Figure 65

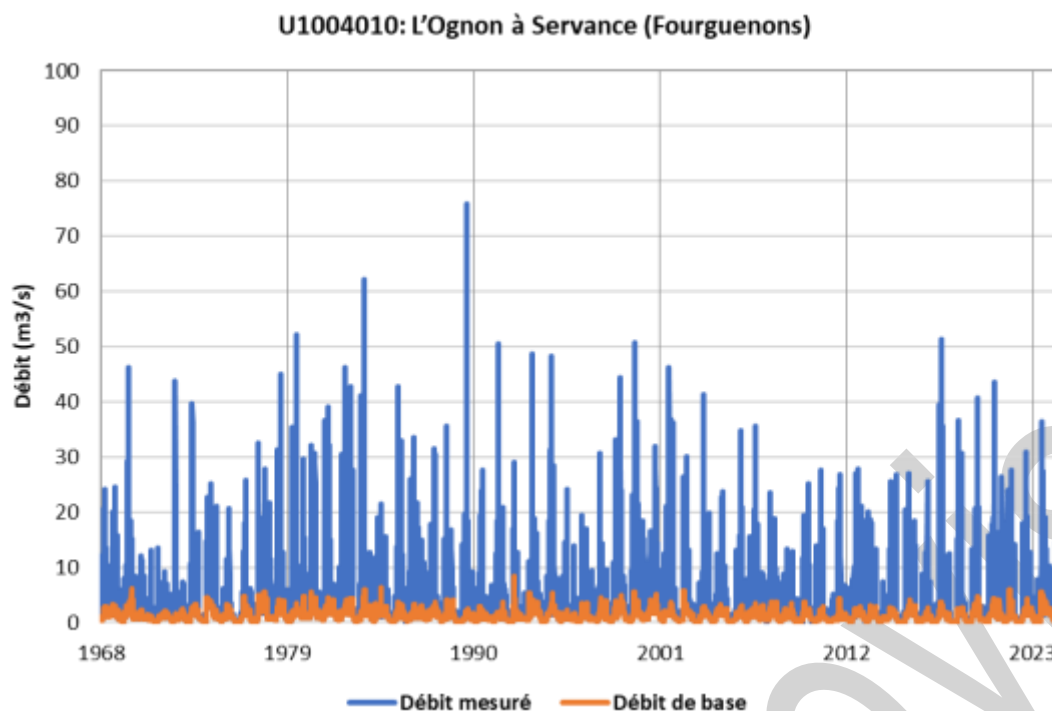


Figure 65 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier de l'Ognon à Servance

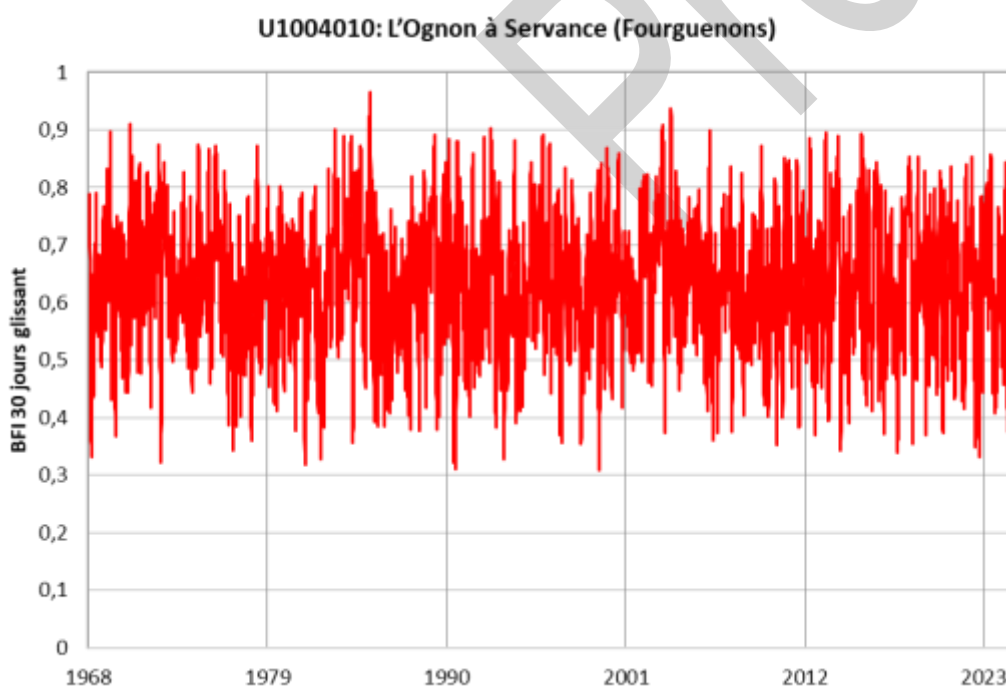


Figure 66 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit.

Les données hydrologiques relatives au débit du bassin versant de l'Ognon, mesuré à la station de Servance sur la période d'observation allant de 1986 à 2024, montrent un débit moyen journalier de 3,139 m³/s. Le débit journalier minimum enregistré est de 0,054 m³/s, indiquant des périodes de sécheresse ou d'étiage sévère. Le débit journalier maximum atteint 75,9 m³/s (Tableau 23). Ces données illustrent une forte variabilité interannuelle et journalière des débits, typique des rivières à régime pluvial, influencées par les précipitations.

Le débit de base, correspondant à la composante souterraine de l'écoulement, présente une moyenne de 1,34 m³/s, soit environ 43 % du débit total, soulignant l'importance de la contribution des eaux souterraines dans le maintien de l'écoulement de la rivière. Le débit de base minimum est proche du débit mesuré minimum (0,05 m³/s), indiquant que lors des périodes d'étiage, le maintien de l'écoulement est essentiellement assuré par les apports souterrains. Le débit de base maximum s'élève à 8,45 m³/s.

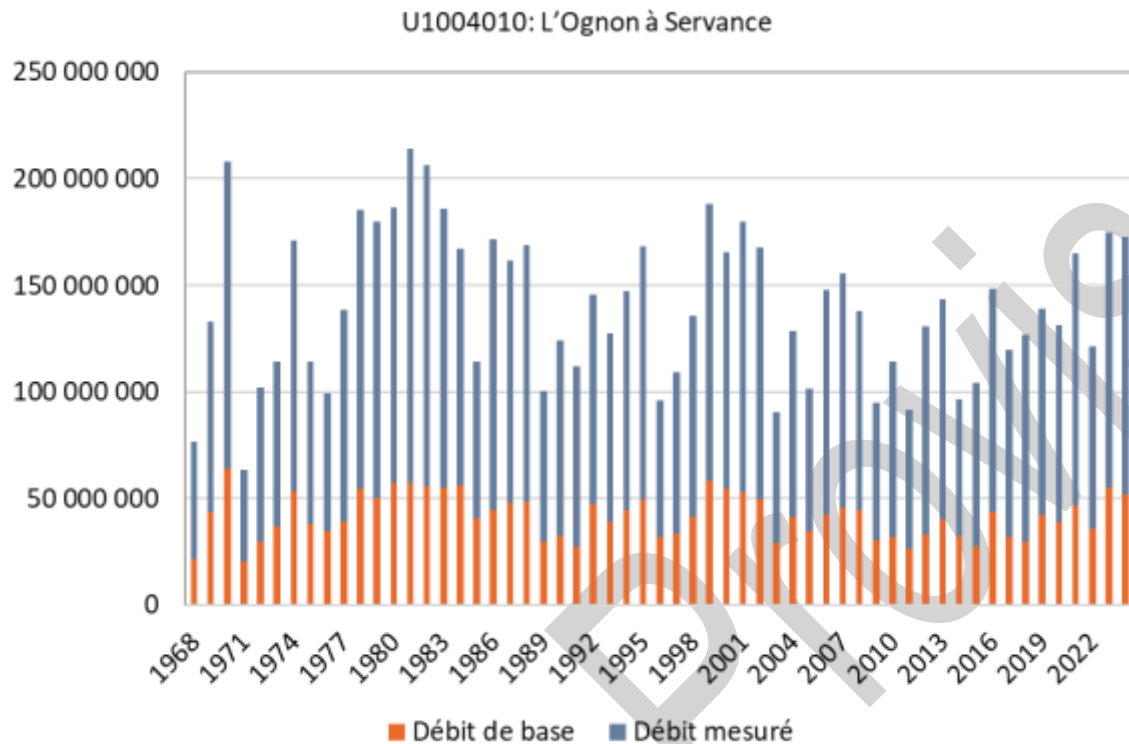


Figure 67 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1004010 (1968–2024) en m³/an

Afin de mieux caractériser l'écoulement hydrologique du bassin versant étudié, le Tableau 24 présente un résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (en L/s/km²) à la station U1004010. Ce tableau permet de mettre en évidence les variations interannuelles du débit de base ainsi que le niveau moyen de l'écoulement spécifique sur l'ensemble de la période d'observation. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

	Débit de base (m3/an)	Débit de base (Mm3/an)
Min.	4,29E+07 (1971)	43
Max.	1,57E+08 (1981)	157
Moy.	9,80E+07	98
Écoulement moyen (L/s/km²)	42,27	

Tableau 24 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (L/s/km²) à la station U1004010.

Le débit de base annuel varie considérablement au cours de la période 1968-2023, avec une valeur minimale de $4,29 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{an}$ enregistrée en 1971, et une valeur maximale de $1,57 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{an}$ en 1981. La valeur moyenne annuelle sur l'ensemble de la période est de $9,80 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{an}$ (Figure 67).

2 U1025010 : LE RAHIN A PLANCHER-BAS

La station hydrométrique U1025010 se situe sur la commune de Plancher-Bas (70). Selon les données d'HydroPortail, l'ouvrage sert aux suivis d'étiage et à la prévision des crues. Aucune influence locale n'est renseignée. La chronique de débit est disponible depuis 1968.

Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

Débit	Moyenne (m ³ /s)	Min. journalier (m ³ /s)	Max. journalier (m ³ /s)
Débit mesuré	1,63	0,001	56
Débit de base	0,61	0	4,66

Tableau 25 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de base de Rahin à Plancher-Bas pour la période 1968-2024.

Les données de débit journalier mesuré ainsi que le débit de base déterminé sont présentées dans la Figure 68.

