

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur
le bassin versant de l'Argance

**Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du
bassin en régime influencé et désinfluencé**



CONSULTING

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

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

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé



Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Maître d'ouvrage : Etablissement public Loire

Numéro du projet : 22NHF024

Intitulé du projet : Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Intitulé du rapport : Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Version	Rédacteur	Vérificateur	Date d'envoi	Commentaires
V 1.0	Raphaël ZYLBERMAN	Max MENTHA	12/10/2023	Version initiale
V 2.0	Raphaël ZYLBERMAN	Max MENTHA	21/11/2023	Version suite aux remarques de l'EP Loire
V 3.0	Raphaël ZYLBERMAN	Max MENTHA	13/02/2024	Version révisée suite aux remarques des membres du COTECH

SOMMAIRE

1	PREAMBULE	7
1.1	Contexte de l'étude.....	7
1.2	Objectifs visés.....	8
1.3	Déroulement de la mission	9
2	DEFINITIONS PREALABLES	10
3	PERIMETRE DE L'ETUDE	23
4	ANALYSE HYDRO-CLIMATIQUE.....	24
4.1	Précipitations	24
4.2	Evapotranspiration potentielle (ETP).....	28
4.3	Analyses des précipitations nettes théoriques	32
4.4	Synthèse	34
5	ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE	35
6	ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE.....	36
6.1	Suivi hydrométrique.....	36
6.2	Réseau d'observation des écoulements	43
6.3	Analyse de la gestion de crise	48
7	RECONSTITUTION DE L'HYDROLOGIE DESINFLUENCEE	52
7.1	Objectifs et principes généraux	52
7.2	Méthodologie générale.....	52
7.3	Modèle hydrologique de calage et qualité associée	58
7.4	Rappel du bilan des usages	68
7.5	Mise en perspective des régimes influencé et désinfluencé	71
8	CONCLUSION ET PERSPECTIVE	74
9	ANNEXES.....	75
9.1	Annexe 1 : Rapport d'hydrogéologie produit par le BRGM	75

9.2	Annexe 2 : Description de la solution de modélisation employée	75
9.3	Annexe 3 : Identification et caractérisation des incertitudes.....	79
9.4	Annexe 4 : Chroniques journalières des débits simulés et mesurés	82

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Périmètre de l'étude HMUC (Source : EP Loire, IGN, DDT49, DDT72).....	23
Figure 2 : Cumul pluviométrique annuel moyen du périmètre d'étude (pointillés) par rapport à la pluviométrie de la France (Source : Normales 1991-2020 Météo France)	24
Figure 3 : Nombre moyen annuel de jours avec précipitations de plus de 1mm sur périmètre d'étude (pointillés) par rapport à la pluviométrie de la France (Source : Normales 1991-2020 Météo France)	25
Figure 4 : Evolution interannuelle des cumuls annuels de précipitations (en haut) et part des cumuls au sein des périodes de basses eaux et hors basses eaux (en bas) (Source : MétéoFrance)	26
Figure 5 : Cumuls mensuels moyens (mm) et contribution de chaque mois aux cumuls annuels moyens (%) calculés sur la période 2000-2021 (Source : MétéoFrance).....	27
Figure 6 : Nombre de jours moyen par mois avec un cumul de précipitation supérieur à 0, 5 et 10 mm entre 2000 et 2021 (Source : MétéoFrance).....	27
Figure 7 : Ecart à la référence 1961-1990 des précipitations à la station du Mans (Source : Météo France)	28
Figure 8 : Caractérisation de l'insolation (normale 1991-2010 à gauche) et des températures (normale 1981-2010 à droite) (Sources : Météo France, fond de carte IGN)	29
Figure 9 : Ecart relatif de l'ETP moyen (1991-2010) en tout point du territoire par rapport à la valeur moyennée sur l'ensemble du territoire (même période) (Source : Météo France).....	29
Figure 10 : Evolution du cumul annuel d'ETP à la station du Mans (Source : MétéoFrance)	30
Figure 11 : Evolution du cumul mensuel moyen d'ETP à la station du Mans, calculé à partir de la chronique mesurée sur la période 2000-2021 (Source : MétéoFrance).....	31
Figure 12 : Ecart à la référence 1961-1990 de l'ETP à la station du Mans (Source : Météo France)	32
Figure 13 : Evolution interannuelle des cumuls annuels de précipitations nettes (Source : MétéoFrance)	33
Figure 14 : Evolution annuelle des cumuls mensuels moyens de précipitations nettes sur la période 2000-2021 (Source : MétéoFrance)	34
Figure 15 : Localisation de la station hydrométrique de l'Argance à La Chapelle d'Aligné (M1534510)	36
Figure 16 : Débits moyens annuels entre 1993 et 2021, module calculé sur 2000-2021, pour la station de l'Argance à la Chapelle-d'Aligné (Source : HydroPortail)	39
Figure 17 : Evolution des débits minimaux entre 2000 et 2021 pour la station de l'Argance à la Chapelle-d'Aligné (Source : HydroPortail)	39
Figure 18 : Débits moyens mensuels et débits mensuel sec d'occurrence 5 ans (QMNS), calculés sur la période 2000-2021, pour la station de l'Argance à la Chapelle-d'Aligné (Source : HydroPortail)	40
Figure 19 : Répartition des débits au sein de l'année (source : HydroPortail)	41
Figure 20 : Surface drainée par commune (Source : AGRESTE)	42
Figure 21 : Localisation des stations du réseau ONDE	45
Figure 22 : Modalités d'écoulement observés (suivi usuel + suivi complémentaire) aux stations ONDE entre 2012 et 2022 dans le bassin de l'Argance et en France	46
Figure 23 : Historique des observations mensuelles entre 2017 et 2023 au niveau de la station de l'Argance à Villaines-Sous-Malcorne (Source : ONDE).....	47
Figure 24 : Zones d'alertes concernées par le bassin de l'Argance	50

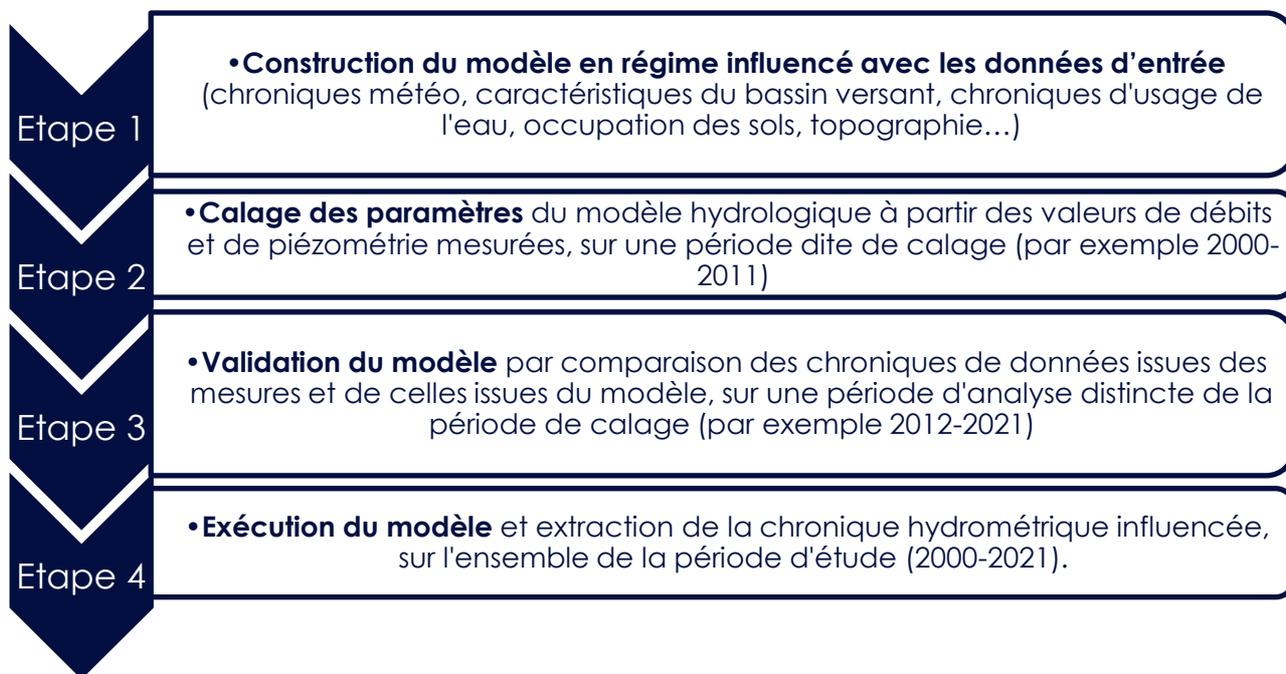


Figure 25 : Principe méthodologique de reconstitution des débits influencés	53
Figure 26 : Structure de modèle en régime influencé et illustration du principe de calage.....	54
Figure 27 : Principe méthodologique de reconstitution des débits désinfluencés	56
Figure 28 : Structure de modèle en régime désinfluencé	56
Figure 29 : Débits mensuels interannuels modélisés et observés	59
Figure 30 : Débits mensuels minimaux quinquennaux modélisés et observés	59
Figure 31 : QMNA modélisés et observés	60
Figure 32 : VCN30 modélisés et observés	60
Figure 33 : Analyse des cotes piézométrique moyennes mensuelles modélisées et observées	61
Figure 34 : Analyse des cotes piézométrique mensuelles modélisées et observées	61
Figure 35 : Débits mensuels interannuels modélisés et observés - validation	62
Figure 36 : Débits mensuels minimaux quinquennaux modélisés et observés - validation	63
Figure 37 : QMNA modélisés et observés - validation.....	63
Figure 38 : VCN30 modélisés et observés - validation.....	64
Figure 39 : Analyse des cotes piézométrique moyennes mensuelles modélisées et observées - validation.....	64
Figure 40 : Analyse des cotes piézométrique mensuelles modélisées et observées - validation.....	65
Figure 41 : Débits mensuels minimaux quinquennaux modélisés (SUEZ & BRGM) et observés	66
Figure 42 : QMNA modélisés (SUEZ & BRGM) et observés.....	66
Figure 43 : Analyse des cotes piézométrique mensuelles modélisées (SUEZ & BRGM) et observées sur les périodes 2000-2010 (en haut et 2011-2021 (en bas).....	67
Figure 44 : Débit mensuel quinquennal sec (QMN5) en situation influencée (orange) et désinfluencée (bleu)	73
Figure 45 : Illustration du grand cycle de l'eau	76
Figure 46 : Illustration des processus pris en compte par la modélisation	76
Figure 47 : Schéma conceptuel de la modélisation hydrologique. (source : BRGM)	77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Analyse hydrologique sur la période 2000-2021 (Source : HydroPortail).....	38
Tableau 2 : Seuils de gestion de crise des zones d'alertes du territoire d'étude	50
Tableau 3 : Mise en perspective, sur les années 2000-2021, du dispositif de gestion de crise en place au niveau de la station hydrométrique de la Chapelle d'Aligné	51
Tableau 4 : Métriques d'évaluation de performance pour le modèle - calage.....	58
Tableau 5 : Métriques d'évaluation de performance pour le modèle – validation	62
Tableau 6 : Bilan annuel des prélèvements et rejets d'eau actuels et sur le bassin	70
Tableau 7 : Caractérisation de l'effet des usages sur l'hydrologie d'après la comparaison des QMNA5, VCN30(5), VCN30(2) et des modules en situation influencée et désinfluencée	71
Tableau 8 : Indicateurs caractéristiques d'étiage en situation influencée et désinfluencée	72

1 PREAMBULE

1.1 Contexte de l'étude

Le **bassin versant de l'Argance**, qui est l'un des derniers affluents rive droite du Loir, s'étend sur un territoire rural partagé entre les départements de la Sarthe et du Maine-et-Loire. Une étude de *Caractérisation de l'état quantitatif du bassin versant du Loir et de détermination des volumes prélevables (2017)* a permis de rendre compte de problématiques variées rencontrées sur ce bassin versant.

Les ressources en eau présentes sont fortement sollicitées pour un principal usage : **l'irrigation**. Si les étiages de l'Argance et ses affluents peuvent être **naturellement prononcés** notamment en raison des **précipitations relativement faibles** qui s'y abattent, **les prélèvements** et **les aménagements** (drainage, plans d'eau, recalibrage, ...) **accentuent les étiages observés** sur le réseau hydrographique.

Des **tensions quantitatives** sur le bassin ont été caractérisées lors de l'étude de 2017. En effet, il ressort que l'Argance subit des **perturbations fréquentes de ses écoulements en période d'étiage**. De plus, le déficit quantitatif est avéré tant en période de basses eaux qu'en dehors de celle-ci. D'après l'étude de 2017, **l'Argance est la seule unité de gestion du Loir concernée par cette problématique sur l'intégralité du cycle hydrologique**. Pour autant, **aucune contrainte réglementaire n'empêche aujourd'hui l'autorisation de nouveaux prélèvements en période hivernale** en eaux superficielles.

Il est aujourd'hui communément admis que ces **tensions devraient s'aggraver avec le contexte de changement climatique**. Une telle situation appelle à la mise en œuvre d'une démarche d'amélioration de la gestion des ressources en eau. Cependant, l'étude menée en 2017 a mis en évidence de nombreuses lacunes et ses résultats n'ont pas pu, de ce fait, être intégrés au SAGE.

L'objectif de la présente étude est de réaliser une **analyse « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC)** qui vise à compléter et actualiser l'étude réalisée en 2017, en s'appuyant sur de **nouvelles sources de données** et d'informations, ainsi que sur des projets menés en parallèle sur le territoire, afin de combler les lacunes identifiées et aboutir, *in fine* à des **ajustements des documents du SAGE Loir pour le bassin de l'Argance**.

Le principal cadre réglementaire de la gestion quantitative est donné par le chapitre 7 du SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027, qui pose la maîtrise des prélèvements en eau comme un élément essentiel à la reconquête du bon état des cours d'eau et à la préservation des écosystèmes qui leur sont liés, dans un contexte de changement climatique. Les décrets n°2021-795 et n°2022-1078 encadrent également la réalisation d'études d'évaluation de volumes prélevables dans les milieux naturels en période basses eaux et hors période de basses eaux.

Ainsi, la gestion de la ressource en période d'étiage repose en grande partie sur la fixation d'objectifs aux points nodaux (disposition 7A-1), que ce soit pour les rivières ou les nappes souterraines, portant d'une part sur l'équilibre entre la ressource en eau et les besoins et d'autre part sur la gestion de crise.

Par ailleurs, un rôle particulier est donné dans ce chapitre aux SAGE, qui peuvent, sur la base d'une analyse HMUC propre à leur territoire, portée et validée par la Commission Locale de l'Eau (CLE), proposer des ajustements à certaines dispositions du SDAGE, en particulier :

- ❖ Ajuster les débits et/ou les niveaux d'objectifs d'étiage et définir des conditions de prélèvements mieux adaptées à leur territoire (disposition 7A-2),
- ❖ En fonction des caractéristiques hydrologiques de leur territoire, proposer au préfet de retenir une période de référence différente pour l'étiage, période qui sera prise en compte pour la délivrance des autorisations de prélèvements à l'étiage et la mise en place des mesures de gestion de crise (disposition 7B-1).

Le territoire du bassin de l'Argance est soumis à la disposition 7B-2 qui permet une augmentation limitée des prélèvements à l'étiage.

Dans un contexte de tension quantitative, la CLE a estimé nécessaire d'élargir les connaissances acquises lors de l'étude précédente. Aussi, cette nouvelle étude a pour objectifs principaux :

- ❖ D'étendre les connaissances de l'état quantitatif des eaux superficielles et souterraines sur la période 2000-2021 ;
- ❖ Proposer un débit objectif qui tiendrait compte du débit écologique à estimer et des besoins en eau pour la satisfaction des usages ;
- ❖ De disposer de données factuelles comme des volumes prélevables pour prendre en compte l'enjeu quantitatif ;
- ❖ De proposer de nouvelles règles ou dispositions dans le SAGE.

1.2 Objectifs visés

L'étude vise à améliorer l'état de connaissance et de compréhension du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique du bassin, le but étant à terme d'obtenir des règles de gestion cohérentes, mais surtout acceptables par les acteurs locaux en s'appuyant sur des choix d'indicateurs et la fixation de seuils parfaitement argumentés.

Sur la base de cette étude, la CLE devra donc être en mesure de définir des volumes prélevables et de définir les valeurs d'objectifs d'étiage. Si cela apparaît justifié, un ajustement des débits d'alerte et de crise et le renforcement des suivis existants sera également proposé.