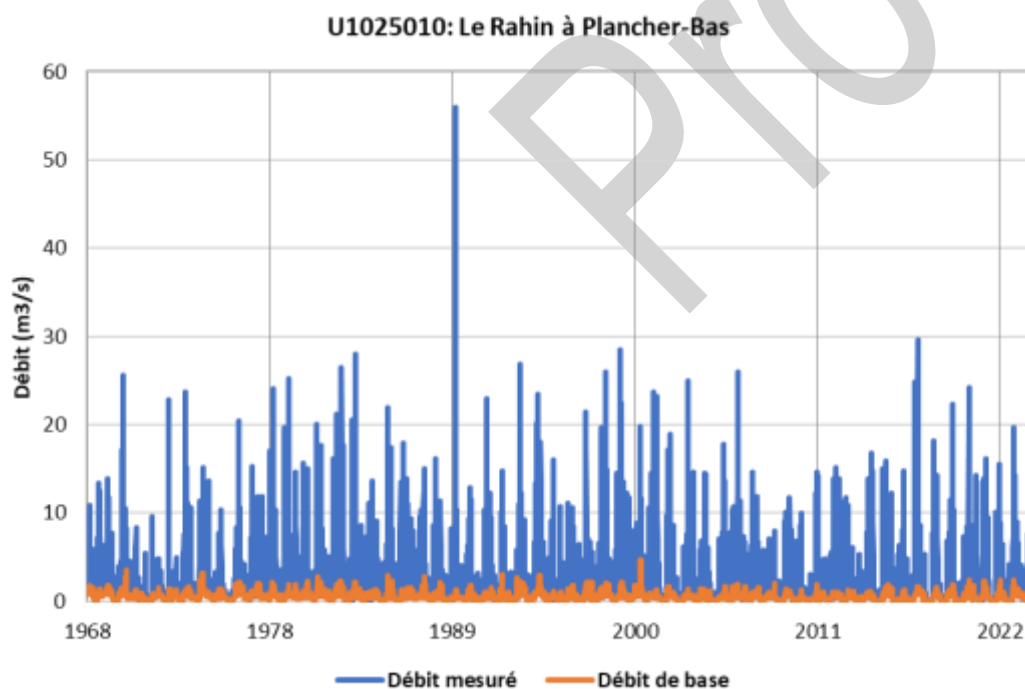


Figure 68: Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier du Rahin à Plancher-Bas

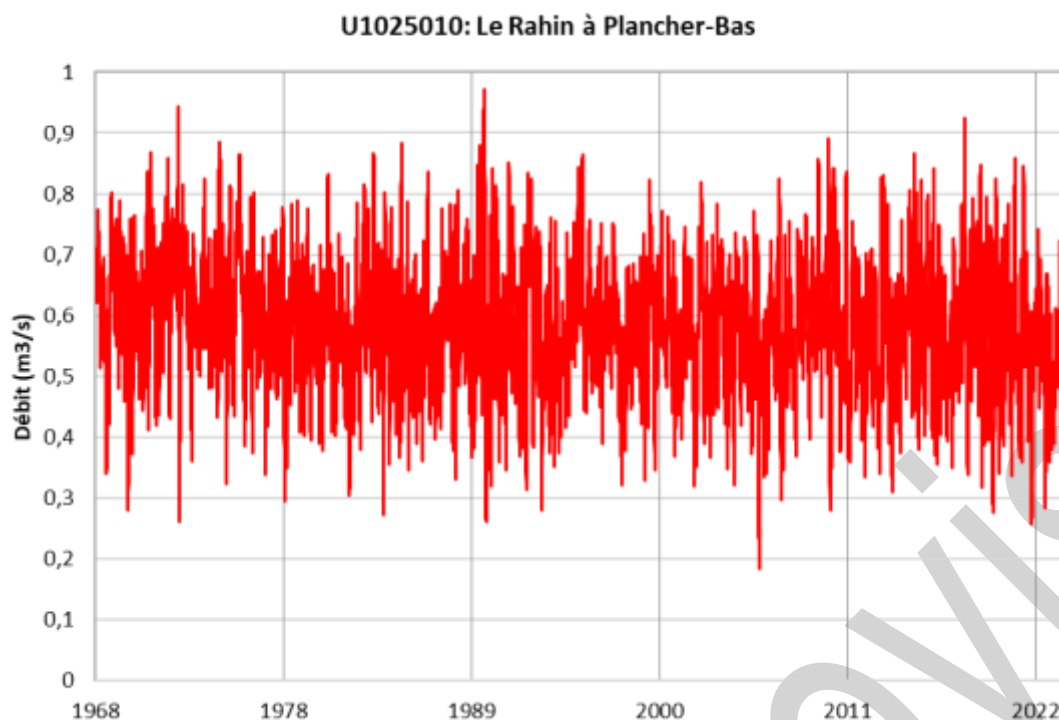


Figure 69: Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit

Le débit moyen journalier mesuré à la station de Plancher-Bas sur la période 1968-2024 est de 1,63 m³/s. Le débit journalier minimum atteint 0,001 m³/s, ce qui traduit des épisodes d'étiage extrême ou de sécheresse. En revanche, le débit maximum enregistré est de 56 m³/s, témoignant de crues ponctuelles importantes.

Concernant le débit de base, la moyenne est de 0,61 m³/s, soit environ 37 % du débit mesuré moyen. Le minimum journalier est de 0 m³/s, ce qui suggère l'absence ponctuelle d'alimentation souterraine. Le maximum journalier de 4,66 m³/s montre que, malgré une variabilité importante, la contribution des eaux souterraines reste nettement plus stable et modérée que les écoulements de surface (Figure 69).

Les données de débit mesuré et de débit de base mettent en évidence une forte variabilité hydrologique du Rahin, caractéristique d'un régime pluvial, avec une alimentation de base qui joue un rôle important en période normale, mais reste limitée lors des événements extrêmes de sécheresse.

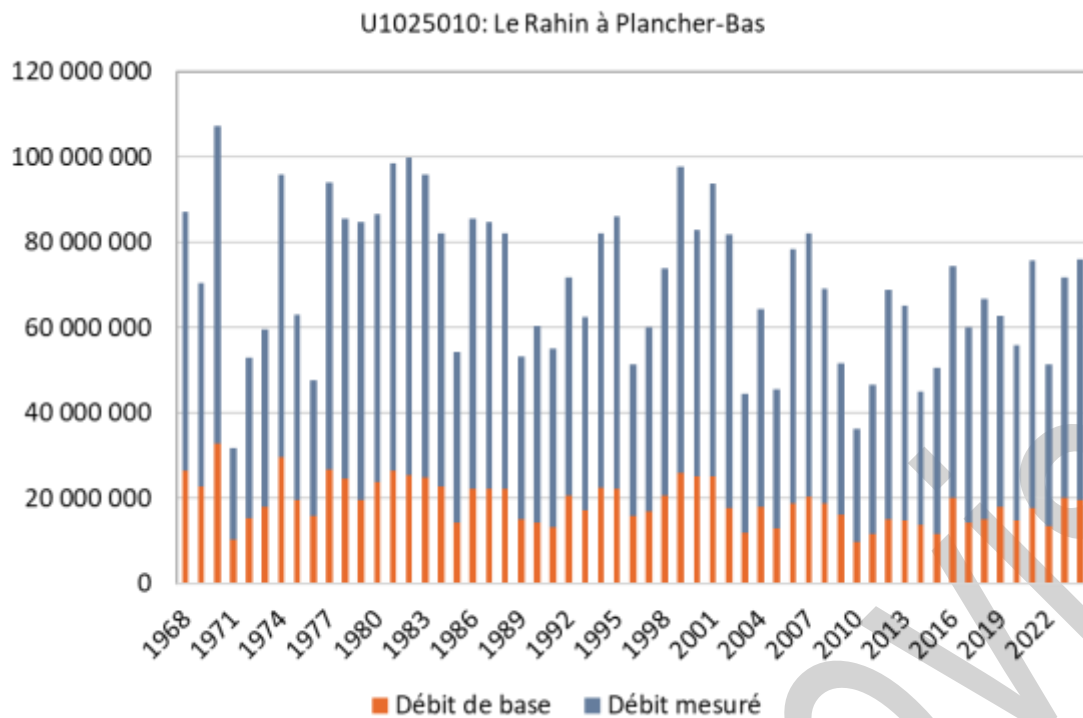


Figure 70 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1025010 (1968–2024) en m³/an

Afin de mieux caractériser l'écoulement hydrologique du bassin versant étudié, le Tableau 26 présente un résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (en L/s/km²) à la station U1025010.

	Débit de base (m ³ /an)	Débit de base (Mm ³ /an)
Min.	9,64E+06 (2010)	10
Max.	3,28E+07 (1970)	33
Moy.	1,90E+07	19
Écoulement moyen (L/s/km ²)	18.26	

Tableau 26 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (L/s/km²) à la station U1025010.

Le débit de base annuel moyen, à la station U1025010, s'élève à $1,90 \times 10^7$ m³/an (soit 19 Mm³), ce qui reflète la contribution souterraine moyenne à l'écoulement du cours d'eau sur une année. Le minimum annuel, observé en 2010, est de $9,64 \times 10^6$ m³ (soit 10 Mm³), traduisant probablement une année de sécheresse marquée. À l'inverse, le maximum annuel, enregistré en 1970, atteint $3,28 \times 10^7$ m³ (soit 33 Mm³) (Figure 70).

3 U1014020 : L'OGNON A MONTESSAUX

La station hydrométrique U1014020 se situe sur la commune de Montessaux (70). Selon les données d'HydroPortail, l'ouvrage sert aux suivis d'étiage et à la prévision des crues. Aucune influence locale n'est renseignée. La chronique de débit est disponible depuis 1992.

Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

Débit	Moyenne (m ³ /s)	Min. journalier (m ³ /s)	Max. journalier (m ³ /s)
Débit mesuré	5,59	0,116	97,7
Débit de base	2,67	0,12	16,4

Tableau 27 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de base de l'Ognon à Montessaux pour la période 1993-2024.

Les données de débit journalier mesuré ainsi que le débit de base déterminé sont présentées dans la Figure 71.