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

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

1.3 Déroulement de la mission

L'étude se décompose en 3 phases :

- ❖ **Phase 1 : Etat des lieux / Synthèse et actualisation des éléments « HMUC »**
 - **Hydrologie** : Appréhender le fonctionnement des différents cours d'eau et nappes souterraines du périmètre, reconstitution du régime hydrologique naturel (non influencé par les actions anthropiques)
 - **Milieux** : Connaissance de l'état et analyse des besoins des milieux, identification de débits écologiques du cours d'eau
 - **Usages** : Connaître les prélèvements et rejets réalisés sur le périmètre, en leur appliquant individuellement un degré d'incertitude
 - **Climat** : Estimer dans les grandes lignes l'évolution possible des ressources et des usages du fait du changement climatique
- ❖ **Phase 2 : Croisement des quatre volets « HMUC »**
 - Connaître l'état des ressources (souterraines ou superficielles)
 - Affiner les débits seuils superficiels réglementaires proposés dans le cadre de la précédente étude
 - Définir des volumes d'eaux superficielles (ou souterraines en lien avec ces dernières) prélevables par période ;
- ❖ **Phase 3 : Proposition d'actions et d'adaptation du SAGE**
 - Répartition des volumes prélevables par usage
 - Affiner les débits seuils superficiels réglementaires proposés dans le cadre de la précédente étude
 - Disposer de recommandations pour réaliser des économies d'eau

Le présent document constitue le **rapport du volet « Hydrologie »** de l'étude H.M.U.C.

L'objectif de ce volet est de :

- ▶ Evaluer le fonctionnement hydrologique du territoire
- ▶ Evaluer l'effet des usages anthropiques de l'eau sur l'hydrosystème à l'aide d'une reconstitution de l'hydrologie désinfluencée, réalisée par modélisation hydrologique

2 DEFINITIONS PREALABLES

Le tableau suivant fournit les définitions et les acronymes associés aux différents termes techniques employés dans le présent rapport :

<u>Terme</u>	<u>Acronyme</u>	<u>Définition</u>	<u>Source</u>
Agence de l'eau Loire-Bretagne	AELB	Les agences de l'eau, établissements publics de l'État, sont les opérateurs de la politique de l'eau sur ces grands bassins. Elles définissent leur cadre d'action en fonction des spécificités de leur territoire, des orientations nationales ou engagements européens, et en tenant compte de la stratégie de l'eau et des milieux aquatiques élaborée et validée par des « parlements locaux de l'eau », appelés des comités de bassin.	lesagencesdeleau.fr
Aquifère	-	Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau et constituée de roches perméables et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation.	Actu-Environnement
Banque du Sous-Sol	BSS	La Banque de données du sous-sol (BSS) est la base nationale qui conserve toutes les données sur les ouvrages souterrains (forages, puits, sondages...) du territoire français. Actuellement, cette base met à disposition du public plus de 800 000 descriptions d'ouvrages souterrains.	data.gouv.fr
Base de Donnée des Limites des Systèmes Aquifères	BD LISA	La BDLISA (Base de Donnée des Limites des Systèmes Aquifères) est un référentiel cartographique du Système d'Information sur l'Eau. Cette base de données classe le sous-sol en entités hydrogéologiques qui sont décrites selon différentes propriétés : aquifère ou imperméable, écoulements libres ou captifs, milieu poreux, fracturé, karstique...	EauFrance
Base de données Ortho	BD ORTHO	La BD ORTHO® est une collection orthophotographies produite par défaut à une résolution de 20 cm, en couleurs et en infra-rouge couleur.	Géoservices
Base de données TOPAGE	BD TOPAGE	Référentiel hydrographique Français	EauFrance

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Bassin versant	BV	Le bassin versant est un territoire géographique bien défini : il correspond à l'ensemble de la surface recevant les eaux qui circulent naturellement vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine.	OFB
Besoin en eau unitaire théorique	BUT	Quantité d'eau requise par les plantes (en addition de l'eau disponible naturellement) pour assurer leur développement optimal	SUEZ Consulting
Chambre d'Agriculture	CA	Les Chambres d'agriculture, créées en 1924, sont des établissements publics dirigés par des élus. Elles représentent l'ensemble des acteurs du monde agricole, rural et forestier : exploitants, propriétaires, salariés, groupements professionnels... Le réseau des Chambres d'agriculture est investi de 3 missions, issues du Code rural et amendées par Loi d'avenir de l'agriculture du 13 octobre 2014 : Contribuer à l'amélioration de la performance économique, sociale et environnementale des exploitations agricoles et de leurs filières. Accompagner dans les territoires, la démarche entrepreneuriale et responsable des agriculteurs ainsi que la création d'entreprise et le développement de l'emploi. Assurer une fonction de représentation auprès des pouvoirs publics et des collectivités territoriales.	chambres-agriculture.fr
Communauté de Commune	CC	Une communauté de communes est une catégorie d'établissement public de coopération communale (EPCI) à fiscalité propre créée en 1992. Elle regroupe généralement plusieurs communes sur un territoire d'un seul tenant et sans enclave. Elle exerce des compétences sur ce territoire à la place des communes dans des domaines comme l'aménagement de l'espace, le développement économique, ou encore la gestion des déchets.	vie-publique.fr
Débit	Q	Le débit représente un volume d'eau écoulé par unité de temps, généralement exprimé en m ³ /s.	Actu-Environnement

Débit biologique	DB	<p>Le débit biologique est, sur un cours d'eau donné et pour une période où une situation hydrologique donnée (par exemple la période d'étiage), le débit en dessous duquel les conditions permettant de garantir la vie, la circulation et la reproduction des espèces y vivant (macrophytes, poissons, macro invertébrés, ...) ne sont pas respectées. Ainsi, pour un cours d'eau donné, il est possible de définir différents débits biologiques selon la période considérée, afin de refléter le besoin de fluctuation de débits exprimé par le milieu. Dans le cadre des études HMUC, le débit biologique a pour objectif de servir de base (non exclusive) à la détermination du débit objectif d'étiage (DOE). Le débit biologique n'est pas défini par une seule valeur, mais par une gamme comprise entre deux valeurs. Il s'agit de la gamme de débits marquant une transition, pour la période estivale uniquement, entre une configuration favorable au bon développement des milieux (marge haute de la gamme), et une configuration de mise en péril de ces derniers (marge basse de la gamme). En cohérence avec l'article L214-18, la limite basse de fixation de la gamme de débits biologiques correspond à un niveau de débit garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces aquatiques.</p>	Gesteau
Débit de base	-	<p>Le débit de base est une partie du débit fluvial qui n'est pas directement générée par les précipitations excessives. Il s'agit du débit qui existerait dans le cours d'eau sans la contribution du ruissellement direct des précipitations. Le niveau d'eau le plus bas correspond à l'étiage. Le débit de base est la contribution du débit des eaux souterraines qui alimente de nombreuses rivières pérennes.</p>	Aquaportail
Débit de crise	DCR	<p>Le DCR est le débit moyen journalier en dessous duquel seules les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population et les besoins des milieux naturels peuvent être satisfaits. Il s'agit d'une valeur opérationnelle suivie au quotidien. À ce niveau, toutes les mesures de restriction des prélèvements et des rejets doivent donc avoir été mises en œuvre. (Source : II de l'article 6 de l'arrêté ministériel du 17 mars 2006 relatif au contenu des Sdage, www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000609821).</p>	SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Débit d'étiage quinquennal	QMNA5	<p>Le QMNA5 correspond au débit moyen mensuel minimum de période de retour 5 ans, c'est-à-dire ayant une chance sur cinq de ne pas être dépassé pour une année donnée. Le QMNA5 est également mentionné dans la circulaire du 3 août 2010 du ministère en charge de l'écologie (NOR : DEVO1020916C) : « Le débit de l'année quinquennale sèche correspond, en se référant aux débits des périodes de sécheresse constatés les années précédentes, à la valeur la plus faible qui risque d'être atteinte une année sur cinq. La probabilité d'avoir un débit supérieur à cette valeur est donc de quatre années sur cinq ». Le QMNA5, dont on peut considérer qu'il reflète indirectement un potentiel de dilution et un débit d'étiage typiques d'une année sèche, est utilisé dans le traitement des dossiers de rejet et de prélèvement en eau en fonction de la sensibilité des milieux concernés. Le QMNA5 sert en particulier de référence aux débits objectifs d'étiage (DOE - voir ce terme). Le QMNA5 est une valeur réglementaire qui présente l'inconvénient d'être soumise à l'échelle calendaire. Les débits d'étiage peuvent en effet être observés durant une période chevauchant deux mois, induisant une surestimation du débit d'étiage par le QMNA. Pour cette raison, même si le QMNA5 reste une valeur réglementaire, l'évaluation des niveaux de débit en période d'étiage s'appuie préférentiellement sur des données journalières.</p>	SUEZ Consulting
Débit écologique	DE	<p>Le débit écologique intègre au débit "biologique" les objectifs supplémentaires de bon état des eaux (physico-chimie...)</p>	SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027
Débit mensuel interannuel quinquennal sec	QMNS	<p>Le débit mensuel interannuel quinquennal sec correspond pour un mois considéré, au débit mensuel qui a une probabilité de 4/5 d'être dépassé chaque année. Il permet de caractériser un mois calendaire de faible hydraulité.</p>	SUEZ Consulting

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Débit minimum de l'année calculé sur d jours consécutifs	VCNd	<p>Les VCNd sont des valeurs extraites annuellement en fonction d'une durée fixée « d ».</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le VCN3 permet de caractériser une situation d'étiage sévère sur une courte période (3 jours). - Les VCN7 et VCN10 correspondent à des valeurs réglementaires dans de nombreux pays et sont très utilisés d'une manière générale dans les travaux portant sur les étiages. <p>Nota : Il est intéressant de comparer le QMNA au VCN30. Le VCN30 correspond à la moyenne mobile la plus faible de l'année calculée sur 30 jours consécutifs, car il se rapproche en termes de durée de l'échelle mensuelle. Ces deux grandeurs devraient être proches, mais dans certains contextes des écarts importants peuvent apparaître, notamment lors d'années pluvieuses et dans le cas de bassins imperméables qui ont une réponse rapide aux impulsions pluviométriques.</p>	SUEZ Consulting
Débit moyen mensuel	QMM	Moyenne, pour un mois donné, des débits moyens journaliers.	Glossaire Eau
Débit moyen mensuel minimum de l'année	QMNA	Il s'agit de la variable usuellement employée par les services gestionnaires pour caractériser les étiages d'un cours d'eau. Il s'agit, pour une année donnée, du débit moyen mensuel (= moyenne des débits journaliers sur un mois) le plus bas de l'année.	SUEZ Consulting

	<p>Valeur de débit moyen mensuel au point nodal (point clé de gestion) au-dessus de laquelle, il est considéré qu'à l'aval du point nodal, l'ensemble des usages (activités, prélèvements, rejet...) est en équilibre avec le bon fonctionnement du milieu aquatique. C'est un objectif structurel, arrêté dans les Sdage, Sage et documents équivalents, qui prend en compte le développement des usages à un certain horizon. Il peut être affecté d'une marge de tolérance et modulé dans l'année en fonction du régime (saisonnalité). L'objectif DOE est atteint par la maîtrise des autorisations de prélèvements en amont, par la mobilisation de ressources nouvelles et des programmes d'économies d'eau portant sur l'amont et aussi par un meilleur fonctionnement de l'hydrosystème.</p> <p>Le DOE est un débit moyen mensuel d'étiage au-dessus duquel il est considéré que, dans la zone d'influence du point nodal, l'ensemble des usages est possible en équilibre avec le bon fonctionnement du milieu aquatique. Défini par référence au débit moyen mensuel minimal de fréquence quinquennale sèche (QMNA5), il permet de fixer un objectif stratégique, qui est de respecter cette valeur en moyenne huit années sur dix ; le respect de ce débit conçu sur une base mensuelle s'apprécie sur cette même base temporelle. Ainsi, sa première fonction est de servir de référence aux services de police des eaux, dans l'instruction des autorisations et déclarations ; en revanche, la notion ne permet pas d'utilisation au quotidien (ce qui est rôle de la gestion de crise). Dans le Sdage Loire-Bretagne, le DOE est défini par référence au débit moyen mensuel minimal de fréquence quinquennale sèche (QMNA5).</p> <p>La connaissance des valeurs naturelles (avant influences anthropiques) de ce débit n'est actuellement que très partielle et insuffisamment homogène : le choix est donc fait de prendre comme référence générale les valeurs mesurées, représentatives de l'ensemble des influences anthropiques actuelles. La détermination des valeurs caractéristiques naturelles au sein des analyses HMUC (hydrologie, milieux, usages, climat) constitue un éclairage indispensable à toute analyse du fonctionnement de la zone considérée, et pourra contribuer à consolider ou préciser la valeur à fixer aux différents seuils, dont les DOE.</p>	<p>Glossaire Eau</p> <p>SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027</p>
Débit objectif d'étiage	DOE	
Débit ruisselé	-	Le débit ruisselé est, au sein du débit total d'un cours d'eau, la part complémentaire au débit de base

SUEZ Consulting

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Débit seuil d'alerte	DSA	<p>À l'échelle du bassin Loire-Bretagne, le DSA est un débit moyen journalier en dessous duquel une des activités utilisatrices d'eau ou une des fonctions du cours d'eau est compromise. Le DSA est donc un seuil de déclenchement de mesures correctives. La fixation de ce seuil tient également compte de l'évolution naturelle des débits et de la nécessaire progressivité des mesures pour ne pas atteindre le DCR. Le DSA constitue, en tant que seuil d'alerte, un seuil de déclenchement de restrictions et de mesures associées, en référence à l'Instruction du 27 juillet 2021 (NOR: TREL2119797J) relative à la gestion des situations de crise liées à la sécheresse hydrologique</p>	SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027
Direction Départementale des Territoires	DDT	<p>Les directions départementales des territoires (et de la mer) sont le relai des DREAL pour le déploiement de la politique du ministère. Les DDT veillent au développement équilibré et durable des territoires, tant urbains que ruraux, par le biais des politiques agricole, d'urbanisme, de construction, d'aménagement et de transport.</p>	Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires Ministère de la Transition Energétique
Directive Cadre sur l'Eau	DCE	<p>Ce texte définit la notion de « bon état des eaux », vers lequel doivent tendre tous les États membres, dont la France.</p> <p>La DCE poursuit plusieurs objectifs : la non-dégradation des ressources et des milieux ; le bon état des masses d'eau, sauf dérogation motivée ; la réduction des pollutions liées aux substances ; le respect de normes dans les zones protégées.</p>	Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires Ministère de la Transition Energétique
Etablissements publics de coopération intercommunale	EPCI	<p>Les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) sont des structures administratives permettant à plusieurs communes d'exercer des compétences en commun.</p> <p>Ils sont soumis à des règles communes, homogènes et comparables à celles de collectivités locales. Les communautés urbaines, communautés d'agglomération, communautés de communes, syndicats d'agglomération nouvelle, syndicats de communes et les syndicats mixtes sont des EPCI.</p>	INSEE
Evapotranspiration potentielle	ETP	<p>Une 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</p>	Aquaportail

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

pendant le temps considéré. Elle s'exprime en hauteur d'eau.