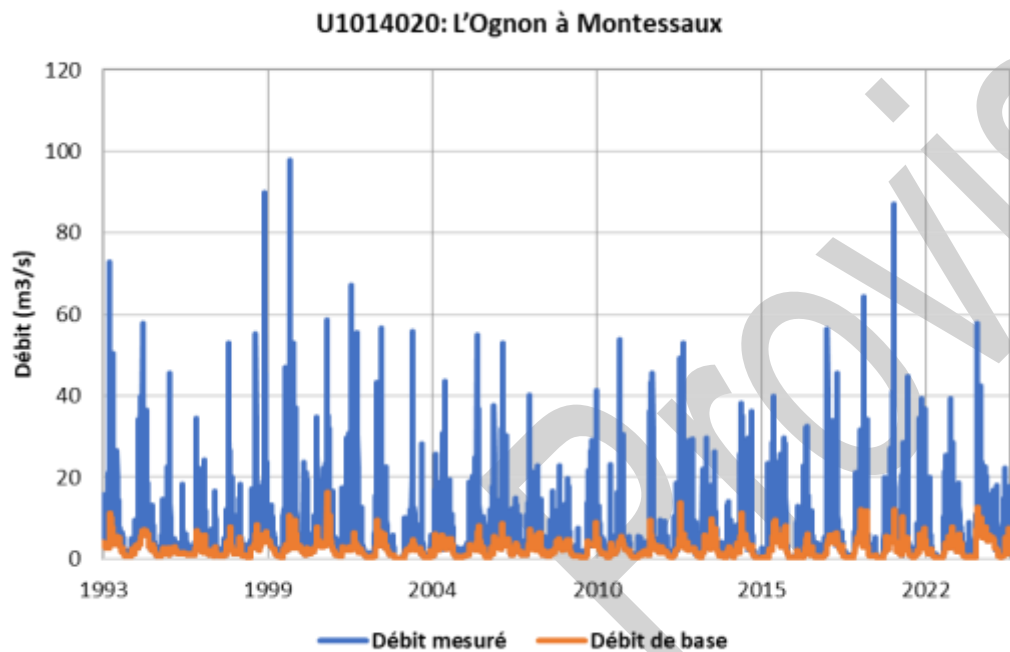


Figure 71 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier de l'Ognon à Montessaux

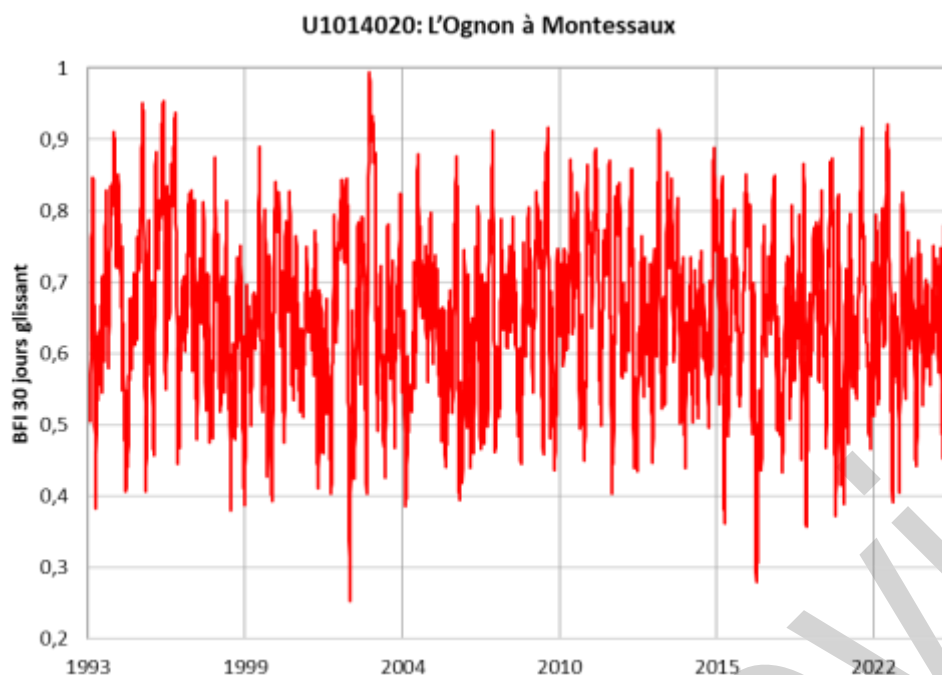


Figure 72 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit.

Le débit moyen journalier mesuré au cours de la période 1993-2024 est de $5,59 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui reflète un écoulement relativement soutenu. Le débit journalier minimum mesuré est de $0,116 \text{ m}^3/\text{s}$, indiquant des périodes de sécheresse ou d'étiage marqué, tandis que le débit maximum atteint $97,7 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui traduit la survenue d'événements hydrologiques extrêmes comme des crues ou de fortes précipitations (Figure 72).

Concernant le débit de base, sa moyenne s'élève à $2,67 \text{ m}^3/\text{s}$, représentant près de la moitié du débit mesuré, ce qui montre une contribution souterraine significative au régime de la rivière. Le minimum journalier du débit de base est légèrement supérieur à celui du débit mesuré ($0,12 \text{ m}^3/\text{s}$), ce qui suggère une certaine résilience de l'alimentation souterraine en période sèche. Le maximum journalier du débit de base atteint $16,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

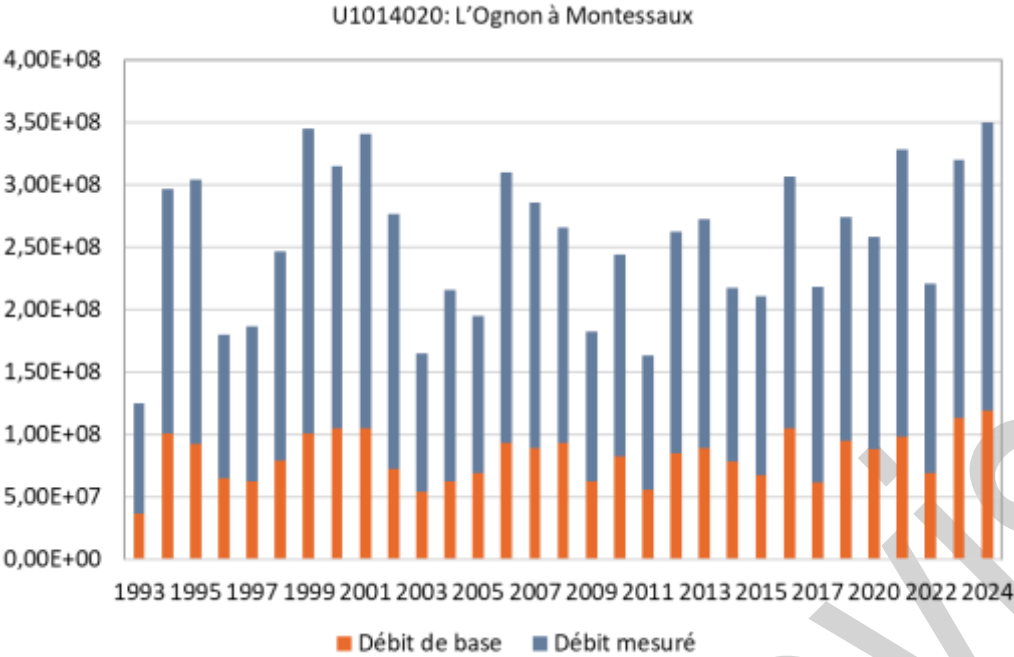


Figure 73 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1014020 (1993-2024) en m3/an

Afin de mieux caractériser l’écoulement hydrologique du bassin versant étudié, le Tableau 28 présente un résumé statistique du débit de base annuel et de l’écoulement spécifique (en L/s/km²) à la station U1014020. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

	Débit de base (m3/an)	Débit de base (Mm3/an)
Min.	3,67E+07 (1993)	37
Max.	1,19E+08 (2024)	119
Moy.	8,20E+07	82
Écoulement moyen (L/s/km²)	7,95	

Tableau 28 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l’écoulement spécifique (L/s/km²) à la station U1014020.

Le débit de base annuel moyen est de $8,20 \times 10^7$ m³/an, soit 82 Mm³, à la station U1014020, traduisant une contribution souterraine importante à l’écoulement du cours d’eau. Le débit minimal, observé en 1993, est de $3,67 \times 10^7$ m³ (soit 37 Mm³). En revanche, le maximum, enregistré en 2024, atteint $1,19 \times 10^8$ m³ (soit 119 Mm) (Figure 73)

4 U1035410 : LE SCEY A BEVEUGE

La station hydrométrique U1035410 se situe sur la commune de Beveuge (70). Selon les données d’HydroPortail, l’ouvrage sert aux suivis d’étiage et à la prévision des crues. Aucune influence locale n’est renseignée. La chronique de débit est disponible depuis 1974.

Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

Débit	Moyenne (m³/s)	Min. journalier (m³/s)	Max. journalier (m³/s)
Débit mesuré	2,5	0,09	33,5

Débit de base	1,08	0,09	7,21
---------------	------	------	------

Tableau 29 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de base du Scey à Beveuge pour la période 1974-2024.

Les données de débit journalier mesuré ainsi que le débit de base déterminé sont présentées dans la Figure 74.

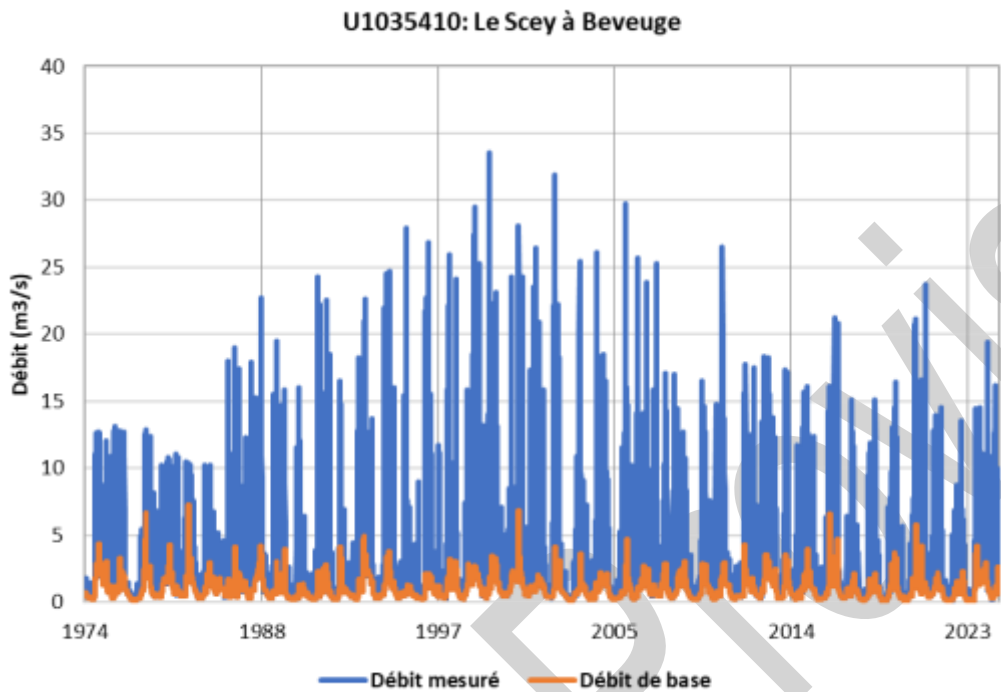


Figure 74 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier du Scey à Beveuge

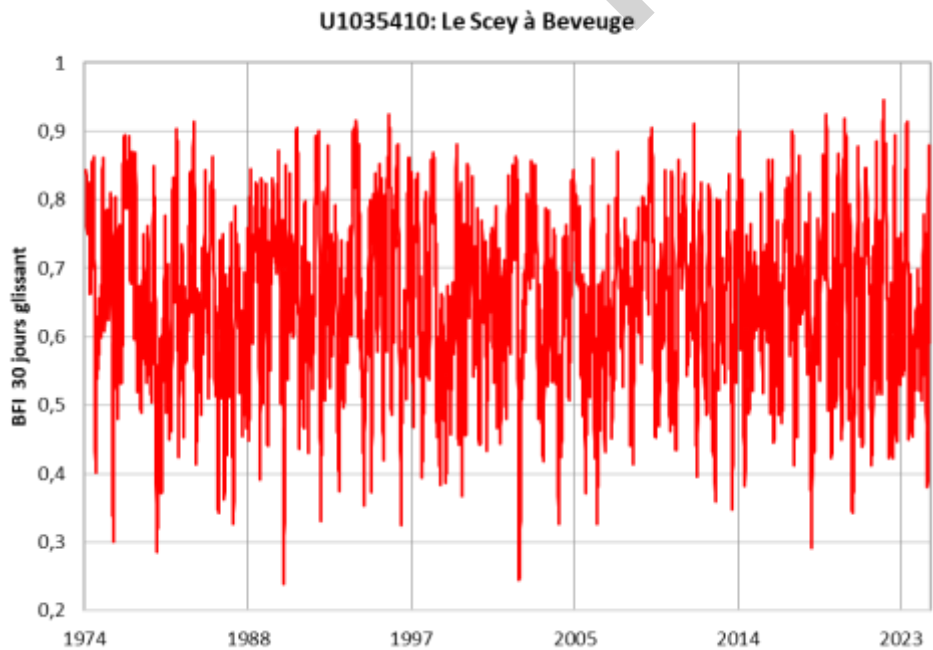


Figure 75 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit

Le débit moyen journalier mesuré de Scey à la station de Beveuge sur la période 1974-2024 est de 2,5 m³/s. Le débit journalier minimum est de 0,09 m³/s, valeur indiquant les périodes d'étiage sévère ou de sécheresse prolongée. Le débit journalier maximum atteint 33,5 m³/s.

Le débit de base, représentant l'alimentation souterraine du cours d'eau, présente une moyenne de 1,08 m³/s, soit une contribution significative à l'écoulement global. Le débit de base minimum est également de 0,09 m³/s, tandis que le maximum atteint 7,21 m³/s.

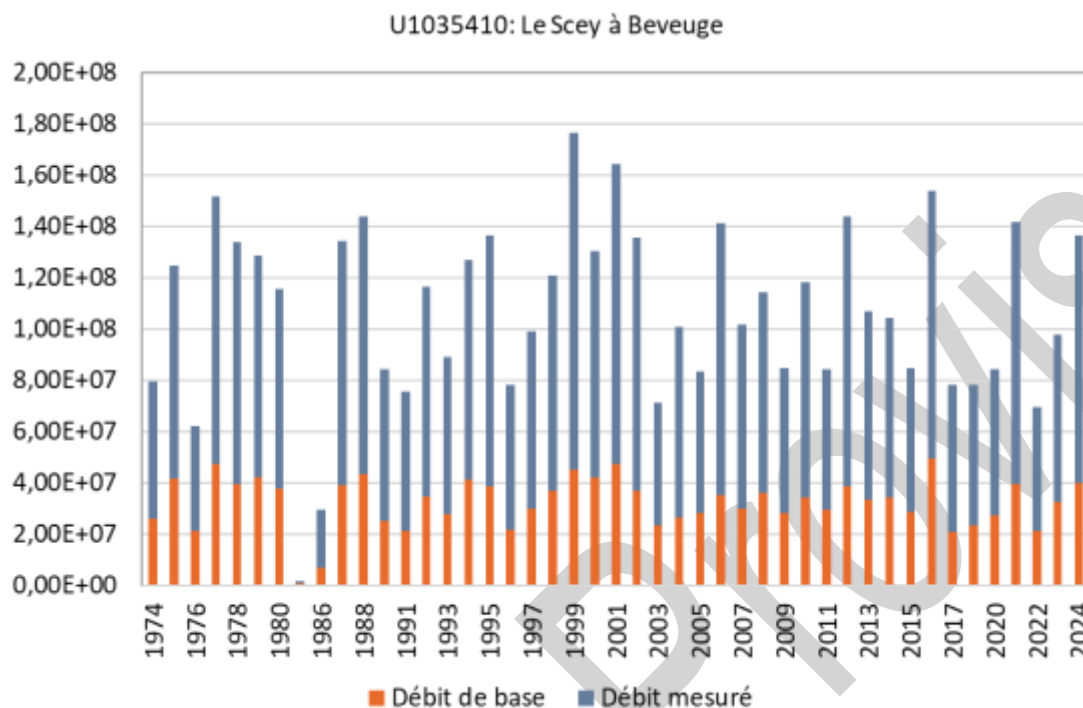


Figure 76 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1035410 (1974-2024).

Afin de mieux caractériser l'écoulement hydrologique du bassin versant étudié, le Tableau 30 présente un résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (en L/s/km²) à la station U1035410. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

	Débit de base (m³/an)	Débit de base (Mm³/an)
Min.	5,21E+05 (1981)	0,52
Max.	4,95E+07 (2016)	49,46
Moy.	3,22E+07	32,23
Écoulement moyen (L/s/km²)	5,67	

Tableau 30 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (L/s/km²) à la station U1035410.

Le débit de base annuel moyen, à la station U1035410, égale à 32,23 Mm³, avec des valeurs extrêmes variant de 0,52 Mm³ en 1981, traduisant une année extrêmement sèche ou déficitaire en alimentation souterraine, à 49,46 Mm³ en 2016, représentant une année à forte contribution des nappes au réseau de surface (Figure 76).

5 U1044010 : CHASSEY-LES-MONTBOZON

La station hydrométrique U104 4010 01 se situe sur la commune de Chassey-lès-Montbozon (70). Selon les données d'HydroPortail, l'ouvrage sert aux suivis d'étiage et à la prévision des crues. Aucune influence locale n'est renseignée. La chronique de débit est disponible depuis 1987.

Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

Débit	Moyenne (m ³ /s)	Min. journalier (m ³ /s)	Max. journalier (m ³ /s)
Débit mesuré	16,76	0,41	264
Débit de base	8,07	0,41	50,6

Tableau 31 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de l'Ognon à Chassey-lès-Montbozon pour la période 1987-2024.

Les données de débit journalier mesuré ainsi que le débit de base déterminé sont présentées dans la Figure 77.

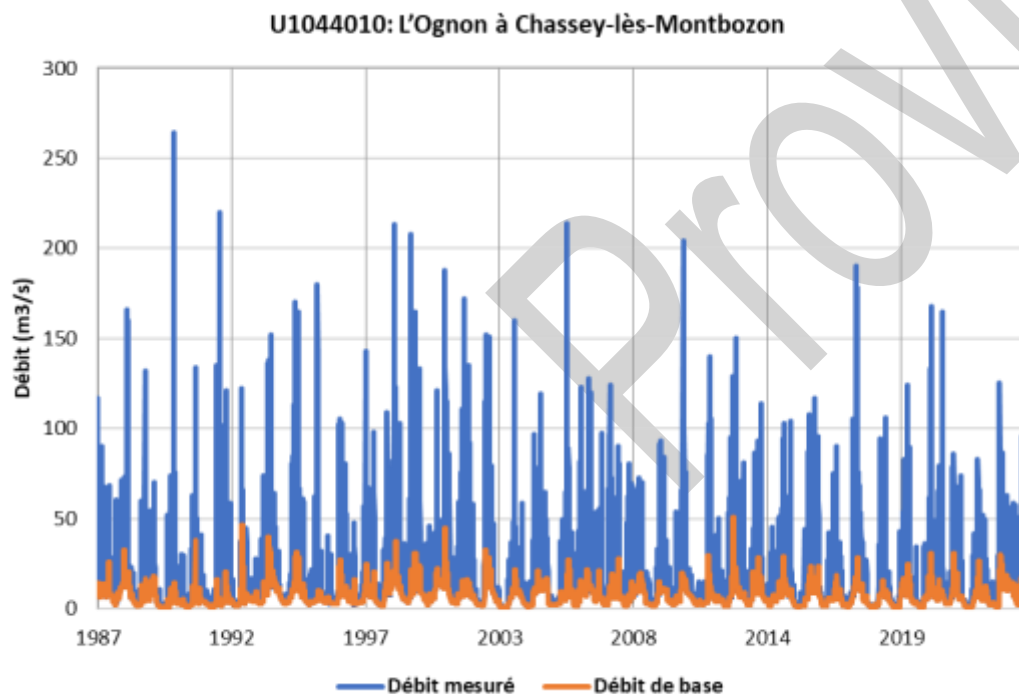


Figure 77 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier l'Ognon à Chassey-lès-Montbozon