Exutoire	-	Les exutoires hydrologiques sont des passages par lesquels s'écoule le débit sortant d'un réservoir ou d'un cours d'eau, comme un estuaire.	Aquaportail
Gestion conjoncturelle ou de crise	-	La gestion conjoncturelle ou gestion de crise s'intéresse à des déséquilibres ponctuels (période de sécheresse). Elle vise à définir des seuils de surveillance du milieu et à prendre les mesures nécessaires pour anticiper leur franchissement. ²	SUEZ Consulting
Gestion structurelle	-	La gestion structurelle regroupe toutes les initiatives permettant de restaurer l'équilibre durable entre besoins et ressources. Il s'agit de limiter les pressions de prélèvement, à travers notamment le respect de volumes prélevables et l'encadrement des prélèvements. L'équilibre structurel de la ressource s'observe à travers les indicateurs de Débit et de Piézométrie Objectif d'Etiage (DOE, POE)	SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027
Hydrogéologie	-	L'hydrogéologie est la science des eaux souterraines. Cette science étudie les interactions entre les structures géologiques du sous-sol (nature et structures des roches, des sols) et les eaux souterraines ainsi que les eaux de surface.	Futura Sciences
Hydrogramme	-	Un hydrogramme est une courbe graphique représentative du débit d'un cours d'eau en fonction du temps, montrant une représentation, graphique ou non, de la variation temporelle des débits.	Aquaportail
Hydrographie	-	Branche de la géographie ayant pour objet l'étude et la description des mers, des lacs et des cours d'eau présents à la surface du globe. Dans le cadre de la présente étude, on s'intéresse en particulier au tracé des cours d'eau	cnrtl
Hydrologie	-	L'hydrologie est l'étude du mouvement, de la distribution, et la qualité de l'eau sur Terre et d'autres planètes du point de vue hydrologique, y compris le cycle hydrologique, les ressources en eau et le développement durable du bassin versant de l'environnement.	Aquaportail
Hydrologie influencée et désinfluencée	-	L'hydrologie influencée correspond à l'hydrologie observée aujourd'hui, influencée par l'activité anthropique. L'hydrologie désinfluencée correspond à celle qui serait observée en l'absence de prélèvements et rejets anthropiques d'eau.	SUEZ Consulting

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Hydrosystème	-	Un hydrosystème est composé d'eau et de tous les milieux aquatiques associés dans un secteur géographique délimité, notamment un bassin versant. Le concept d'hydrosystème insiste sur la notion de biosystème et sur son fonctionnement hydraulique et biologique qui peuvent être modifiés par les actions de l'homme.	Aquaportail
Institut national de la statistique et des études économiques	INSEE	L'Institut national de la statistique et des études économiques collecte, produit, analyse et diffuse des informations sur l'économie et la société françaises	INSEE
LoiEau	LoiEau	La base de données Web LoiEau fournit des chroniques hydrologiques simulées de 1958 à 2018 au pas de temps journalier, à partir desquelles de multiples indicateurs hydrologiques sont extraits, permettant de caractériser la ressource en eau dans son ensemble (étiage, saisonnalité, bilan).	La Houille Blanche
Masse d'eau	ME	Portion de cours d'eau, canal, aquifère, plan d'eau ou zone côtière homogène. Il s'agit d'un découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE.	EauFrance
Masse d'Eau Souterraine	MESOU	Une masse d'eau souterraine est un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères.	EauFrance
Masse d'Eau Superficielle	MESU	Une masse d'eau de surface est une partie distincte et significative des eaux de surface, telles qu'un lac, un réservoir, une rivière, un fleuve ou un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, une eau de transition ou une portion d'eaux côtières. Pour les cours d'eau la délimitation des masses d'eau est basée principalement sur la taille du cours d'eau et la notion d'hydro-écorage. Les masses d'eau sont regroupées en types homogènes qui servent de base à la définition de la notion de bon état.	EauFrance
Modélisation hydrologique	-	Un modèle hydrologique, ou modèle pluie-débit, est un outil numérique de représentation de la relation pluie-débit à l'échelle d'un bassin versant. Il permet de transformer des séries temporelles décrivant le climat d'un bassin versant donné (séries de précipitations et de températures par exemple, séries qui sont les entrées du modèle hydrologique) en une série de débits (sortie du modèle hydrologique).	Wikipédia

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Module	-	<p>Débit moyen interannuel</p> <p>Le module est la moyenne des débits moyens annuels calculés sur une année hydrologique et sur l'ensemble de la période d'observation de la station. Ce débit donne une indication sur le volume annuel moyen écoulé et donc sur la disponibilité globale de la ressource d'un bassin versant. Il doit être calculé sur une période d'observations suffisamment longue pour être représentative des débits mesurés ou reconstitués.</p> <p>Il a valeur de référence réglementaire, notamment dans le cadre de l'article L214-18 du code de l'environnement et de sa circulaire d'application du 5 juillet 2011 fixant au dixième du module désinfluencé la valeur plancher du débit à laisser en aval d'un ouvrage dans le lit d'un cours d'eau.</p>	OFB
Nappe d'accompagnement	-	<p>Nappe d'eau souterraine voisine d'un cours d'eau dont les propriétés hydrauliques sont très liées à celles du cours d'eau. L'exploitation d'une telle nappe induit une diminution du débit d'étiage du cours d'eau, soit parce que la nappe apporte moins d'eau au cours d'eau, soit parce que le cours d'eau se met à alimenter la nappe (Source : Glossaire Eau et Biodiversité) ; Les nappes d'accompagnement sont des nappes libres en lien très étroit avec les cours et s'articule ainsi le long de ces derniers.</p>	EauFrance
Nash (coefficient)	-	<p>Le coefficient de Nash est une mesure de la capacité d'un modèle à reproduire de manière adéquate la variabilité temporelle des données observées. Il varie de moins l'infini à 1. Un coefficient de Nash égal à 1 indique une concordance parfaite entre les prédictions du modèle et les observations, ce qui signifie que le modèle reproduit exactement la variabilité des données observées. Un coefficient de Nash de 0 ou négatif indique que le modèle est aussi performant que la moyenne des observations, voire moins bien.</p>	SUEZ Consulting
Période de basses eaux	BE	<p>La période de basses eaux est la période de l'année pendant laquelle le débit des cours d'eau atteint ses valeurs les plus faibles. Cette période est prise en compte par le préfet pour délivrer les autorisations de prélèvement en période de basses eaux et pour mettre en place des mesures de gestion de crise (orientation 7E). En Loire-Bretagne, la période de basses eaux conjuguant sensibilité pour les milieux aquatiques et impact accru des prélèvements s'étend du 1er avril au 31 octobre.</p> <p>La CLE peut, suite à une analyse HMUC, proposer au préfet de retenir une période de basses eaux différente. Elle ne peut pas être inférieure à une durée de 7 mois. La période hors période de basses eaux, définie comme étant le pendant de la période de basses eaux, est également modifiée en conséquence.</p>	SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argence

Période d'étiage	-	L'étiage d'un cours d'eau, c'est la période de l'année pendant laquelle les niveaux d'eau sont les plus bas.	Les Agences de l'Eau
Période hors basses eaux	HBE	Période de l'année pendant laquelle les valeurs les plus hautes des débits des cours d'eau, sont observées. Elle est définie aux dispositions 7B-1 et 7D-3 du Sdage. Elle s'étend du 1er novembre au 31 mars. C'est au cours de cette dernière que sont autorisés les prélèvements visant à alimenter les réserves de substitution. Cette période est complémentaire de la période de basses eaux.	SDAGE Loire-Bretagne 2022-2027
Piézométrie objective d'Etiage	POE	Par analogie au DOE, à l'échelle du bassin et en référence au II de l'article 6 de l'arrêté modifié du 17 mars 2006 relatif au contenu des Sdage, le POE (piézométrie d'objectif d'étiage) est le niveau piézométrique (niveau de l'aquifère) « permettant de satisfaire l'ensemble des usages en moyenne huit années sur dix et d'atteindre le bon état des eaux ».	Article 6 de l'arrêté modifié du 17 mars 2006 relatif au contenu des Sdage
Point nodal	-	Point clé pour la gestion des eaux défini en général à l'aval des unités de références hydrographiques pour les Schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) et/ou à l'intérieur de ces unités dont les contours peuvent être déterminés par les Schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). A ces points peuvent être définies en fonction des objectifs généraux retenus pour l'unité, des valeurs repères de débit et de qualité. Leur localisation s'appuie sur des critères de cohérence hydrographique, écosystémique, hydrogéologique et socio-économique	Glossaire eau
Prélèvement net	-	Le prélèvement net correspond à la soustraction des rejets aux prélèvements, sur un territoire donné. Il permet de rendre compte de la quantité d'eau réellement soustraite à un bassin versant, au niveau de son exutoire.	SUEZ Consulting
Projet de territoire pour la gestion de l'eau	PTGE	Un PTGE est une démarche reposant sur une approche globale et coconstruite de la ressource en eau sur un périmètre cohérent d'un point de vue hydrologique ou hydrogéologique. Il aboutit à un engagement de l'ensemble des usagers d'un territoire (eau potable, agriculture, industries, navigation, énergie, pêche, usages récréatifs, etc.) permettant d'atteindre, dans la durée, un équilibre entre besoins et ressources disponibles en respectant la bonne fonctionnalité des milieux aquatiques, en anticipant le changement climatique et en s'y adaptant. Il s'agit de mobiliser à l'échelle du territoire des solutions privilégiant les synergies entre les bénéfiques socio-économiques et les externalités positives environnementales, dans une perspective de développement durable du territoire. Le PTGE doit intégrer l'enjeu de préservation de la qualité des eaux (réductions des pollutions diffuses et ponctuelles).	Guide d'élaboration et de mise en œuvre des Projets de Territoire pour la Gestion de l'Eau

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Rang de Strahler	-	Rang d'un cours d'eau déterminé d'après la méthode de Strahler, méthode communément retenue car simple à mettre en oeuvre. Dans cette méthode, les cours d'eau issus d'une source sont notés de rang 1, puis chaque fois que deux tronçons de même ordre confluent, ils forment un tronçon d'ordre supérieur, tandis qu'un cours d'eau qui reçoit un affluent d'ordre inférieur conserve le même ordre.	Glossaire Eau
Réserve utile du Sol	R ou RU	La réserve utile (RU) correspond à la fraction de la réserve qui est exploitable par la plante, c'est-à-dire la fraction accessible par les racines et absorbable par leur succion.	INRAE
Réserve utile maximale du Sol	RUmax	Valeur maximale atteignable de la réserve utile dans un sol donné	SUEZ Consulting
Résurgence	-	En hydrographie, une résurgence consiste en l'apparition des eaux en surface au terme d'une circulation entièrement souterraine dans le karst ; elle est une réapparition à l'air libre, au terme de son parcours souterrain, d'un écoulement de surface qui avait disparu en amont.	Aquaportail
Retenue	-	Une retenue d'eau est un plan d'eau confiné dans une enceinte, comme un réservoir. Elle est un lac, un étang ou un plan d'eau réservoir, créé artificiellement par la construction d'un barrage, digue, vanne ou autre type de barrière. La retenue d'eau est une étendue d'eau formée par accumulation, par exemple en amont d'un barrage.	Aquaportail
Racine de l'écart quadratique moyen	RMSE	La RMSE donne une idée de la distance moyenne entre les prédictions d'un modèle et les valeurs réelles. Plus la RMSE est petite, meilleure est la performance du modèle, car cela signifie que les prédictions sont en moyenne plus proches des valeurs réelles.	SUEZ Consulting
SCAN25	SCAN25	Le produit SCAN 25® est une collection d'images cartographiques numériques en couleurs, issue du fonds cartographique au 1 : 25 000 Type 2010.	Géoservices
Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux	SAGE	Le schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) est un outil de planification, institué par la loi sur l'eau de 1992, visant la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Déclinaison du SDAGE à une échelle plus locale, il vise à concilier la satisfaction et le développement des différents usages (eau potable, industrie, agriculture, ...) et la protection des milieux aquatiques, en tenant compte des spécificités d'un territoire. Délimité selon des critères naturels, il concerne un bassin versant hydrographique ou une nappe. Il repose sur une démarche volontaire de concertation avec les acteurs locaux.	Gesteau

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argence

Surévaporation	-	Sur-évaporation d'un plan d'eau = Evaporation du plan d'eau – Evapotranspiration d'une surface naturelle équivalente	SUEZ Consulting
Surface Pondérée Utile	SPU	Il s'agit d'un indicateur de la qualité de l'habitat hydraulique d'un cours d'eau en fonction du débit. Il permet d'évaluer, pour une espèce cible ou une guilda cible donnée et à un débit donné, la surface disponible au sein de laquelle les paramètres déterminants pour son habitat (hauteur et vitesse d'écoulement, granulométrie) sont respectés.	SUEZ Consulting
Volume potentiellement mobilisable	VPM	Pour désigner le volume qui peut être mobilisé dans le milieu naturel par l'ensemble des usages au sens large, qu'ils soient réglementés ou non, on parlera de volume potentiellement mobilisable. Pour obtenir le volume prélevable, on passe par le calcul de deux métriques préalables ; le volume potentiellement mobilisable net (VPM net) et le volume potentiellement mobilisable brut (VPM brut) : - Le VPM net est le volume obtenu par soustraction du DOE à l'hydrologie désinfluencée ; - Le VPM brut est obtenu par addition des rejets moyens au VPM net.	SUEZ Consulting
Volumes prélevables	VP	Dans les bassins ciblés par la stratégie visée au II de l'article R. 213-14, on entend par volume prélevable, le volume maximum que les prélèvements directs dans la ressource en période de basses eaux, autorisés ou déclarés tous usages confondus, doivent respecter en vue du retour à l'équilibre quantitatif à une échéance compatible avec les objectifs environnementaux du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux. Ce volume prélevable correspond au volume pouvant statistiquement être prélevé huit années sur dix en période de basses eaux dans le milieu naturel aux fins d'usages anthropiques, en respectant le bon fonctionnement des milieux aquatiques dépendant de cette ressource et les objectifs environnementaux du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux. Il est issu d'une évaluation statistique des besoins minimaux des milieux sur la période de basses eaux. Il est réparti entre les usages, en tenant compte des enjeux environnementaux, économiques et sociaux, et dans les conditions définies au II de l'article R. 213-14.	Article R211-21-1 du Code de l'Environnement
Zone de Répartition des Eaux	ZRE	Zone comprenant les bassins, sous-bassins, fractions de sous-bassins hydrographiques et systèmes aquifères définis dans le décret du 29 avril 1994. Les zones de répartition des eaux (ZRE) sont des zones où est constatée une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins. Elles sont définies afin de faciliter la conciliation des intérêts des différents utilisateurs de l'eau. Les seuils d'autorisation et de déclaration du décret nomenclature y sont plus contraignants.	Glossaire Eau

3 PERIMETRE DE L'ETUDE

La masse d'eau de l'Argance concerne 19,7 km de linéaire de cours d'eau principal pour 80 km² de bassin versant. Ce dernier s'étend sur un territoire rural partagé respectivement à 72% et 28% entre les départements de la Sarthe et du Maine-et-Loire. Un total de 6 communes compose le territoire d'étude.

Le cours d'eau est un affluent direct du Loir et termine sa course au niveau de la commune de Durtal. Le relief du bassin est très peu marqué entre la source du cours d'eau et son exutoire dans le Loir.

Le bassin versant dispose d'une station hydrométrique, en service depuis 1992, située sur la commune de la Chapelle d'Aligné, à la frontière entre les départements de la Sarthe et du Maine-et-Loire. Le bassin est également équipé d'une station de suivi des niveaux de nappes au droit de la commune de Villaines-sous-Malicorne.

La carte ci-dessous présente le périmètre d'étude.

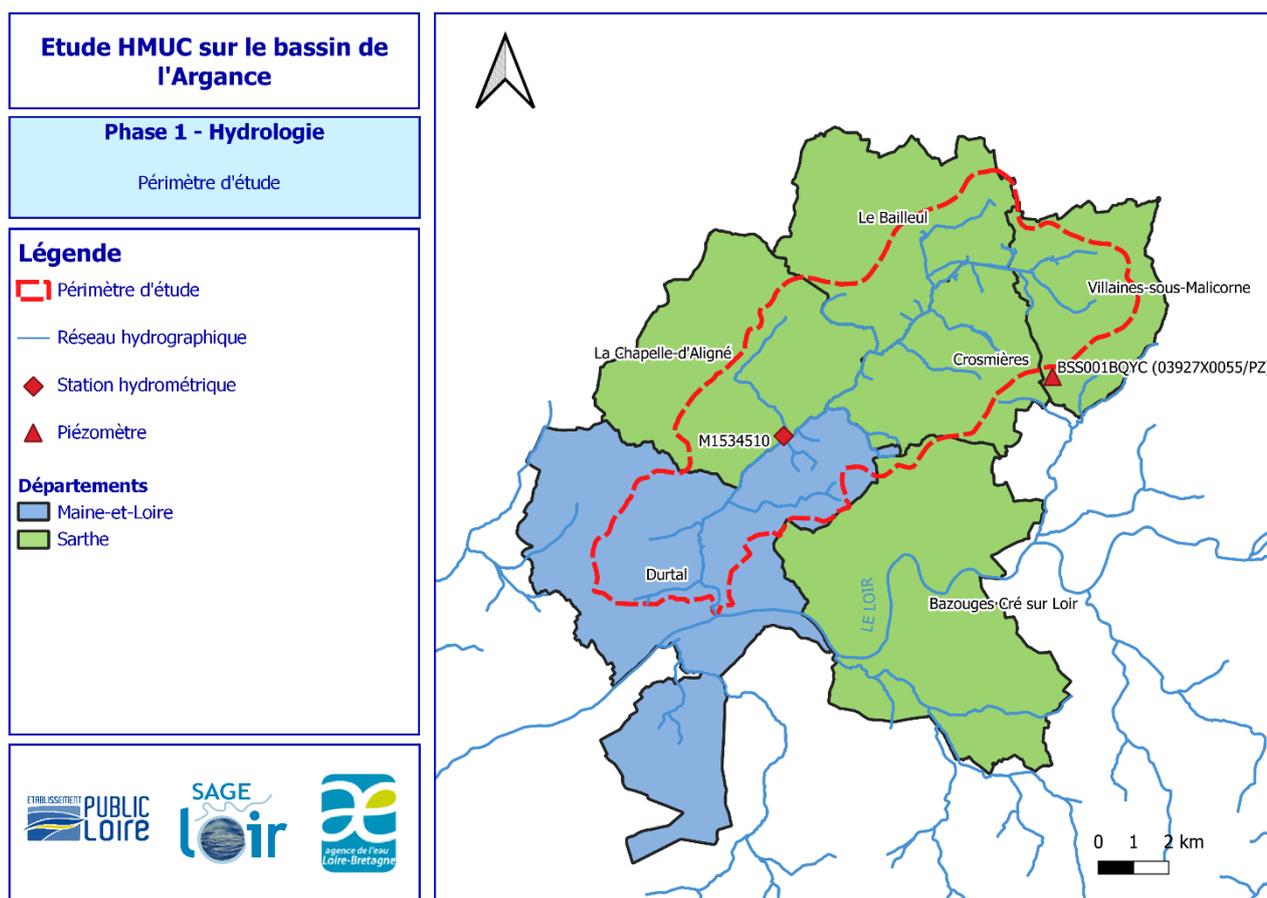


Figure 1 : Périmètre de l'étude HMUC (Source : EP Loire, IGN, DDT49, DDT72)

4 ANALYSE HYDRO-CLIMATIQUE

4.1 Précipitations

Les données pluviométriques utilisées dans le cadre de cette étude HMUC sont les mesures réalisées à la station météorologique de Sablé-sur-Sarthe. Cette station est retenue pour sa proximité avec le bassin de l'Argance et pour le recouvrement total de sa chronique de mesure avec la période étudiée (2000-2021).

4.1.1 Précipitations du territoire d'étude par rapport au territoire national

Les cartes suivantes permettent de mettre en perspective le bassin de l'Argance avec la France métropolitaine. On peut observer que les cumuls moyens de précipitations du territoire sont légèrement faibles par rapport aux normales 1981-2010 (cf. Figure 2). On note toutefois que le nombre de jours de pluie du territoire (Cf. Figure 3) est moyen une fois comparé à l'ensemble de la métropole.

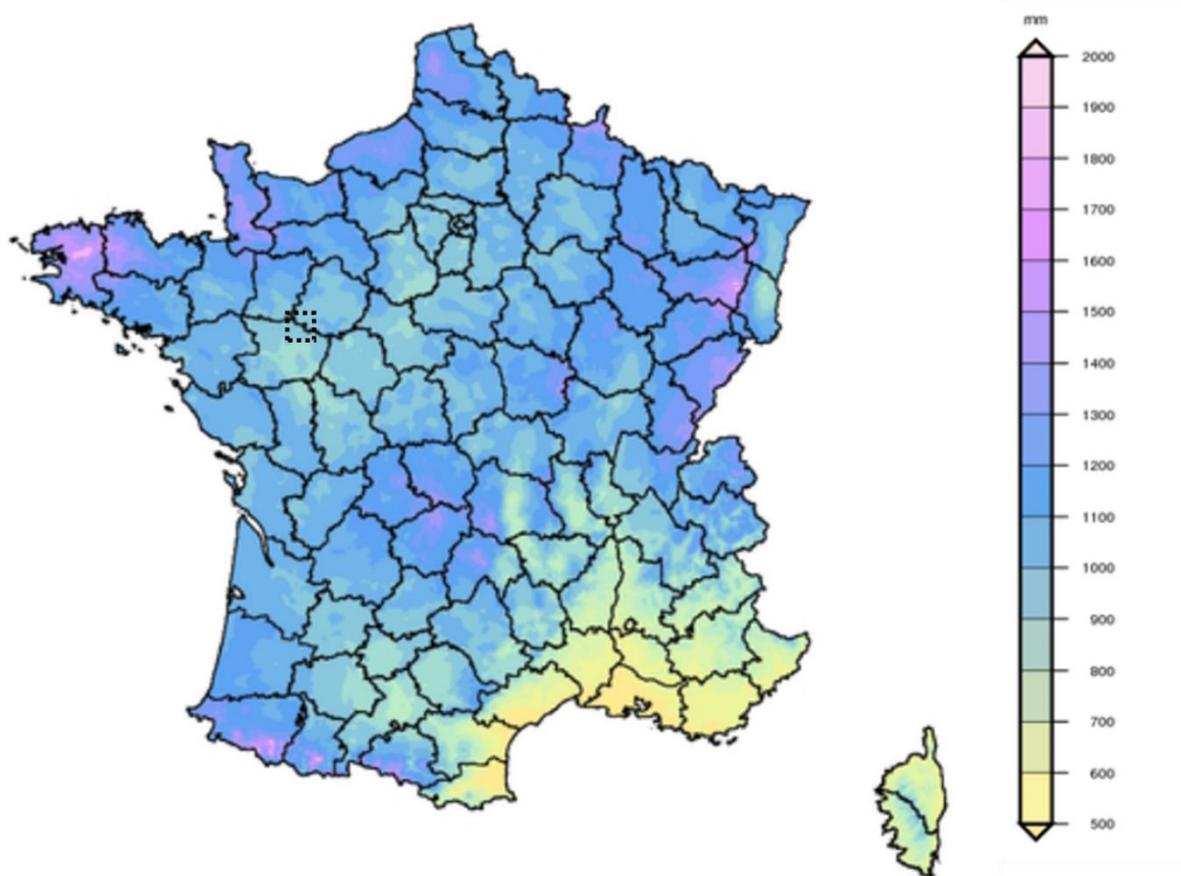


Figure 2 : Cumul pluviométrique annuel moyen du périmètre d'étude (pointillés) par rapport à la pluviométrie de la France (Source : Normales 1991-2020 Météo France)

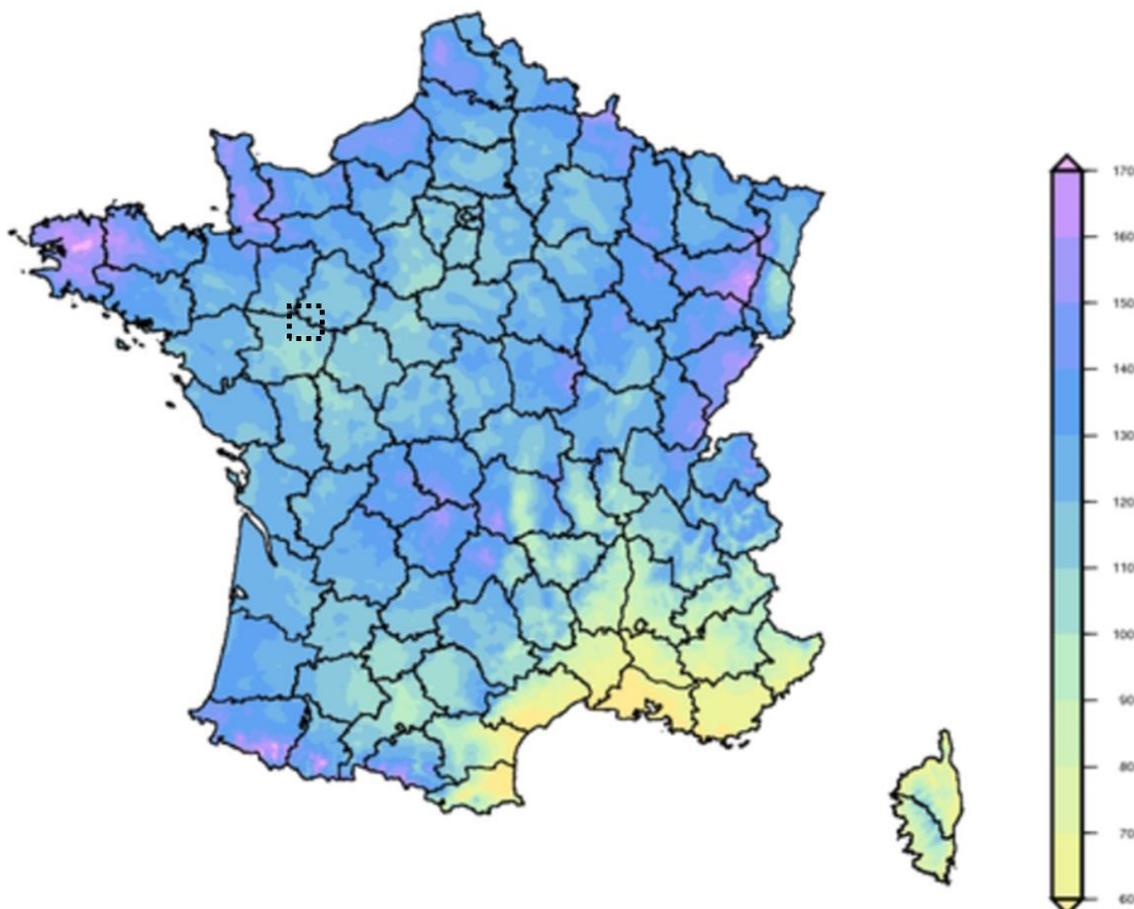


Figure 3 : Nombre moyen annuel de jours avec précipitations de plus de 1mm sur périmètre d'étude (pointillés) par rapport à la pluviométrie de la France (Source : Normales 1991-2020 Météo France)

4.1.2 Précipitations moyennes annuelles et évolution interannuelle

Les précipitations annuelles moyennes, mesurées à la station météorologique de Sablé-sur-Sarthe, sont de 715 mm sur la période 2000-2021. La figure suivante présente l'évolution, année après année, des cumuls pluviométriques sur cette même période. On note une forte variabilité de ces cumuls selon les années, avec des années particulièrement sèches (2005 et 2011 et 2017 avec un cumul inférieur à 600 mm) et des années particulièrement humides (2000 à 2002, 2012 et 2013 avec un cumul supérieur à 800 mm).

La figure présente également la part de ces précipitations tombées au cours de chaque année lors des périodes de basses eaux et hors basses eaux décrites dans le SDAGE. Au sein du SDAGE, la période de basses eaux s'étend sur 7 mois, d'avril à octobre, tandis que la période hors période de basses eaux s'étend sur 5 mois de novembre à mars. En moyenne, sur la période 2000 à 2021 ce sont 54% des précipitations qui s'abattent entre les mois d'avril et d'octobre.

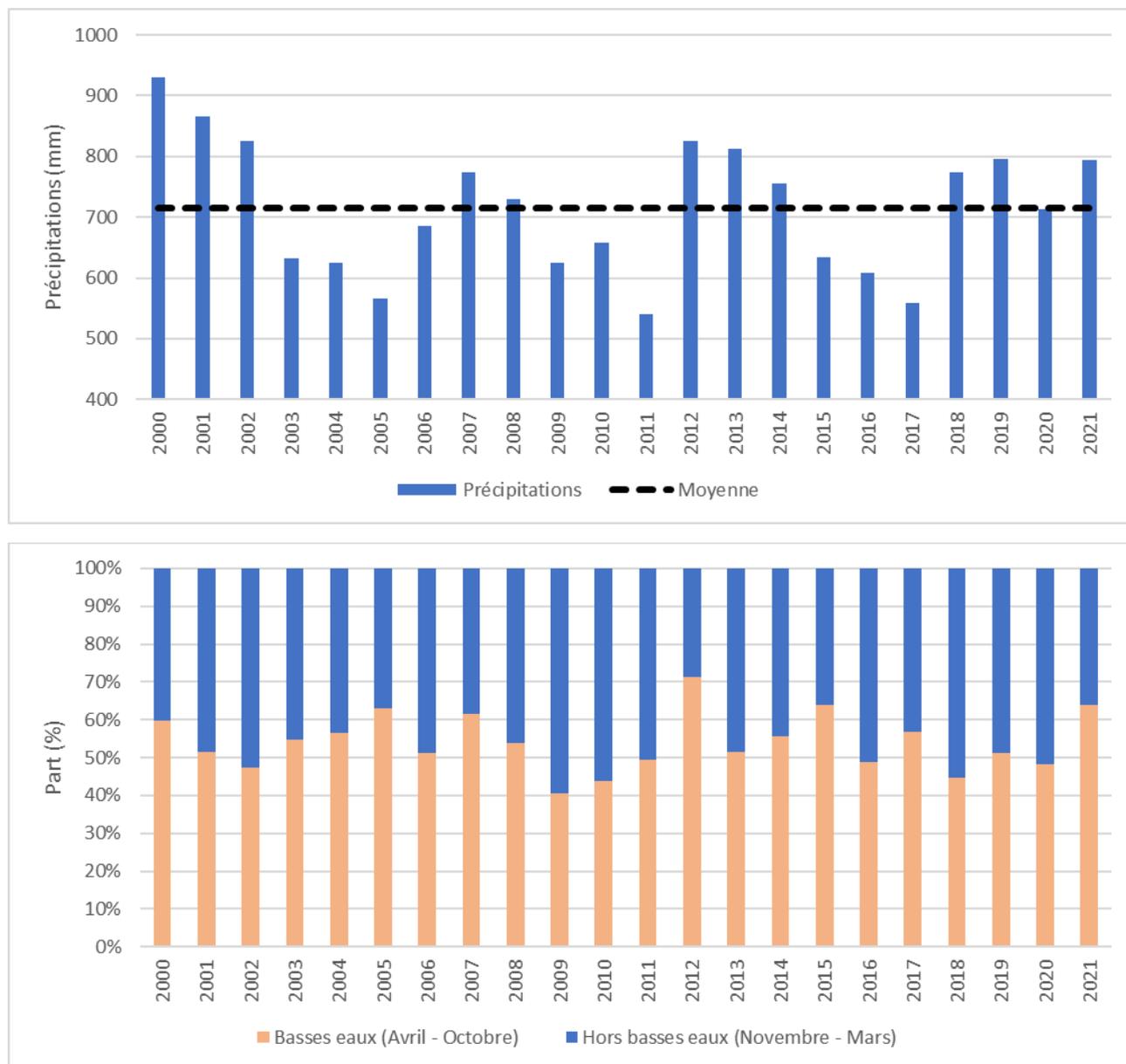


Figure 4 : Evolution interannuelle des cumuls annuels de précipitations (en haut) et part des cumuls au sein des périodes de basses eaux et hors basses eaux (en bas) (Source : MétéoFrance)

4.1.3 Analyse des cumuls moyens mensuels

Les cumuls moyens mensuels, calculés sur la période 2000-2021 d'après les mesures de la station de Sablé-sur-Sarthe, sont présentés à la figure suivante. La moyenne mensuelle de cumuls est de 60 mm. On observe les mois les plus pluvieux, dont les précipitations sont au-dessus de la moyenne, entre les mois d'octobre à janvier. On observe qu'il s'abat la même quantité d'eau, en moyenne, sur la période février-mars (fin de la période de recharge des nappes) que sur la période mai-juillet, inférieure à la moyenne annuelle. On observe ensuite une chute de précipitation entre juillet et septembre.

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Sur la Figure 6 sont présentés les nombres de jours moyens, par mois, lorsque les précipitations sont supérieures à 0, 5 et 10 mm. On observe ainsi que les fortes pluies interviennent régulièrement et de manière relativement homogène sur l'année. La chute globale du nombre de jours de précipitations en été, indique que de plus longues périodes sèches y ont lieu que sur le reste de l'année.