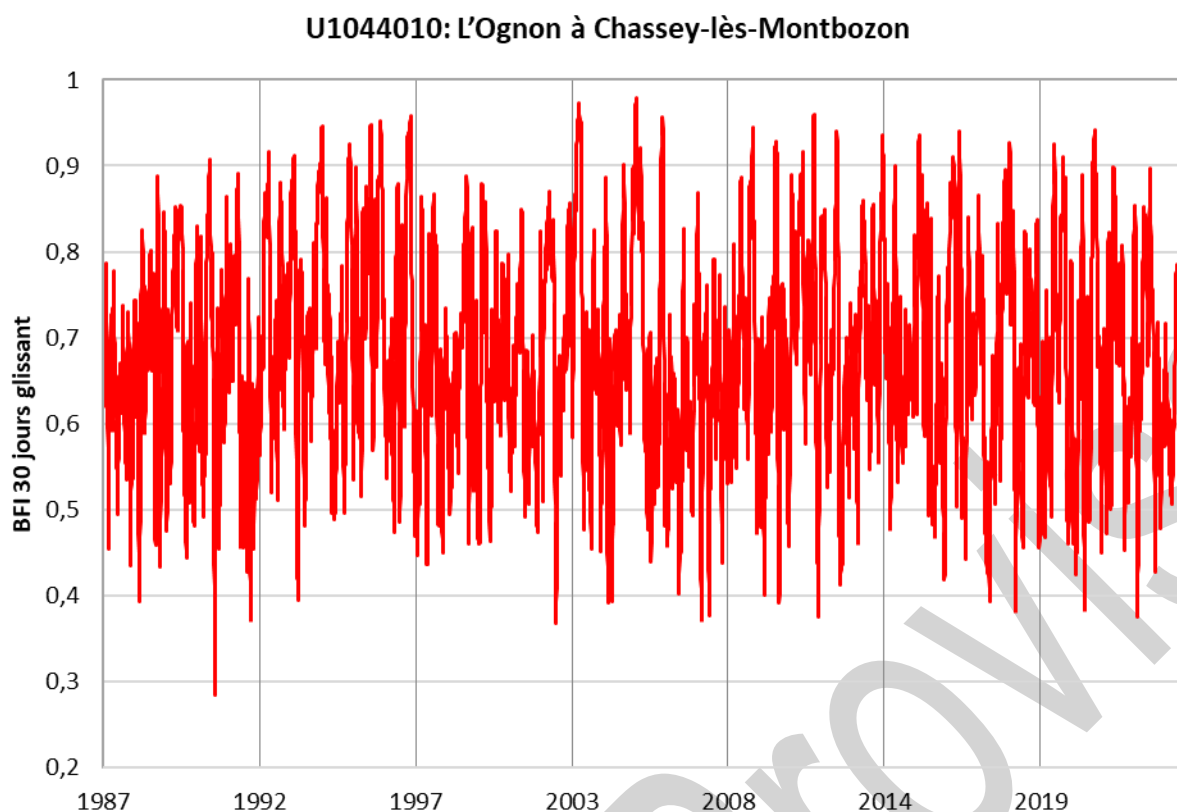


Figure 78 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit.

Le débit moyen journalier mesuré, de l'Ognon à Chassey-lès-Montbozon, sur la période 1987-2024, est de 16,76 m³/s. Le débit journalier minimum, enregistré à 0,41 m³/s, correspond à des périodes d'étiage, tandis que le maximum journalier atteint 264 m³/s.

Le débit de base moyen, estimé à 8,07 m³/s, représente près de la moitié du débit total, ce qui révèle une contribution notable des eaux souterraines. Le fait que le débit de base minimum soit égal au minimum mesuré (0,41 m³/s) suggère que, lors des périodes les plus sèches, l'écoulement est entièrement soutenu par les apports des aquifères karstique à proximité qui assure une alimentation continue de la rivière, même en période sèche.

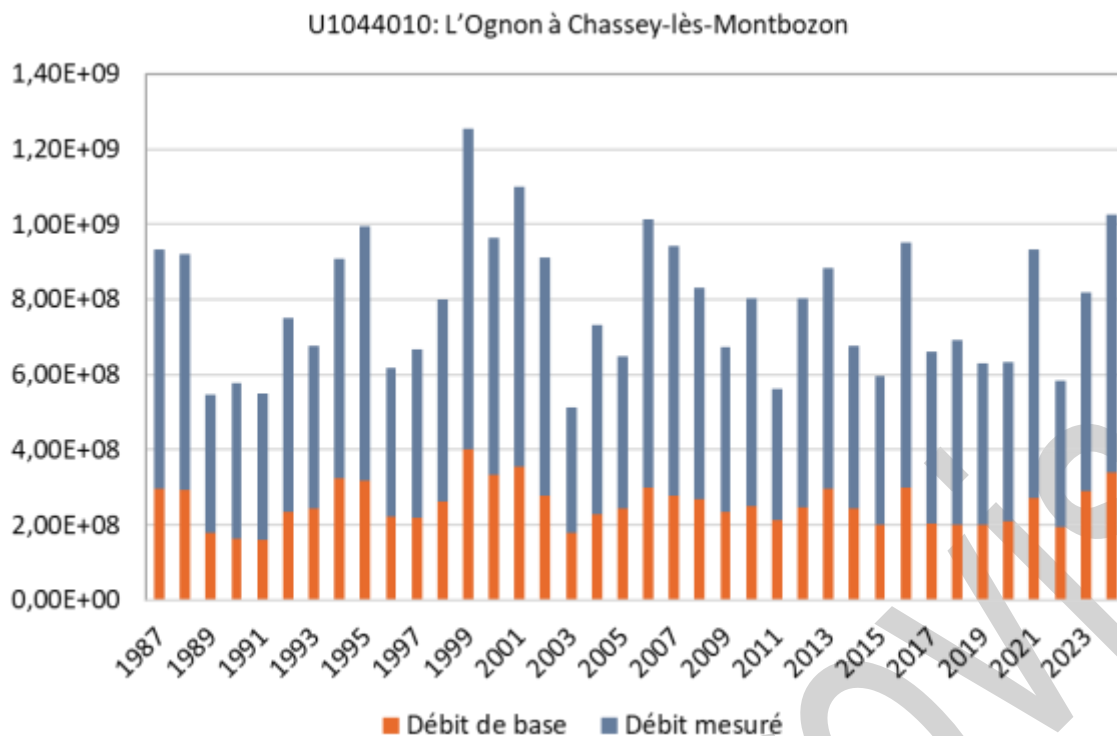


Figure 79 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1044010 (1986-2024).

Afin de mieux caractériser l'écoulement hydrologique du bassin versant étudié, le Tableau 32 présente un résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (en L/s/km²) à la station U1044010. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

	Débit de base (m³/an)	Débit de base (Mm³/an)
Min.	1,59E+08 (1991)	159
Max.	4,01E+08 (1999)	401
Moy.	2,55E+08	255
Écoulement moyen (L/s/km²)	9,49	

Tableau 32 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (L/s/km²) à la station U1044010.

Le débit de base annuel, à la station U1044010, varie considérablement, avec une valeur minimale de $1,59 \times 10^8$ m³/an enregistrée en 1991 (soit 159 Mm³) et une valeur maximale de $4,01 \times 10^8$ m³/an en 1999 (soit 401 Mm³). La moyenne annuelle s'établit à $2,55 \times 10^8$ m³ (soit 255 Mm³) (Figure 79).

6 U1054010 : L'OGNON A BEAUMOTTE-AUBERTANS

La station de jaugeage U1054010 se situe sur la commune de Beaumotte-Aubertans (70). Selon les données d'HydroPortail, l'ouvrage sert aux suivis d'étiage et à la prévision des crues. Aucune influence locale n'est renseignée. La chronique de débit est disponible depuis 1967.

Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

Débit	Moyenne (m ³ /s)	Min. journalier (m ³ /s)	Max. journalier (m ³ /s)
Débit mesuré	23,46	1,14	480
Débit de base	11,77	1,14	78,10

Tableau 33 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de l'Ognon à Beaumotte-Aubertans pour la période 1967-2024.

Les données de débit journalier mesuré ainsi que le débit de base déterminé sont présentées dans la Figure 80.

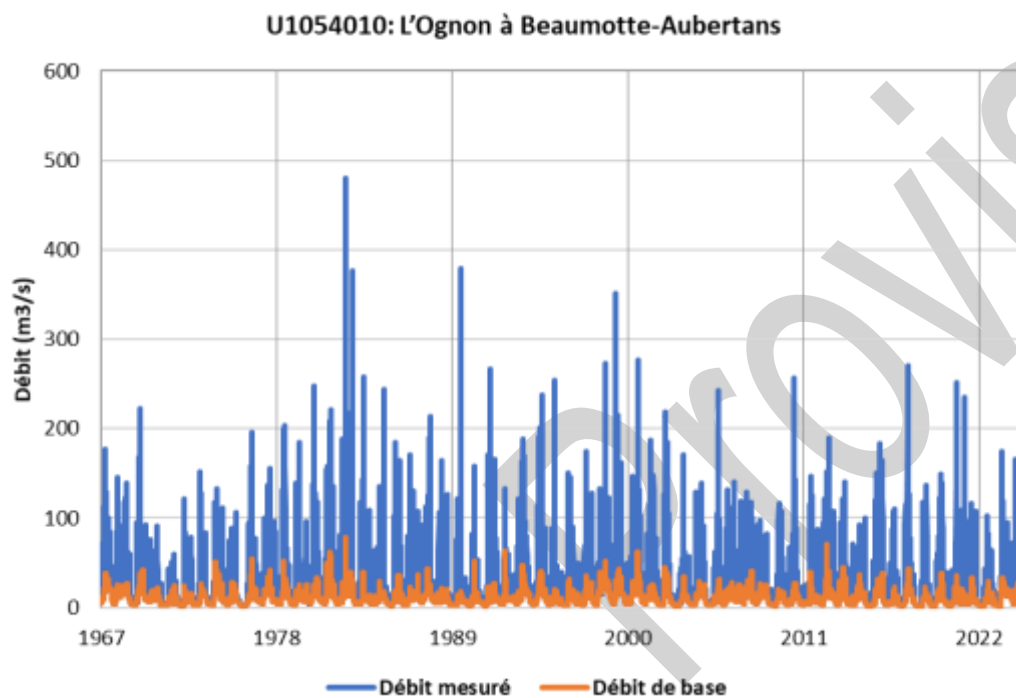


Figure 80 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier.