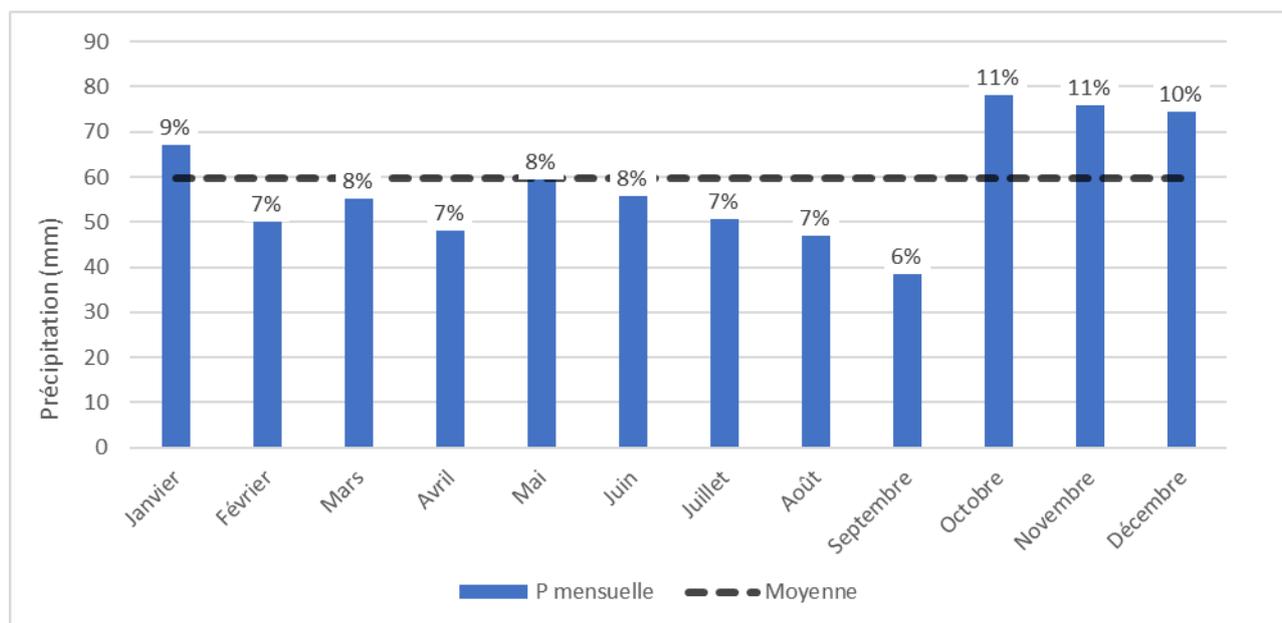


Figure 5 : Cumuls mensuels moyens (mm) et contribution de chaque mois aux cumuls annuels moyens (%) calculés sur la période 2000-2021 (Source : MétéoFrance)

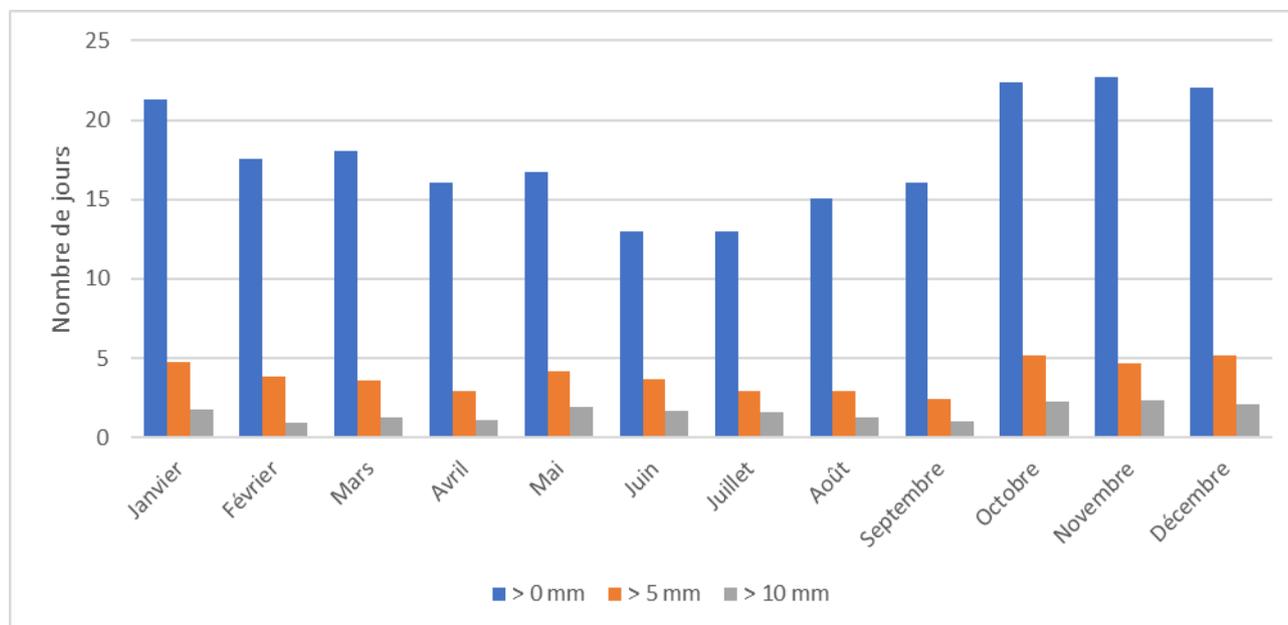


Figure 6 : Nombre de jours moyen par mois avec un cumul de précipitation supérieur à 0, 5 et 10 mm entre 2000 et 2021 (Source : MétéoFrance)

4.1.4 Evolution des précipitations depuis la moitié du XXème siècle

En analysant les données de précipitations du passé au Mans via le portail Climat-HD de Météo France, on ne note pas de tendance d'évolution particulière depuis les années 60. On constate que la forte variabilité interannuelle de ces dernières existait déjà. Ces constats s'appliquent non seulement à l'année complète, mais également à chaque saison prise individuellement.

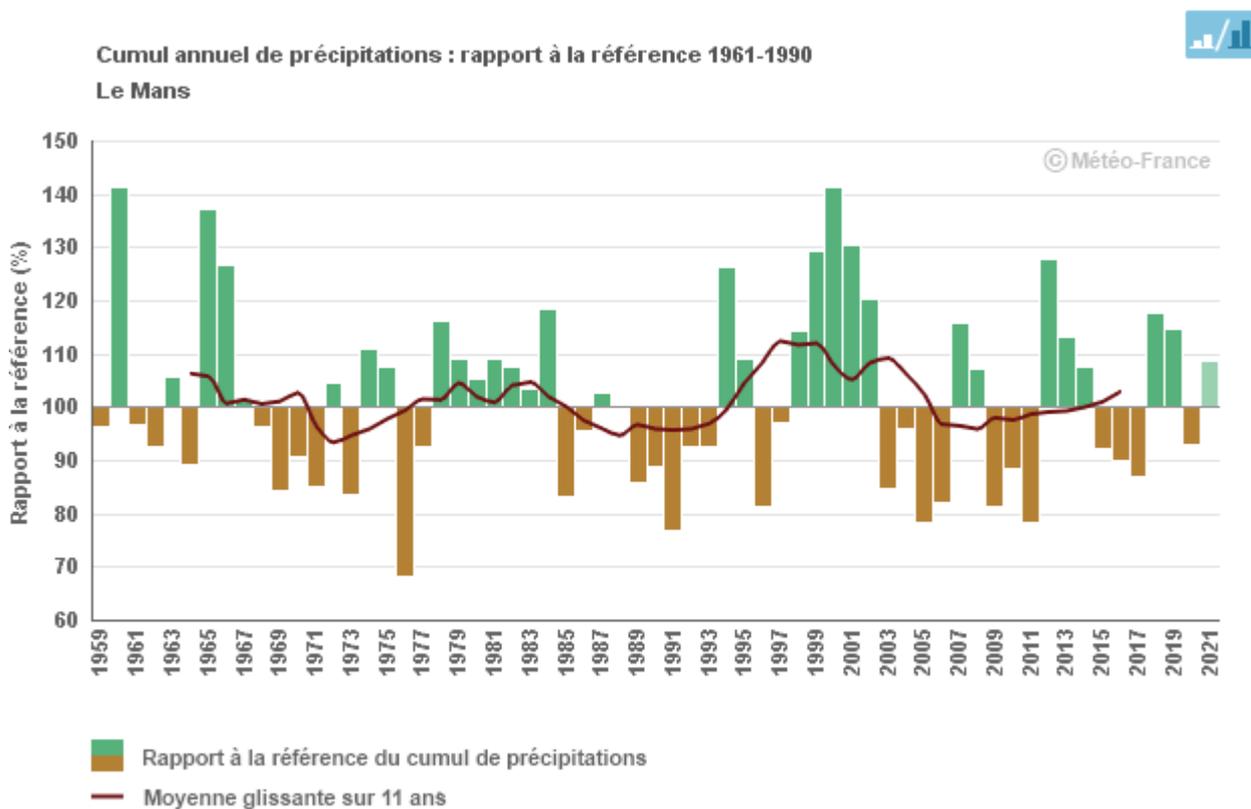


Figure 7 : Ecart à la référence 1961-1990 des précipitations à la station du Mans (Source : Météo France)

4.2 Evapotranspiration potentielle (ETP)

Pour rappel, l'évapotranspiration potentielle (ETP) désigne 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. Pour rappel, le calcul de l'ETP de Penman tient compte :

- De la température minimale et maximale ;
- De la vitesse moyenne du vent ;
- De la tension de vapeur moyenne ;
- De la durée d'ensoleillement ;
- Et du rayonnement global.

Les données ETP utilisées dans le cadre de cette étude HMUC sont les chroniques d'ETP Penman calculées à la station météorologique du Mans. Malgré la distance, cette station météorologique reste la station calculant l'ETP la plus proche du bassin. De plus, on observe que ce paramètre météorologique ne varie que

très peu en contexte de plaine, contexte dans lequel se place le territoire et le bassin. Ainsi, l'utilisation de ces données apparaît ici comme raisonnable.

4.2.1 Evapotranspiration du territoire d'étude par rapport au territoire national

Insolation moyenne annuelle en heure (normale 1991 - 2010)

Température moyenne annuelle (normale 1981 - 2010)

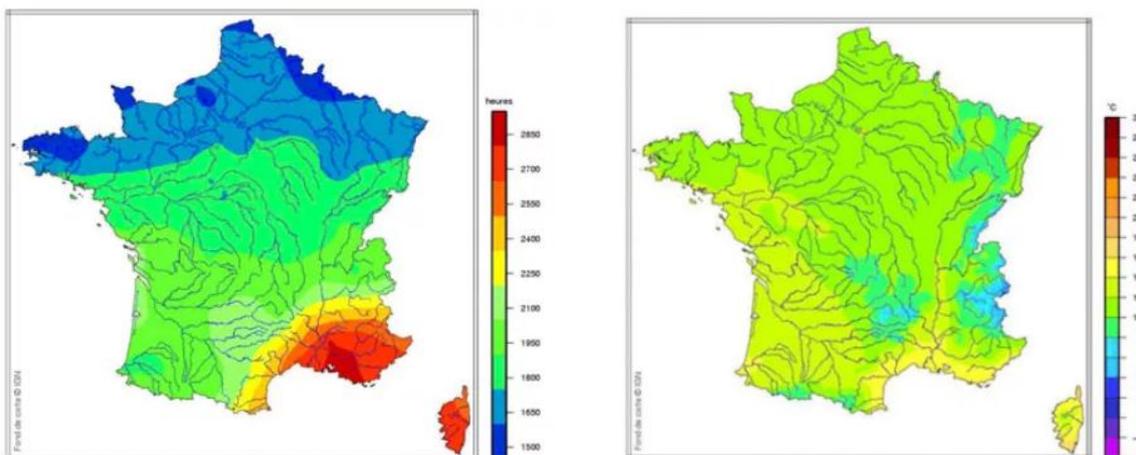


Figure 8 : Caractérisation de l'insolation (normale 1991-2010 à gauche) et des températures (normale 1981-2010 à droite) (Sources : Météo France, fond de carte IGN)

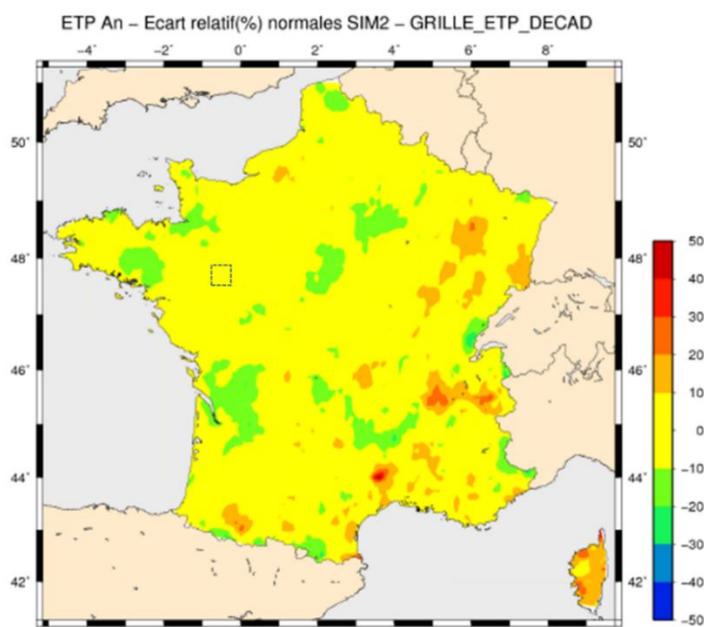


Figure 9 : Ecart relatif de l'ETP moyen (1991-2010) en tout point du territoire par rapport à la valeur moyennée sur l'ensemble du territoire (même période) (Source : Météo France¹)

¹ Source : Réponse au vœu 2020 sur l'ETP de la Commission Hydrologie-Energie du CSM (Réunion d'automne de la CHE, 05/11/2020)

4.2.2 Cumul d'évapotranspiration potentielle annuel moyen et évolution interannuelle

La figure suivante présente l'évolution du cumul annuel d'ETP entre 2000 et 2021. Le cumul annuel moyen est de 820 mm. L'ETP suit une tendance d'augmentation significative, notamment depuis 2009. On observe une alternance entre des années avec une ETP élevée (2003, 2015, 2018 à 2020) et plus faible (2000, 2007 et 2008).

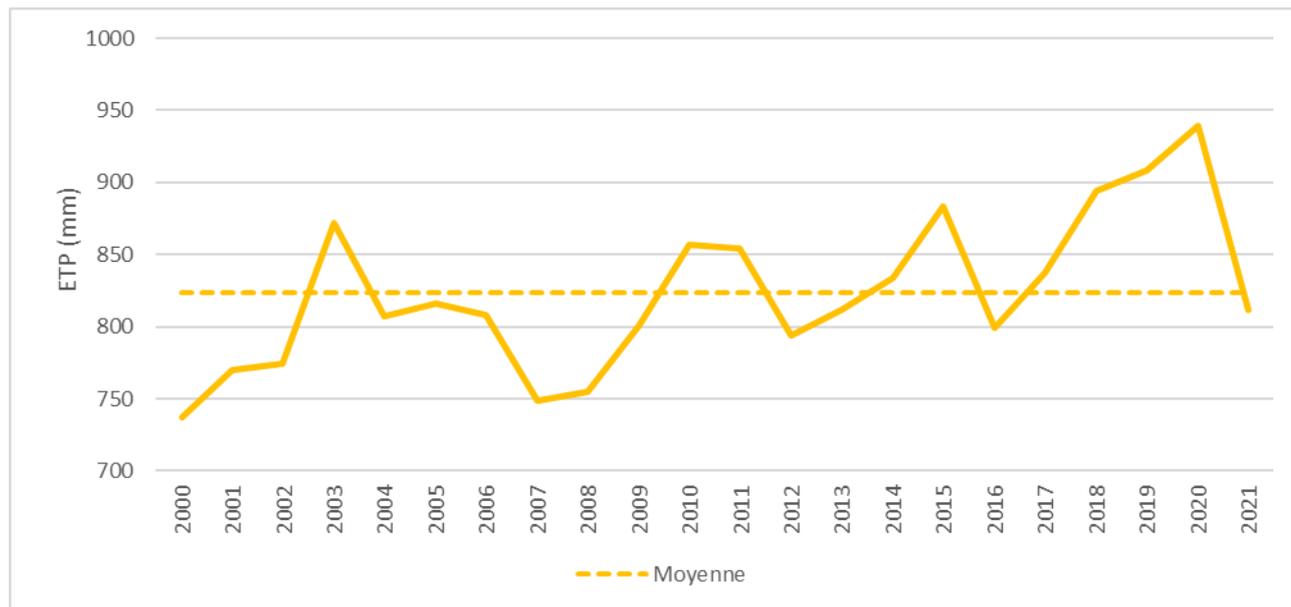


Figure 10 : Evolution du cumul annuel d'ETP à la station du Mans (Source : MétéoFrance)

4.2.3 Analyse des cumuls moyens mensuels

La figure suivante présente la saisonnalité infra annuelle de l'ETP. Ce paramètre croît entre janvier et juillet, où il atteint son maximum (145mm en moyenne en juillet sur la période 2000-2021). L'ETP décroît de juillet à décembre, où celle-ci est minimale (10mm en moyenne en décembre sur la période 2000-2021).

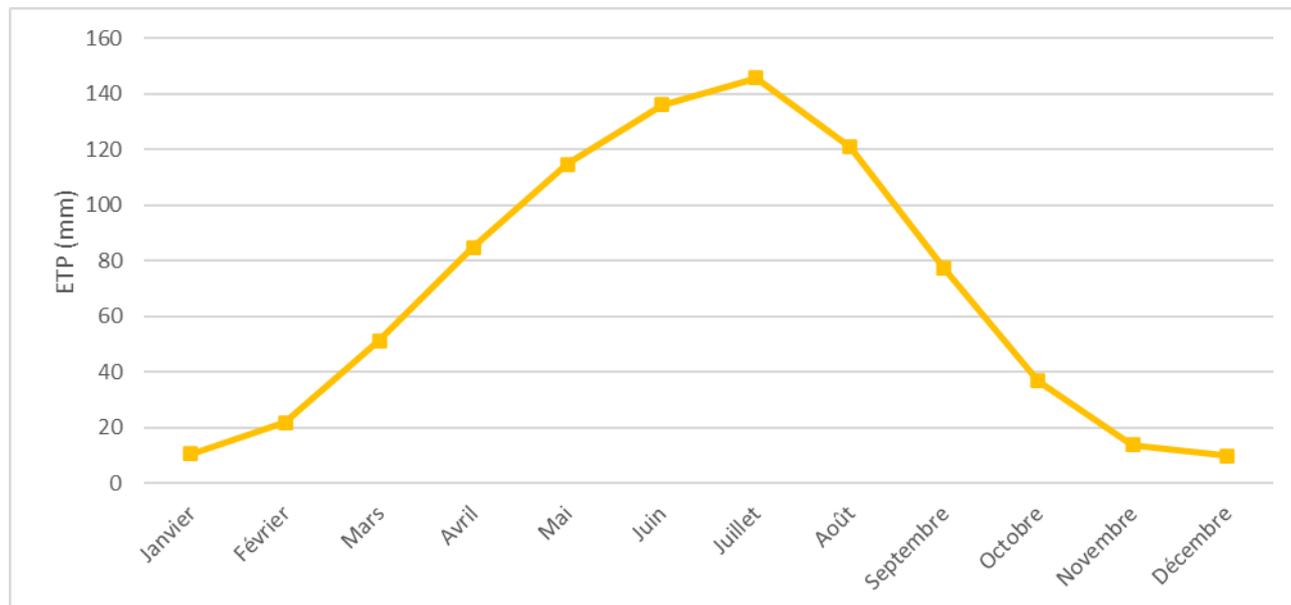


Figure 11 : Evolution du cumul mensuel moyen d'ETP à la station du Mans, calculé à partir de la chronique mesurée sur la période 2000-2021 (Source : MétéoFrance)

4.2.4 Evolution de la température et de l'ETP depuis la moitié du XXème siècle

D'après les données Météo France synthétisées dans le portail ClimatHD, on peut partiellement appréhender l'évolution de l'ETP par l'intermédiaire de l'évolution de la température.

L'évolution des températures moyennes annuelles montre un net réchauffement depuis 1959, la tendance observée se situe entre +0,2°C et +0,3°C par décennie, particulièrement marqué entre 1990 et 2000 et entre 2010 et aujourd'hui. Depuis 1959, les trois années les plus chaudes ont été observées en 2011, 2018 et 2020.

Pour ce qui est de la répartition infra-annuelle des températures, les résultats de Météo France montrent une nette tendance à la hausse des températures sur toutes les saisons, particulièrement marquée en été, et variable selon les années en hiver. La température étant un paramètre déterminant de l'ETP, on peut s'attendre à des résultats similaires concernant l'ETP.

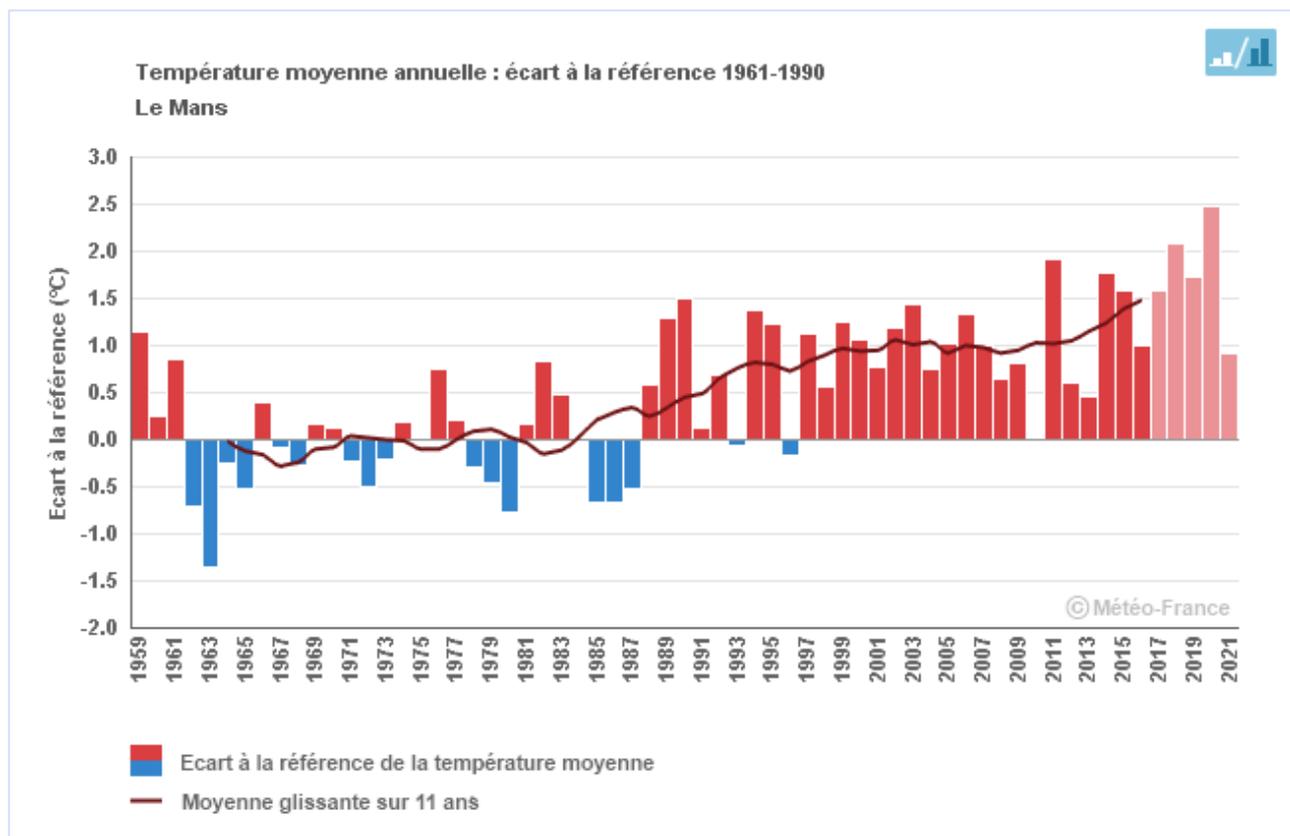


Figure 12 : Ecart à la référence 1961-1990 de l'ETP à la station du Mans (Source : Météo France)

4.3 Analyses des précipitations nettes théoriques

Contrairement aux deux variables climatiques traitées précédemment, les précipitations nettes théoriques ne sont pas des données brutes Météo France mais bien une grandeur reconstituée d'après les précipitations et l'ETP. Les précipitations nettes théoriques (par la suite désignées par l'appellation *précipitations nettes* pour plus de simplicité) correspondent au bilan des flux entrants et sortants potentiels. Une estimation est réalisée au pas de temps quotidien en soustrayant l'ETP (flux sortant potentiel) aux précipitations (flux entrant). Le flux sortant (ETP) est surestimé puisque l'évapotranspiration réelle est limitée par la disponibilité de l'eau dans le sol. Cela permet néanmoins d'évaluer simplement l'état de sécheresse climatique. On a donc :

$$\text{Précipitations nettes} = \text{Précipitations totales} - \text{ETP (mm)}$$

Dans le cas présent, nous soustrairons donc des précipitations de la station de Sablé-sur-Sarthe, l'ETP de la station du Mans, ce qui introduit une incertitude à garder en mémoire.

4.3.1 Evolution interannuelle des précipitations moyennes nettes annuelles

La figure suivante présente, graphiquement, le calcul réalisé. Pour chaque année de la période considérée, les cumuls de précipitations nettes peuvent être observés. Par ce calcul, on observe que le territoire d'étude, à partir de 2003 et à l'exception de quelques années, est largement en déficit pluviométrique théorique. Il est important de bien mentionner que ce déficit est théorique, car l'évapotranspiration réelle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle. En effet l'évapotranspiration réelle est fonction de la couverture végétale, de son évolution saisonnière ainsi que des caractéristiques du sol.

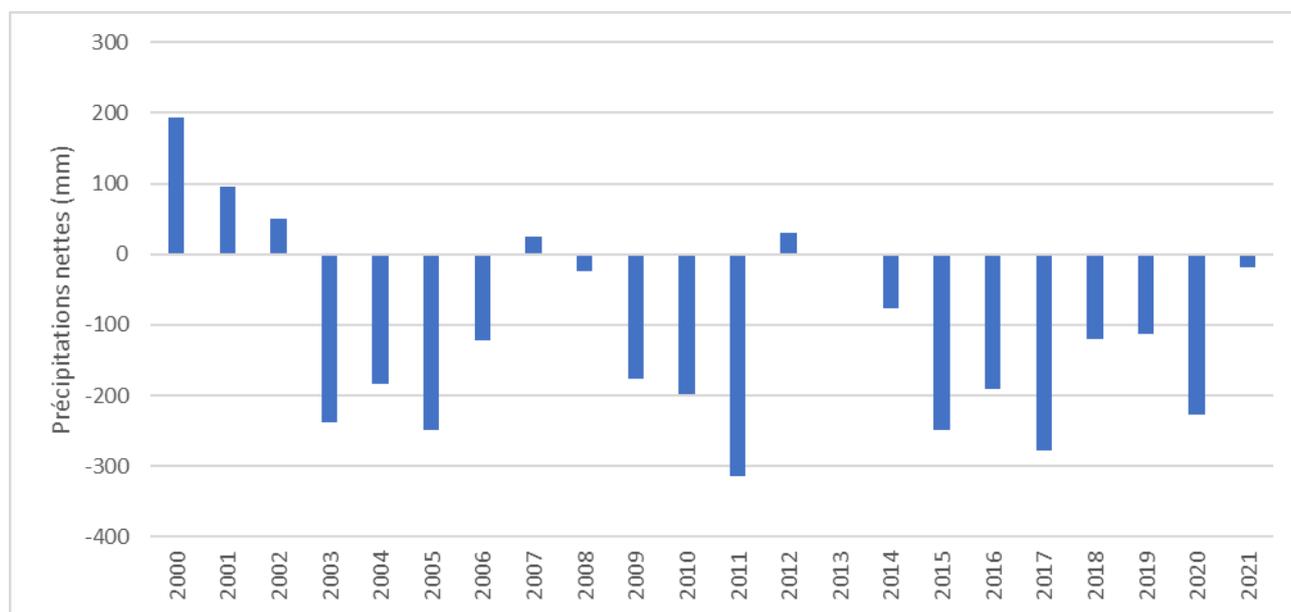


Figure 13 : Evolution interannuelle des cumuls annuels de précipitations nettes (Source : MétéoFrance)

4.3.2 Analyse des cumuls moyens mensuels

La figure suivante présente la saisonnalité des précipitations nettes.

- ▶ Les précipitations nettes sont positives d'octobre à mars et négatives d'avril à septembre ;
- ▶ Elles sont décroissantes de janvier à juillet et croissantes de juillet à décembre ;
- ▶ Le mois de juillet est le mois le plus sec (-93 mm en moyenne)
- ▶ Le mois de décembre est le plus humide (65 mm en moyenne)

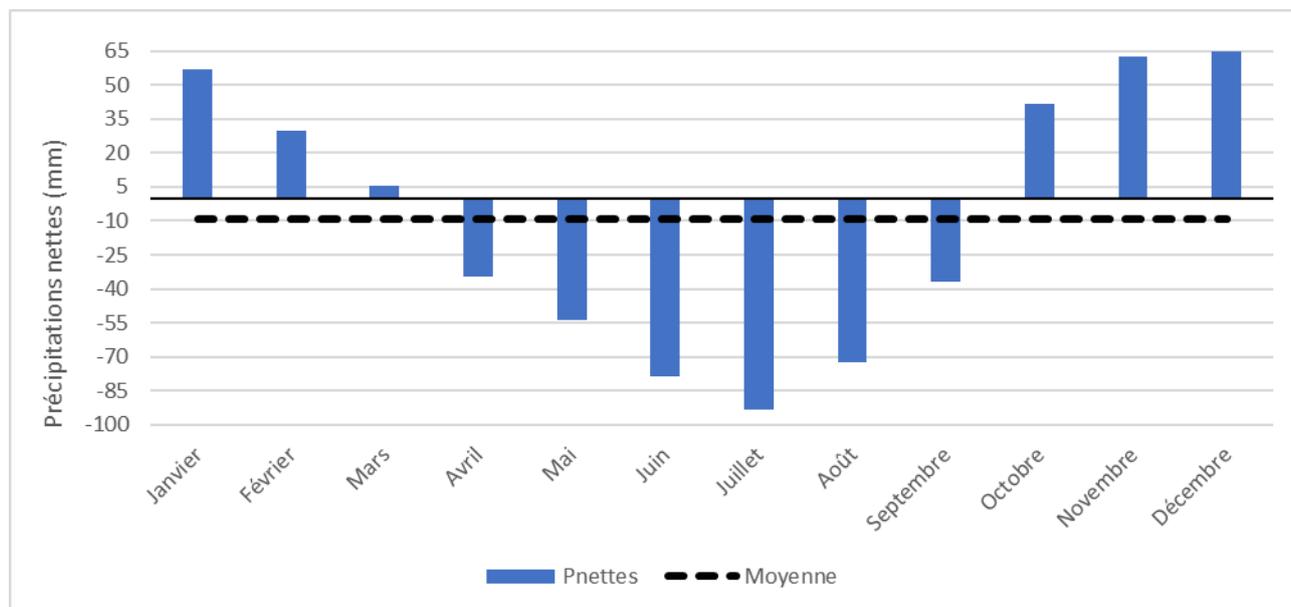


Figure 14 : Evolution annuelle des cumuls mensuels moyens de précipitations nettes sur la période 2000-2021 (Source : MétéoFrance)

4.4 Synthèse

Concernant les précipitations :

- ▶ La situation pluviométrique sur le périmètre d'étude est globalement proche de la moyenne métropolitaine ;
- ▶ Les années 2005, 2011 et 2017 ont été particulièrement sèches, tandis que les années 2000 à 2002, ont été particulièrement arrosées ;
- ▶ On observe des étés secs et des hivers arrosés propres au climat océanique dégradé, avec une forte augmentation des précipitations entre le mois de septembre (minimum) et le mois d'octobre (maximum), puis une diminution globalement progressive jusqu'à l'année suivante.

Concernant l'ETP :

- ▶ Elle est légèrement supérieure à la moyenne métropolitaine (~ +5%) ;
- ▶ Elle est homogène sur le territoire étudié ;
- ▶ On observe une forte variabilité de ce paramètre selon les années ;
- ▶ L'ETP suit un cycle annuel en cloche avec un pic en juillet et un plancher en décembre ;
- ▶ Depuis 1959, les températures annuelles (l'un des paramètres déterminants de l'ETP) ont connu une forte augmentation entre 1990 et aujourd'hui. Les températures mensuelles de printemps et d'été ont augmenté nettement.

Concernant les précipitations nettes théoriques :

- ▶ Elles sont variables selon les années, avec une tendance à être négatives ;
- ▶ Elles suivent un cycle annuel en cloche avec un minimum au mois de juillet et une transition rapide vers le maximum (en décembre) durant l'automne ;
- ▶ Les précipitations nettes théoriques sont négatives 6 mois sur 12 d'avril à septembre inclus. A l'année, elles sont négatives.

5 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE

Le BRGM a réalisé, en parallèle de la présente étude, une analyse du fonctionnement hydrogéologique du territoire. Le rapport associé à cette dernière est fourni en annexe.

Le contexte hydrogéologique du bassin versant de l'Argance a été examiné, mettant en lumière sa géologie, son hydrographie, et son hydrogéologie. Le bassin, appartenant à la marge occidentale du Bassin de Paris, présente quatre principaux aquifères, notamment les calcaires du Jurassique moyen, les sables du Cénomaniens, les calcaires sablo-crayeux du Séno-Turonien, et les alluvions des grands cours d'eau. La modélisation a été réalisée en prenant en compte ces caractéristiques géologiques locales.

Le modèle GARDENIA© a été calibré en utilisant des données de débits et de niveaux piézométriques observés, et les résultats ont montré une bonne adéquation avec les données réelles, avec un coefficient de Nash global de 0,82, indiquant un bon calage du modèle.

Les résultats obtenus à partir du modèle ont permis d'analyser le fonctionnement hydrologique du bassin versant. La contribution des eaux souterraines, en particulier des sables cénomaniens, au débit de l'Argance a été estimée. La modélisation suggère que cette contribution est significative, atteignant en moyenne 42% du débit total annuel, avec des valeurs plus élevées pendant les mois d'été (jusqu'à 96% au mois d'août).

6 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE

6.1 Suivi hydrométrique

6.1.1 Station hydrométrique

Le périmètre d'étude comporte une station hydrométrique actuellement en service.

La station de l'Argance à la Chapelle-d'Aligné (M153 4510) est présentée sur la carte suivante. La disponibilité des données s'étend de 1993 à 2022, avec 2021 et 2022 catégorisées comme provisoires. La station couvre donc la totalité de la période d'étude sans lacune.