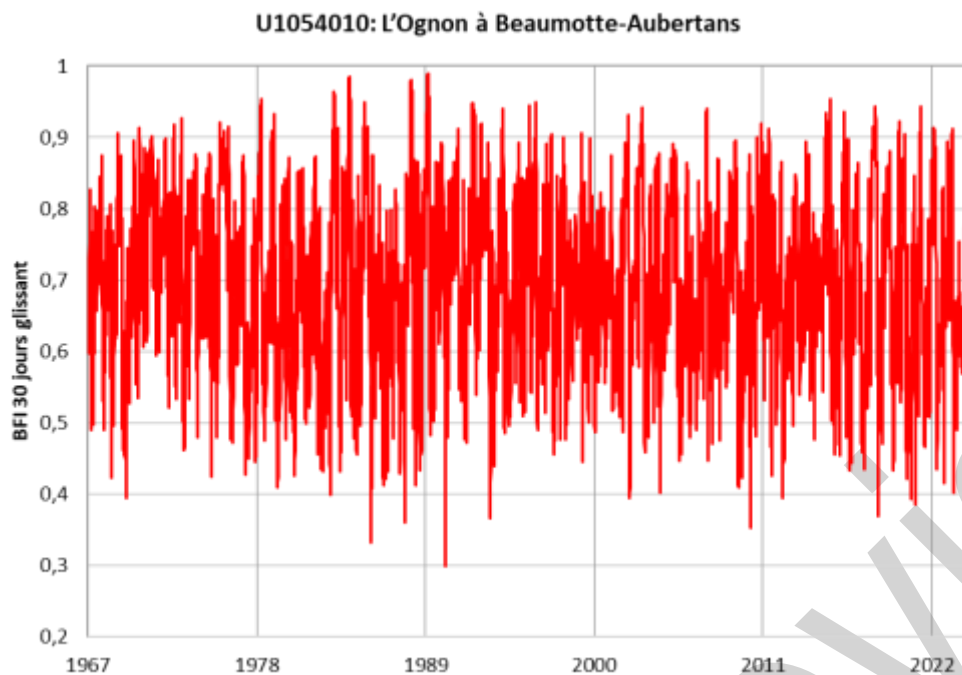


Figure 81 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit

Le débit journalier moyen mesuré de l'Ognon à Beaumotte-Aubertans pour la période 1967-2024 est de 23,46 m³/s, ce qui reflète un écoulement important. Le débit journalier minimum enregistré est de 1,14 m³/s, tandis que le débit maximum atteint 480 m³/s.

Le débit de base montre une moyenne de 11,77 m³/s, soit environ 50 % du débit total moyen, ce qui indique une contribution significative des eaux souterraines au régime du cours d'eau. Le débit de base minimum est également de 1,14 m³/s, identique au minimum mesuré, suggérant une période dominée exclusivement par les apports de base (absence de ruissellement). Le débit de base maximum atteint 78,10 m³/s.

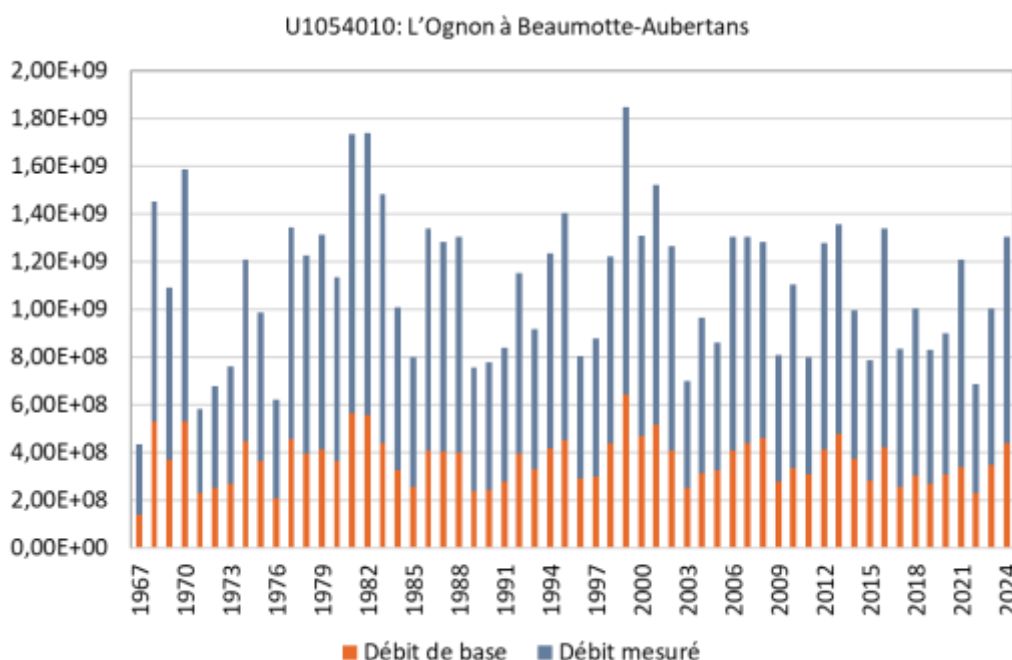


Figure 82 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1054010 (1967-2024).

Afin de mieux caractériser l'écoulement hydrologique du bassin versant étudié, le Tableau 34 présente un résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (en L/s/km²) à la station U1054010. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

	Débit de base (m ³ /an)	Débit de base (Mm ³ /an)
Min.	1,35E+08 (1967)	135
Max.	6,43E+08 (1999)	643
Moy.	3,67E+08	367
Écoulement moyen (L/s/km ²)	9,23	

Tableau 34 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (L/s/km²) à la station U1054010.

Le débit de base annuel, à la station U1054010, varie entre un minimum de $1,35 \times 10^8$ m³ enregistré en 1967 (soit 135 Mm³) et un maximum de $6,43 \times 10^8$ m³ en 1999 (643 Mm³), traduisant une forte variabilité interannuelle des apports souterrains au cours d'eau (Figure 41, Tableau 22).

La moyenne annuelle du débit de base est de $3,67 \times 10^8$ m³ (367 Mm³), ce qui indique une contribution souterraine importante et régulière dans le temps (Figure 82).

7 U1074020 : L'OGNON A PIN

La station hydrométrique U1074020 se situe sur la commune de Pin (70). Selon les données d'HydroPortail, l'ouvrage sert aux suivis d'étiage et à la prévision des crues. Aucune influence locale n'est renseignée. La chronique de débit est disponible depuis 2003.

Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes (**Tableau 35**) :

Débit	Moyenne (m ³ /s)	Min. journalier (m ³ /s)	Max. journalier (m ³ /s)
Débit mesuré	27,32	0,761	277
Débit de base	13,77	0,76	89,5

Tableau 35 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de l'Ognon à Pin pour la période 2003-2024.

Les données de débit journalier mesuré ainsi que le débit de base déterminé sont présentées dans la Figure 83.

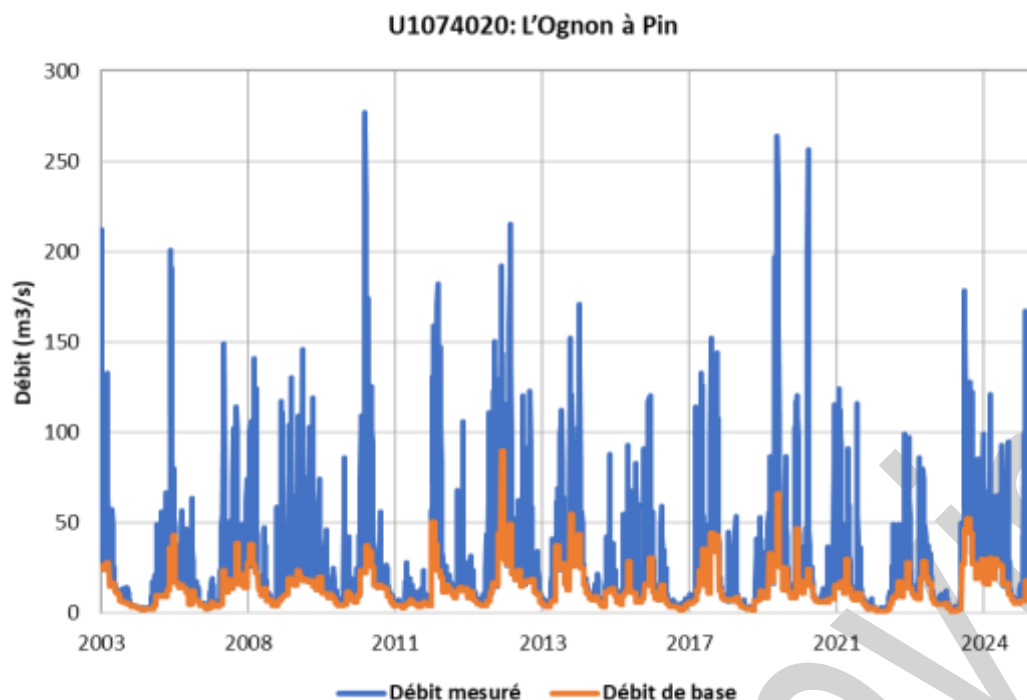


Figure 83 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier

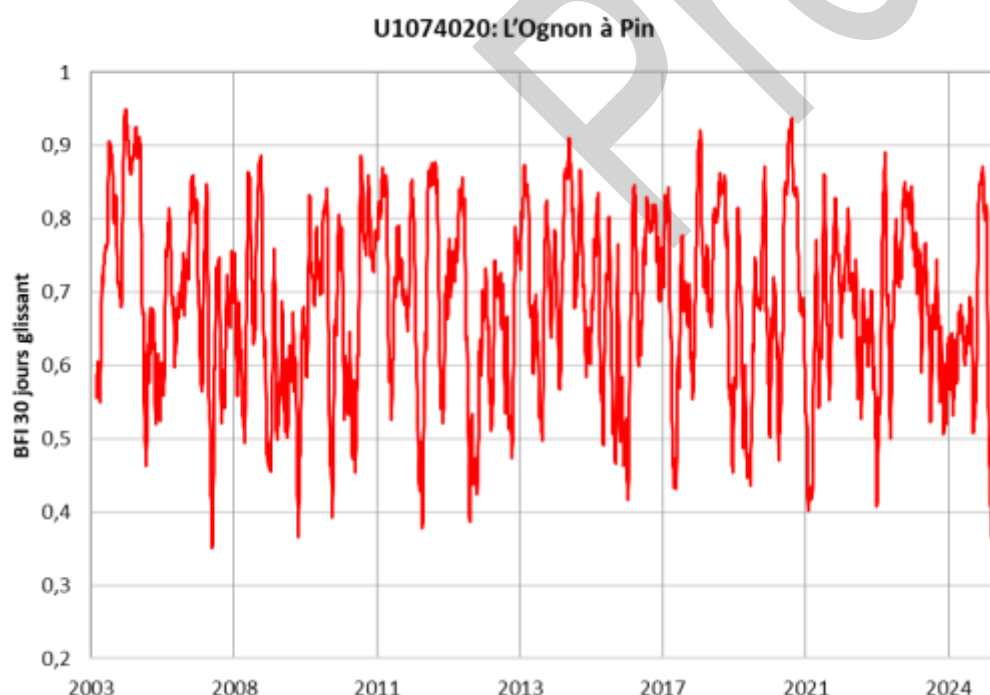


Figure 84 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit.