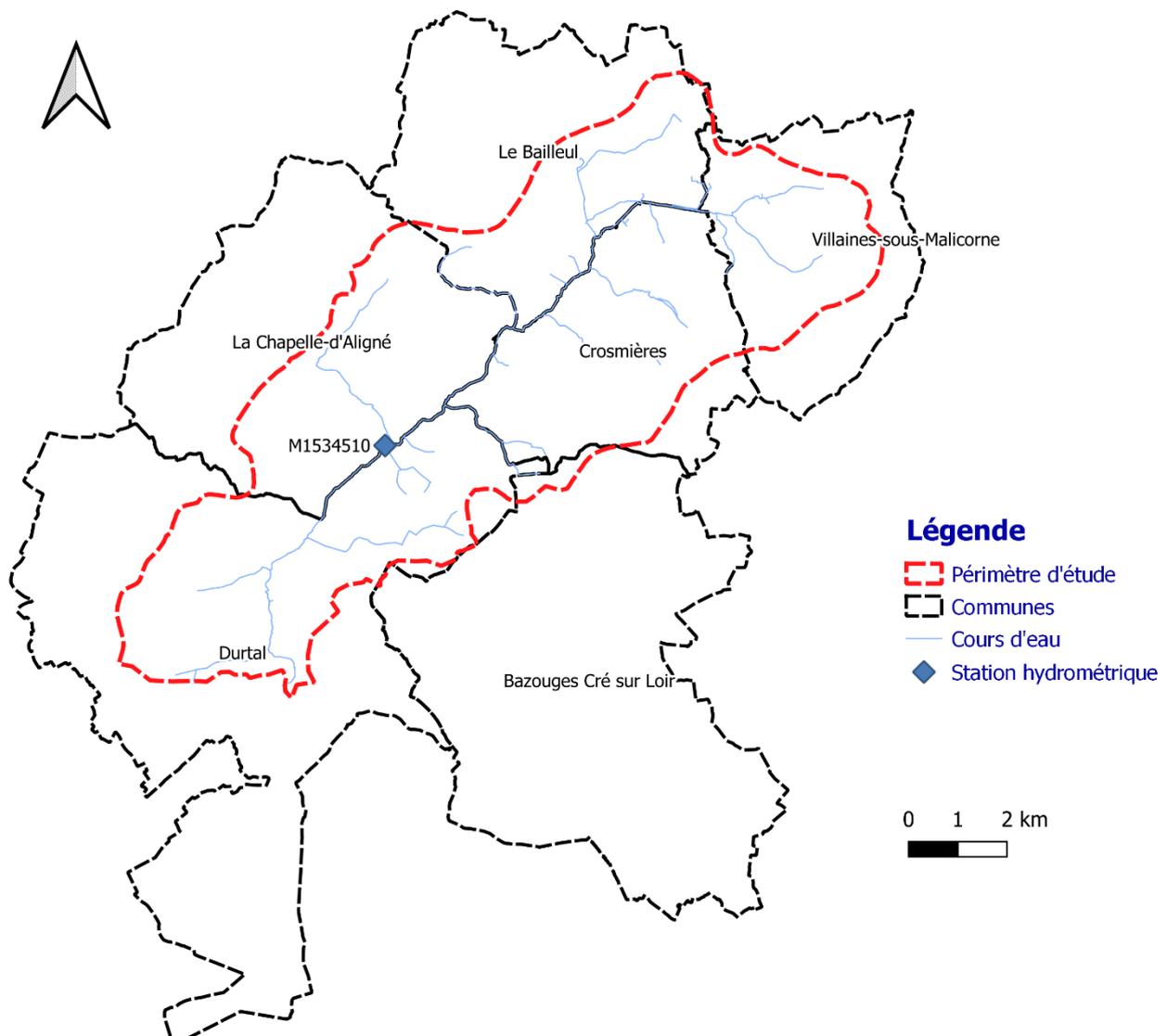


Figure 15 : Localisation de la station hydrométrique de l'Argance à La Chapelle d'Aligné (M1534510)

6.1.2 Analyse hydrologique

Une analyse hydrologique du bassin bornée par la période d'étude est cruciale afin de pouvoir bien appréhender l'effet des différents facteurs influençant l'hydrologie (usages, climat, hydrogéologie), qui sont eux aussi analysés précisément sur cette période.

Le tableau et les figures ci-dessous synthétisent les principaux résultats issus de l'analyse hydrologique pour la station hydrométrique de l'Argance à la Chapelle-d'Aligné.

D'après ces éléments, on note que :

- ▶ Le bassin présente un écart marqué entre son module et le débit caractéristiques d'étiage, les étiages y sont par conséquent sévères ;
- ▶ On retrouve une bonne correspondance avec le climat concernant les débits moyens annuels. En effet, les années 2005, 2011 et 2017 apparaissent comme particulièrement **sèches**, tandis que les années **2000-2001 et 2013** sont plus **humides**. **On observe également, en comparant la chronique des débits annuels à celle des précipitations, que les deux se correspondent bien, mais qu'en relativisant ces dernières, une tendance à la baisse s'observe pour la chronique de débits. Cette dernière peut être mise en lien avec la tendance générale à la hausse de l'ETP ;**
- ▶ Toujours en comparant les débits aux paramètres climatiques, on observe qu'à la suite des années particulièrement sèches (comme 2005 et 2011), les débits remontent progressivement alors que les précipitations peuvent présenter une hausse plus soudaine. Cela peut -être mis en perspective avec le fonctionnement hydrogéologique du bassin, du type et de l'occupation du sol. En effet, les éléments décrit au sein du rapport d'étude du BRGM montrent un bassin fortement influencé par le niveau des nappes et leur cycle de fonctionnement. Ainsi les épisodes secs tendent à fragiliser les nappes, leur recharge et donc la capacité de celles-ci à fournir un débit au cours d'eau.
- ▶ Le bassin suit un régime pluvial classique avec des hivers humides et des étiages prononcés en été ;
- ▶ Concernant les débits mensuels quinquennaux secs, qui donnent des indications sur le comportement des cours d'eau lors de périodes particulièrement sèches, on observe également la configuration classique d'un régime pluvial.

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Tableau 1 : Analyse hydrologique sur la période 2000-2021 (Source : HydroPortail)

Station	L'Argance à la Chapelle-d'Aligné
Surface (km ²)	59
Nombre d'années utilisées pour le calcul	22
Indicateurs - Débit en l/s & Débit spécifique en l/s/km ²	
Module	224
	3.80
QMNA5	10
	0.17
QMNA2	20
	0.35
VCN3 (5)	2
	0.04
VCN3 (2)	8
	0.14
VCN10 (5)	4
	0.07
VCN10 (2)	11
	0.19

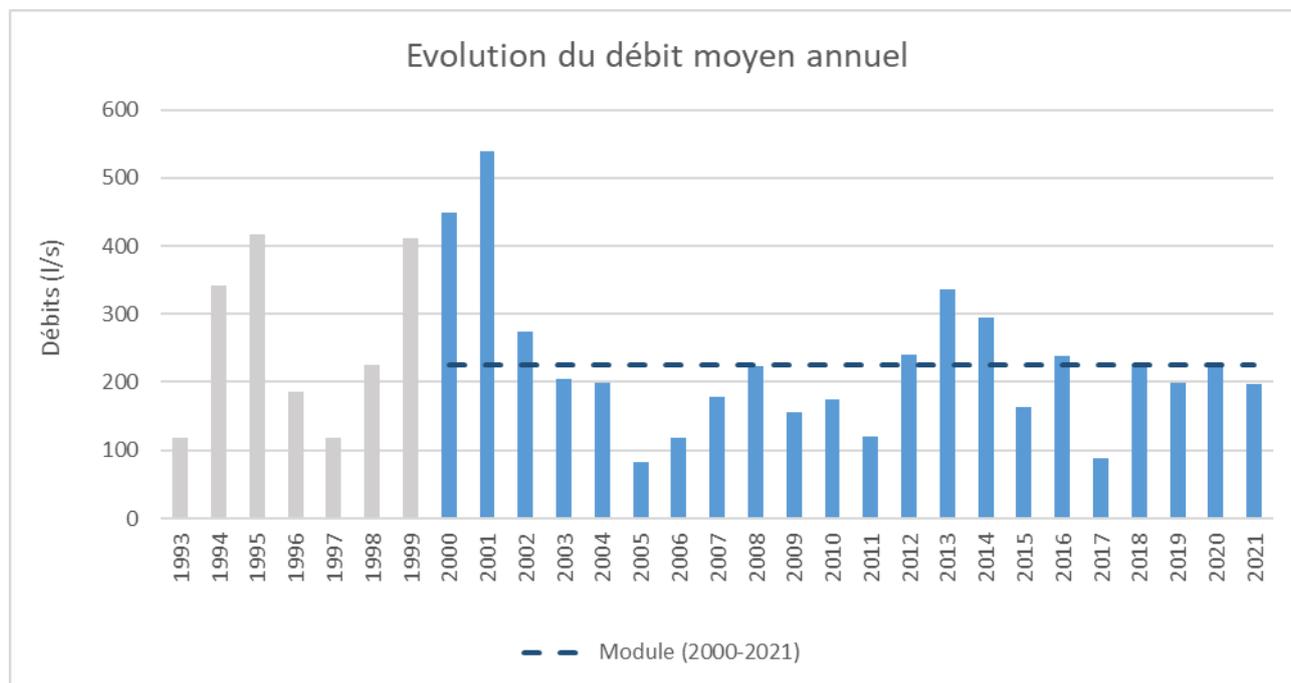


Figure 16 : Débits moyens annuels entre 1993 et 2021, module calculé sur 2000-2021, pour la station de l'Argance à la Chapelle-d'Aligné (Source : HydroPortail)

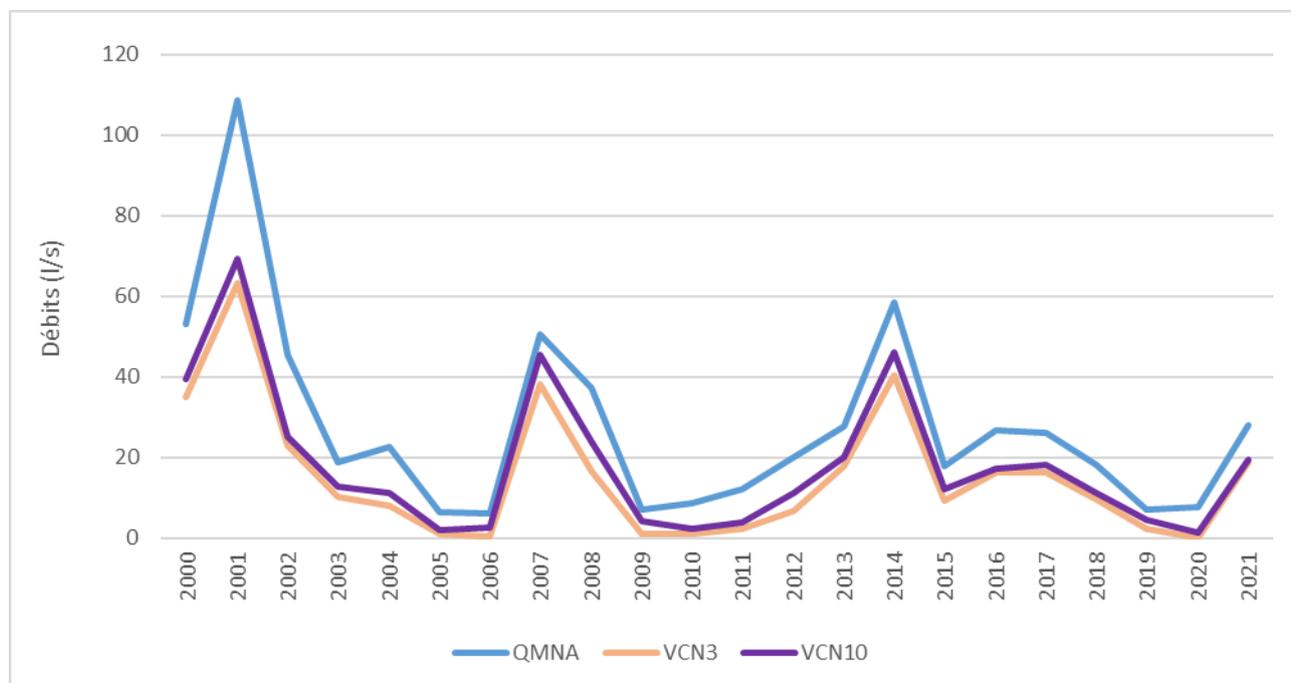


Figure 17 : Evolution des débits minimaux entre 2000 et 2021 pour la station de l'Argance à la Chapelle-d'Aligné (Source : HydroPortail)

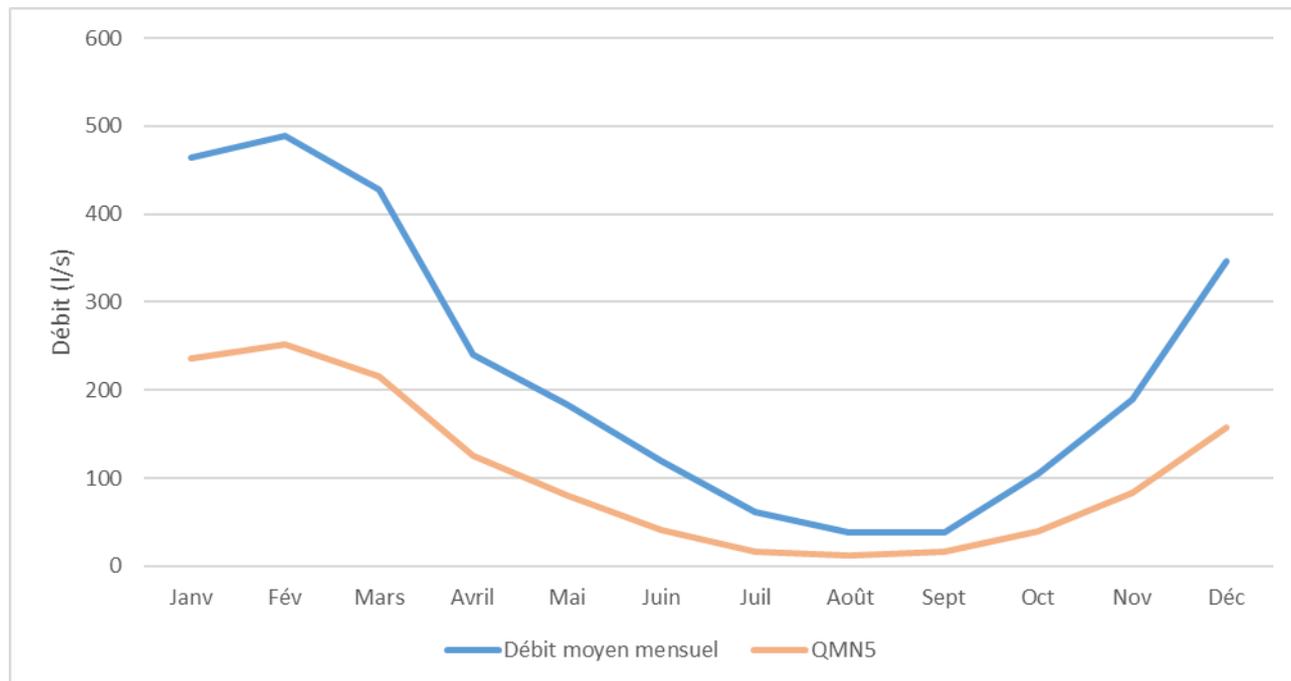


Figure 18 : Débits moyens mensuels et débits mensuel sec d'occurrence 5 ans (QMNS), calculés sur la période 2000-2021, pour la station de l'Argance à la Chapelle-d'Aligné (Source : HydroPortail)

6.1.3 Identification de la période de plus faibles débits

Afin de cerner la période présentant les plus faibles débits, on s'intéresse à la répartition au sein de l'année du volume d'eau total écoulé. Concrètement, on analyse :

- ▶ La répartition mensuelle du volume moyen annuel s'écoulant dans le cours d'eau ;
- ▶ La répartition mensuelle de la somme annuelle des QMNS.

Une telle approche permet d'identifier pour chaque cours d'eau et sans biais, la période à laquelle les débits sont les plus faibles, en situation moyenne comme en situation sèche. Les figures suivantes concrétisent cette analyse.

On observe qu'en situation moyenne, une période de très bas débit se démarque très clairement entre les mois de juin et d'octobre, avec moins de 5% du volume annuel écoulé sur chacun de ces mois. Cette période constitue un « **plateau bas** » encadré par des débits significativement plus élevés au mois de mai et au mois de novembre. En situation sèche, on note un comportement similaire.