Le débit mesuré de l'Ognon à la station de Pin sur la période 2003-2024 montre une moyenne de 27,32 m³/s, avec une valeur minimale journalière de 0,761 m³/s et une valeur maximale journalière de 277 m³/s. Le débit de base est en moyenne de 13,77 m³/s, soit environ 50 % du débit total, ce qui indique une contribution souterraine importante et régulière au cours d'eau. La valeur de débit de base minimale journalière est proche de celle du débit mesuré (0,76 m³/s), ce qui suggère une base stable pendant les périodes d'étiage.

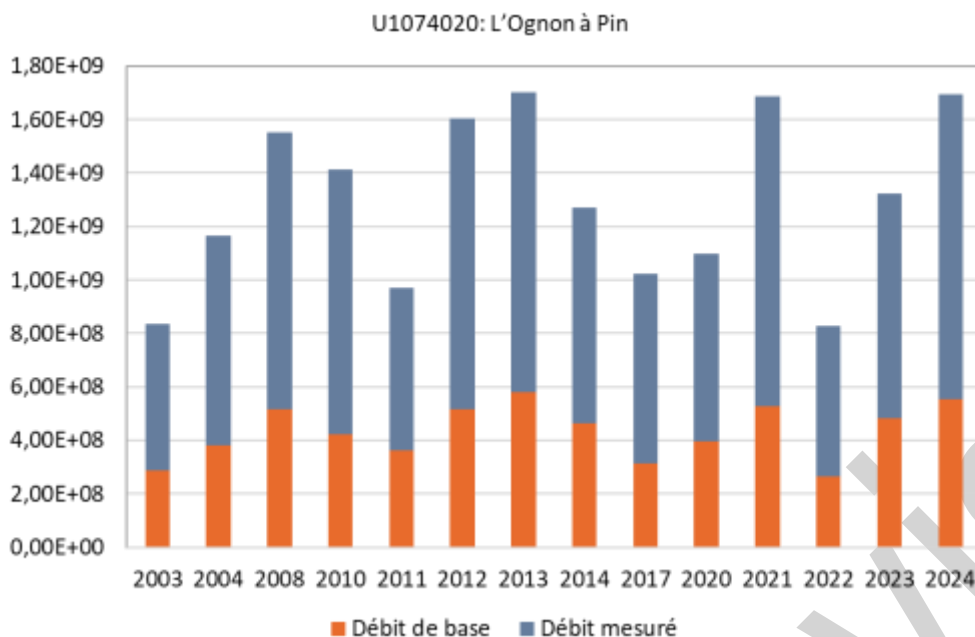


Figure 85 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1074020 (2003-2024).

Afin de mieux caractériser l'écoulement hydrologique du bassin versant étudié, le Tableau 36 présente un résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (en L/s/km²) à la station U1074020. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

	Débit de base (m³/an)	Débit de base (Mm³)
Min.	2,63E+08 (2022)	263
Max.	5,79E+08 (2013)	579
Moy.	4,33E+08	433
Écoulement moyen (L/s/km²)	8,12	

Tableau 36 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (L/s/km²) à la station U1074020.

Le débit de base annuel, à la station U1074020, varie entre un minimum de $2,63 \times 10^8$ m³ en 2022 et un maximum de $5,79 \times 10^8$ m³ en 2013, avec une moyenne annuelle de $4,33 \times 10^8$ m³ (soit 433 Mm³) (Figure 85).

8 U1084010 : L'OGNON A PESMES

La station de jaugeage U1084010 se situe sur la commune de Pesmes (70). Selon les données d'HydroPortail, l'ouvrage sert aux suivis d'étiage et à la prévision des crues. Aucune influence locale n'est renseignée. La chronique de débit est disponible depuis 1964 jusqu'à 2024. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes (**Tableau 37**) :

Débit	Moyenne (m³/s)	Min. journalier (m³/s)	Max. journalier (m³/s)
Débit mesuré	33,36	0,817	558
Débit de base	16,48	0,82	104

Tableau 37 : Résumé statistique du débit journalier mesuré et du débit de l'Ognon à Pesmes pour la période 1964-2024.

Les données de débit journalier mesuré ainsi que le débit de base déterminé sont présentées dans la Figure 86.

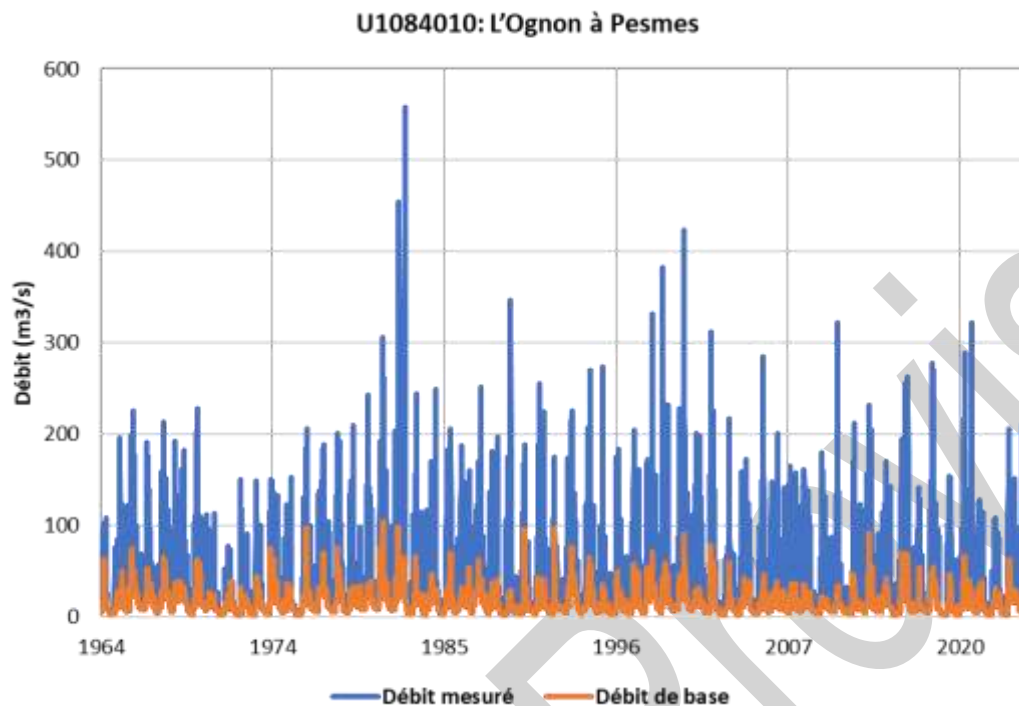


Figure 86 : Évolution du débit mesuré et du débit de base journalier de l'Ognon à Pesmes

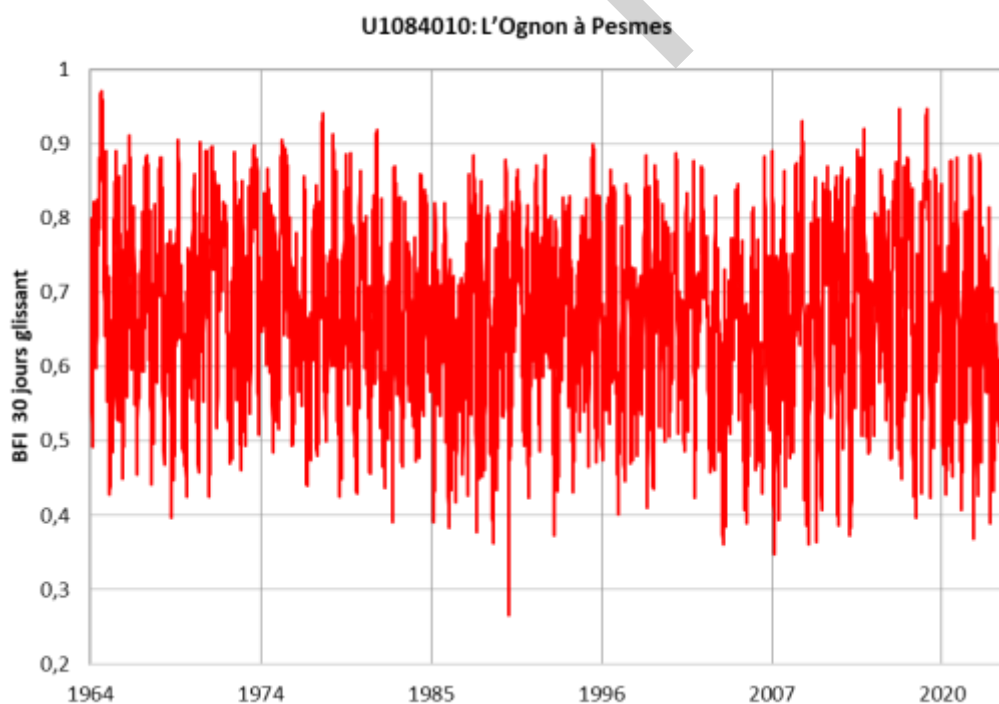


Figure 87 : Évolution du Base Flow Index (BFI) calculé à partir des données journalières de débit

Le débit journalier mesuré de l'Ognon à Pesmes sur la période 1964-2024 montre une moyenne de 33,36 m³/s, avec des valeurs extrêmes allant de 0,817 m³/s (débit journalier minimal) à 558 m³/s (débit journalier maximal), traduisant une variabilité hydrologique marquée et des épisodes de crues importantes.

Le débit de base est estimé à 16,48 m³/s en moyenne. Ses valeurs extrêmes sont de 0,82 m³/s pour le minimum journalier et 104 m³/s pour le maximum journalier.

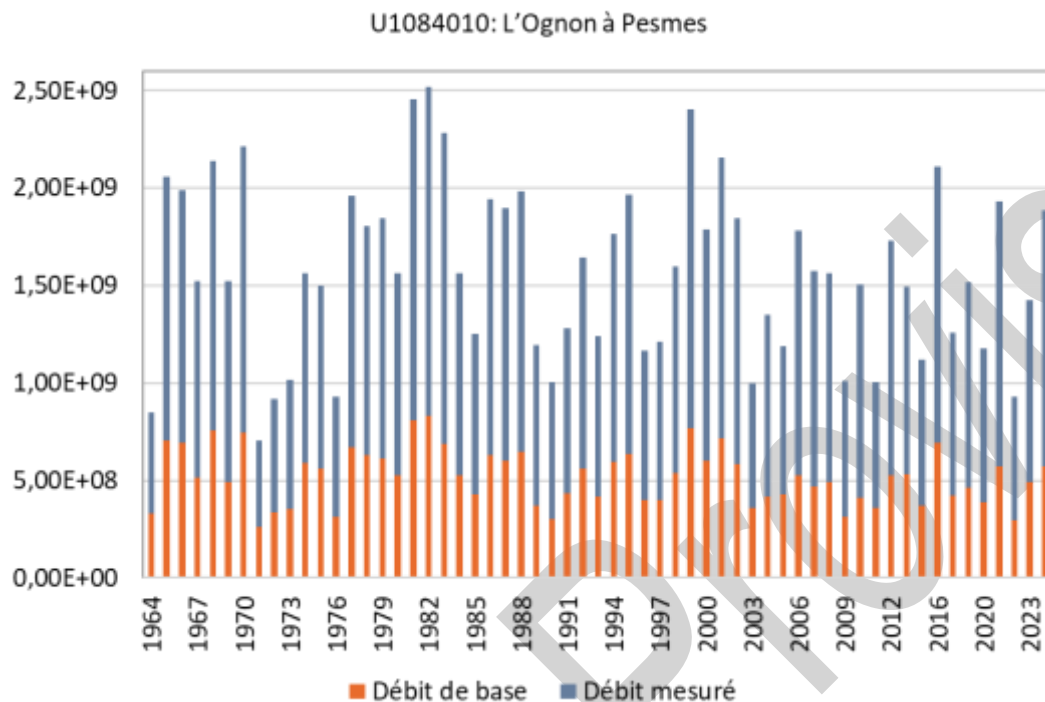


Figure 88 : Évolution annuelle du débit mesuré et de base à la station U1084010 (1964-2024)

Afin de mieux caractériser l'écoulement hydrologique du bassin versant étudié, le Tableau 38 présente un résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (en L/s/km²) à la station U1084010. Les principales caractéristiques statistiques de la chronique sont les suivantes :

	Débit de base (m³/an)	Débit de base (Mm³/an)
Min.	2,63E+08 (1971)	263
Max.	8,33E+08 (1982)	833
Moy.	5,20E+08	520
Écoulement moyen (L/s/km²)	8.01	

Tableau 38 : Résumé statistique du débit de base annuel et de l'écoulement spécifique (L/s/km²) à la station U1084010.

Le débit de base annuel à la station U1084010 varie entre un minimum de $2,63 \times 10^8$ m³/an enregistré en 1971 et un maximum de $8,33 \times 10^8$ m³/an en 1982, soit une fourchette comprise entre 263 Mm³ et 833 Mm³. La valeur moyenne annuelle est égale à $5,20 \times 10^8$ m³, soit 520 Mm³ (Figure 88).

Pour toutes les stations on remarque qu'il y a une évolution conjointe du débit journalier mesuré et du débit de base calculé. On observe que les pics de crue, correspondant aux épisodes de précipitations intenses, sont nettement marqués par le ruissèlement, tandis que la courbe de débit de base reste lissée, traduisant une réponse plus lente du réservoir souterrain.

On remarque aussi que la majorité des valeurs de BFI (Figure 66, Figure 69, Figure 72, Figure 75, Figure 78, Figure 81, Figure 84, Figure 87), qui exprime la fraction du débit total attribuable aux écoulements souterrains, varie ici entre 0,41 et 0,65, traduisant une contribution modérée à élevée des nappes. On trouve parfois des valeurs relativement élevées de BFI (proche de 1) confirmant la prédominance du rôle des aquifères dans l'alimentation de base du cours d'eau, notamment pendant les périodes d'étiage.

ANNEXE 4 RESUME DES HYPOTHESES POUR LA MODELISATION

Catégorie	Hypothèse	Commentaires
Données de pluies	Stations pluviométriques retenues selon: - localisation - données disponibles (plus de 30 ans de données, données récentes, lacunes limitées) - altitude - pluie moyenne annuelle - variabilité mensuelle des pluies - variabilité annuelle des pluies	9 stations retenues sur 31 disponibles
Données de débits	Stations hydrométriques disposant de plus de 20 ans de données récentes	8 stations retenues
Température	Station Villersexel: Position centrale sur le bassin versant	Lors de la modélisation hydrologique, le logiciel GESRES permettra de moduler ces données selon l'altitude des sous-bassins versants
Nœuds de découpage	- Stations hydrométriques - Relief - Répartition de la pluie - Au droit des principaux affluents - Principaux prélèvements	10 nœuds
ETP	Via la formule d'Oudin	Calcul automatique sur le logiciel GESRES (à partir d'une chronique de température et selon l'altitude)
Pluie par sous bassin	Découpage avec Thiessen puis ajustement pour avoir une pluie annuelle sur le sous BV semblable à la pluie sur le sous BV d'après Aurelhy	
Intégration des données hydrogéologiques	En concertation avec BE spécialisé en hydrogéologie, modification de la surface des bassins versants considérés dans le modèle pour correspondre à la surface du bassin hydrogéologique plutôt que topographique quand les précipitations et infiltrations terminent leur course dans un bassin versant voisin.	

Catégorie	Hypothèse	Commentaires
Prélèvements AEP	<p>Source : BNPE + questionnaire</p> <p>Retour questionnaires -> valeurs BNPE confirmées, quelques prélèvements en dehors du BV</p> <p>Variation mensuelle : sur les retours obtenus, variation faible -> pas de variation mensuelle retenue</p> <p>Evolution : chronique passée/future -> selon l'évolution démographique</p>	
Prélèvements agricoles	<p>Source: RGA 2020 pour le bétail</p> <p>Abreuvement : 60L/j/UGB entre octobre et mars, 120 L/j/UGB de juin à août, 90L/j/UGB pour les mois d'avril, mai et septembre</p> <p>Répartition : 20% dans le milieu pour la période de mars à octobre, négligeable les autres mois</p> <p>Bâtiments d'élevage : la consommation n'est pas prise en compte</p> <p>Evolution: tendance de diminution 2010-2020 du nombre d'UGB conservée, -5% tous les 10 ans</p>	
Prélèvements industriels	<p>Source : BNPE + questionnaire</p> <p>Variation mensuelle : les retours ne permettent pas de conclure -> pas de variation mensuelle</p> <p>Prise en compte des volumes non-déclarés (x2 volume BNPE): répartition au prorata des superficies des sous bassins versants</p> <p>Evolution : stagnation des prélèvements passés/futurs</p>	Faible variabilité mensuelle mais augmentation significative (+70% en 10 ans)
STEU	<p>Source : Agence de l'Eau</p> <p>Ratio de 0,87 appliqué entre le volume annuel AEP (connu) et le volume annuel rejeté (connu seulement en 2023) pour estimer le volume annuel rejeté chaque année, répartition par sous bassin selon les volumes rejetés en 2023</p> <p>Variation mensuelle -> courbe de variation globale utilisée</p> <p>Evolution : chronique future -> selon l'évolution démographique</p>	
Barrages	<p>Source : BNPE + analyse cartographique</p> <p>Hors Rahin, pas d'autre barrage qui dévie de l'eau dans un autre BV -> barrages au fil de l'eau non retenus</p>	Au fil de l'eau donc sans impact sur la ressource
Prise d'eau sur le Rahin pour la retenue de Champagny	<p>Source: VNF</p> <p>Données journalières d'avril 2016 à décembre 2023</p> <p>Evolution :</p> <ul style="list-style-type: none"> - passés : répartition mensuelle des volumes 2022-2024 - stagnation des rejets futurs 	<p>Données disponibles depuis 2017 et forte variabilité annuelle (de 3 à 11 Mm³)</p> <p>-> année de vidange et de remplissage non représentative, seules les années 2022, 2023 à 2024</p> <p>VNF confirme que l'ordre de grandeur des volumes prélevés sur le Rahin est de l'ordre de 7 à 9 Mm³/an</p>
Irrigation	<p>Source: BNPE</p> <p>Pas d'usage déclaré à la BNPE -> irrigation non retenue</p> <p>Evolution: augmentation des besoins en irrigation est estimée à 20% à l'horizon 2050</p>	<p>L'évaluation des surfaces irrigable sera menée à l'aide de la carte d'occupation des sols produite par le Centre d'Expertise Scientifique sur l'occupation des sols (CES OSO).</p> <p>Un volume initial de prélèvements sera arbitrairement déterminé à partir de la carte d'occupation des sols et des consommations moyennes du type de culture.</p>
Plan d'eau	<p>Source: INPE</p> <p>Prise en compte de l'évaporation lorsque $Evap = 0,75 * ETP > ETR$ sur les sous bassins versants OGN2, RAH2 et SCEY</p> <p>Evolution: Augmentation selon chroniques de températures futures appliquées dans le modèle</p>	0,6% de la surface totale du BV , plus important sur les sous bassins versants en amont

ANNEXE 5 CARTES DIAGNOSTIC DU BASSIN VERSANT

Provisoire

ANNEXE 6 FICHES CALAGE

Provisoire