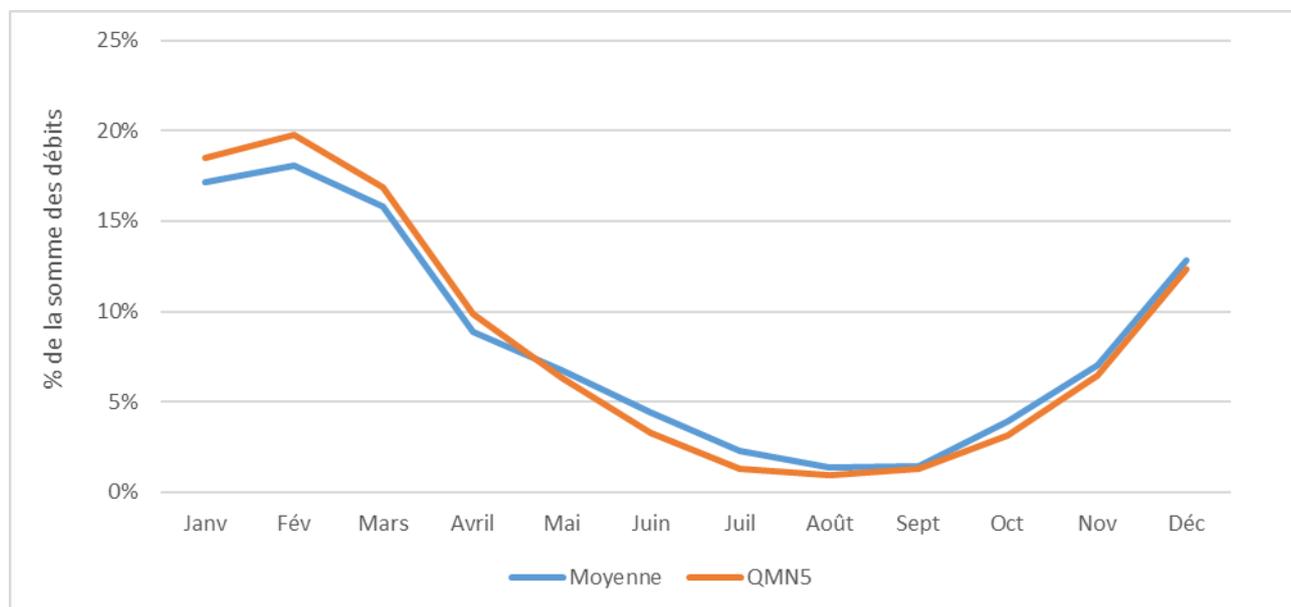


Figure 19 : Répartition des débits au sein de l'année (source : HydroPortail)

6.1.4 Superficies drainées

Le drainage agricole est une pratique courante utilisée dans l'agriculture pour améliorer la productivité des sols en éliminant l'excès d'eau. Cette technique consiste à installer des systèmes de drainage, tels que des canaux ou des tuyaux souterrains, pour évacuer l'eau stagnante des champs. Bien que le drainage agricole contribue à favoriser des conditions optimales pour la croissance des cultures, il a des implications significatives sur les débits des cours d'eau et la recharge des nappes phréatiques. En éliminant rapidement l'eau des champs, le drainage agricole peut augmenter les débits des cours d'eau locaux, modifiant ainsi les régimes hydrologiques naturels. Les pics de débit peuvent survenir plus fréquemment et être plus prononcés, ce qui peut entraîner des conséquences sur l'érosion des berges, la qualité de l'eau et l'habitat aquatique.

Parallèlement, le drainage agricole peut également influencer la recharge des nappes phréatiques. En éliminant l'excès d'eau du sol, la pratique du drainage réduit la quantité d'eau disponible pour percoler vers les couches souterraines. Cela peut entraîner une diminution de la recharge des nappes, ce qui peut entraîner des répercussions sur la disponibilité de l'eau et accentuer les étiages. La gestion équilibrée du drainage agricole est donc cruciale pour minimiser les impacts sur les écosystèmes aquatiques, préserver la qualité de l'eau et garantir une recharge adéquate des nappes phréatiques. Les agriculteurs et les autorités de régulation doivent prendre en compte ces considérations hydrologiques lors de la planification et de la mise en œuvre des pratiques de drainage agricole.

La carte page suivante présente la part de superficie drainée de chaque commune concernée par le territoire du bassin de l'Argance. On remarque que les communes du Bailleul et de Crosnières ont une part de surface drainée bien supérieur au reste de territoire et supérieur à la moyenne nationale (10,6%).

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

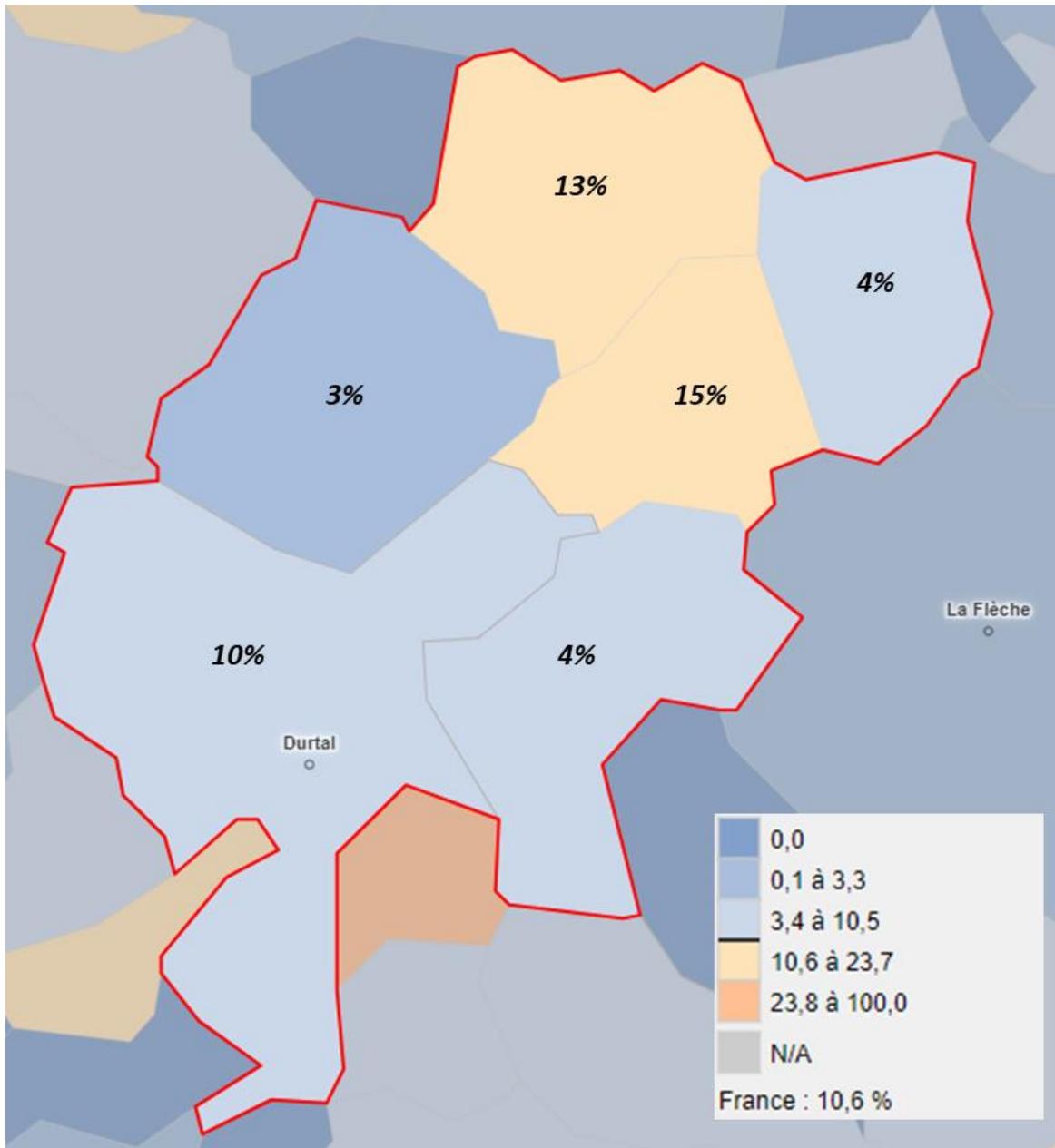


Figure 20 : Surface drainée par commune (Source : AGRESTE)

6.2 Réseau d'observation des écoulements

6.2.1 Principe du réseau ONDE de suivi des écoulements

L'OFB a développé depuis 2012, un réseau d'observation visuelle de l'écoulement des cours d'eau, appelé Observatoire National Des Étiages (ONDE). Ce réseau prend le relai du Réseau Départemental d'Observation des Écoulements (RDOE) et du Réseau d'Observation de Crise des Assec (ROCA), déployés respectivement depuis 1990 et 2004. Il est un des outils listés dans la circulaire du 18 mai 2011 relative aux mesures exceptionnelles de limitation ou de suspension des usages de l'eau en période de sécheresse.

Dans chaque département, les agents de l'OFB réalisent ainsi, entre mai et septembre (le mois d'octobre a été ajouté sur les années les plus récentes), un suivi mensuel des écoulements sur un réseau de stations bien défini. En période de crise, un suivi renforcé, dont l'activation peut être déclenchée par le préfet de département ou par l'OFB, est mis en place. Ce suivi de crise départemental peut s'effectuer à une période différente du suivi usuel et à une fréquence plus importante.

Ces réseaux d'observation des écoulements visent à répondre à un double objectif : constituer un réseau de connaissance stable sur les étiages estivaux et être un outil d'aide à la gestion des périodes de crise hydrologique.

Sur le terrain, les modalités pour l'observation des écoulements se définissent de la manière suivante :

Écoulement visible		<i>L'écoulement est continu, il est permanent et visible à l'œil nu</i>
Écoulement visible faible		<i>De l'eau est présente et un courant est visible, mais le débit faible ne garantit pas un bon fonctionnement biologique</i>
Écoulement non visible		<i>Le lit mineur présente toujours de l'eau mais le débit est nul. Généralement, soit l'eau est présente sur toute la station mais il n'y a pas de courant, soit il ne reste que quelques flaques sur plus de la moitié du linéaire</i>
Assec		<i>L'eau est totalement évaporée ou infiltrée sur plus de 50% de la station. La station est "à sec"</i>

Une modalité spécifique '**observation impossible**' permet d'indiquer que l'observateur n'a pas pu réaliser d'observation propre à l'écoulement du cours d'eau lors de son déplacement sur la station, en raison de conditions exceptionnelles : problèmes d'accessibilité, modification des conditions environnementales de la station, etc.

L'**absence de données**' indique que l'observation n'a pas été réalisée.

A noter que le réseau ONDE n'a pas vocation à couvrir tout le réseau hydrographique. Il cible en priorité les petits cours d'eau. Son objectif est d'identifier les cours d'eau sensibles en période d'étiage et vérifier, s'il y a ou non, une rupture d'écoulement.

Pour interpréter les observations ONDE, il est important d'avoir à l'esprit que :

- Les stations ne figurent que sur des cours d'eau dont le rang de Strahler est situé entre 1 et 4 (considérant que les cours d'eau plus grands sont couverts par le réseau hydrométrique).
- Les cours d'eau suivis sont répartis à 50% sur des cours d'eau subissant des assecs naturels, et à 50% sur des cours d'eau subissant des assecs d'origine anthropique.

6.2.2 ONDE : Écoulements du périmètre d'étude et de la France entière

La carte ci-dessous présente l'emplacement des stations ayant permis les observations d'écoulement depuis 2012. La station de l'Argance à Crosnières (M153512) a été suivie entre 2012 et 2016. La station d'observations a ensuite été délocalisée au niveau de l'Argance à Villaines-sous-Malicorne, son extrême amont.

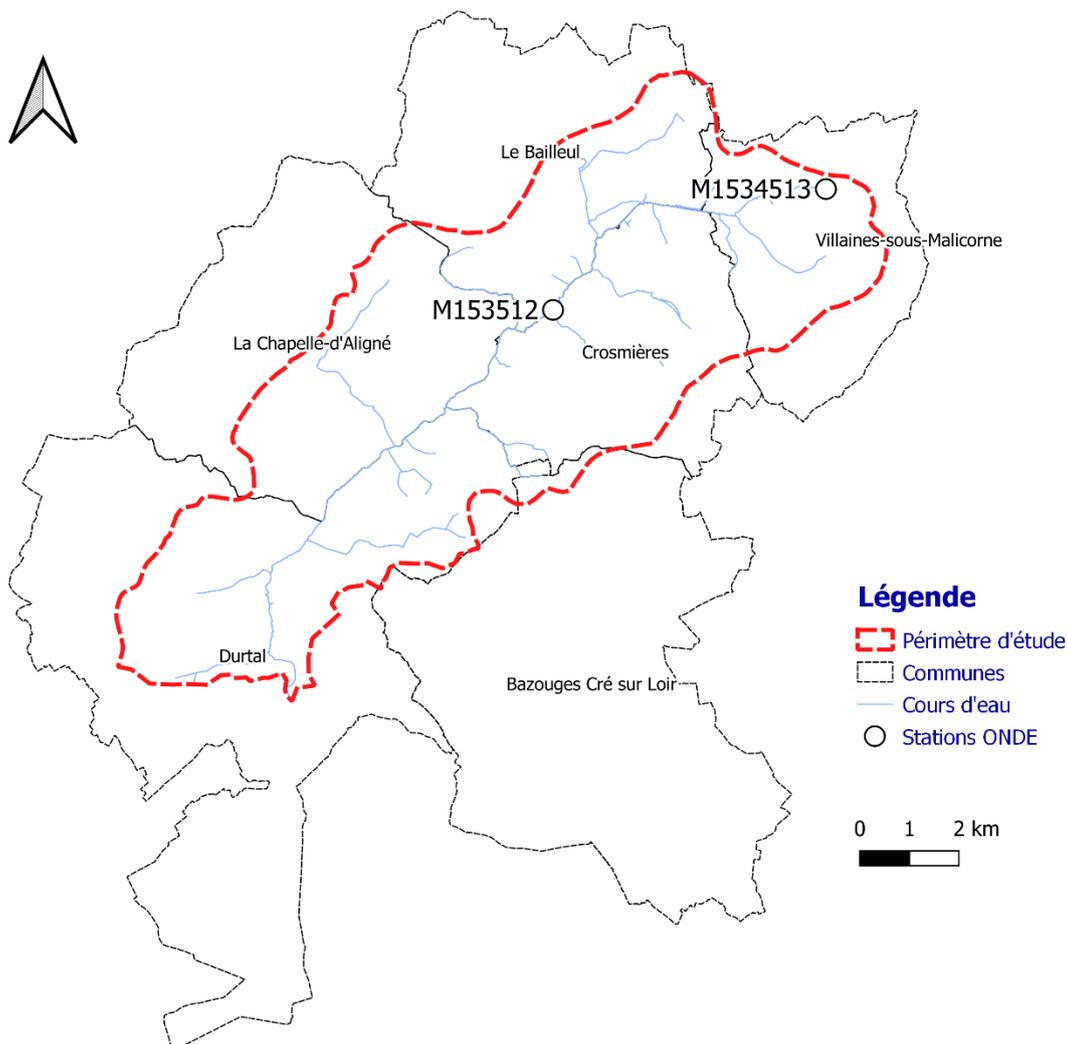


Figure 21 : Localisation des stations du réseau ONDE

La figure suivante permet de situer le niveau des observations ONDE intégrant le suivi usuel et le suivi complémentaire sur le périmètre d'étude par rapport aux observations faites sur la totalité du réseau en France métropolitaine. Les histogrammes sont empilés à 100% afin de pouvoir comparer les proportions d'écoulements de chaque type sur le périmètre d'étude par rapport aux proportions de la France entière.

- Pour l'Argance, aucun assec n'est observé sauf en 2022. On note que le nombre d'observations d'assec est nettement supérieur en France que sur le bassin étudié. Toutefois, en 2022, la proportion d'assec sur l'Argance (40%) est deux fois plus grande qu'en France (21%).
- La proportion d'écoulements non visibles est bien plus importante sur l'Argance qu'en France
- Au niveau de la station de l'Argance à Crosmières, aucune perturbation d'écoulement n'a été observé entre 2012 et 2016. Il a sûrement été décidé de relocaliser la station ONDE à l'amont du cours d'eau pour avoir des observations plus nuancées en fonction des moments de l'année. On remarque ainsi

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argence

qu'à partir de 2017, des écoulements non visibles sont observés. En 2022, le cours d'eau au niveau de la nouvelle station est en assec au mois de juin et de septembre et classé en écoulement non visible en août.

On note, par l'année 2022, que l'Argence peut être particulièrement réactive aux situations de sécheresse.

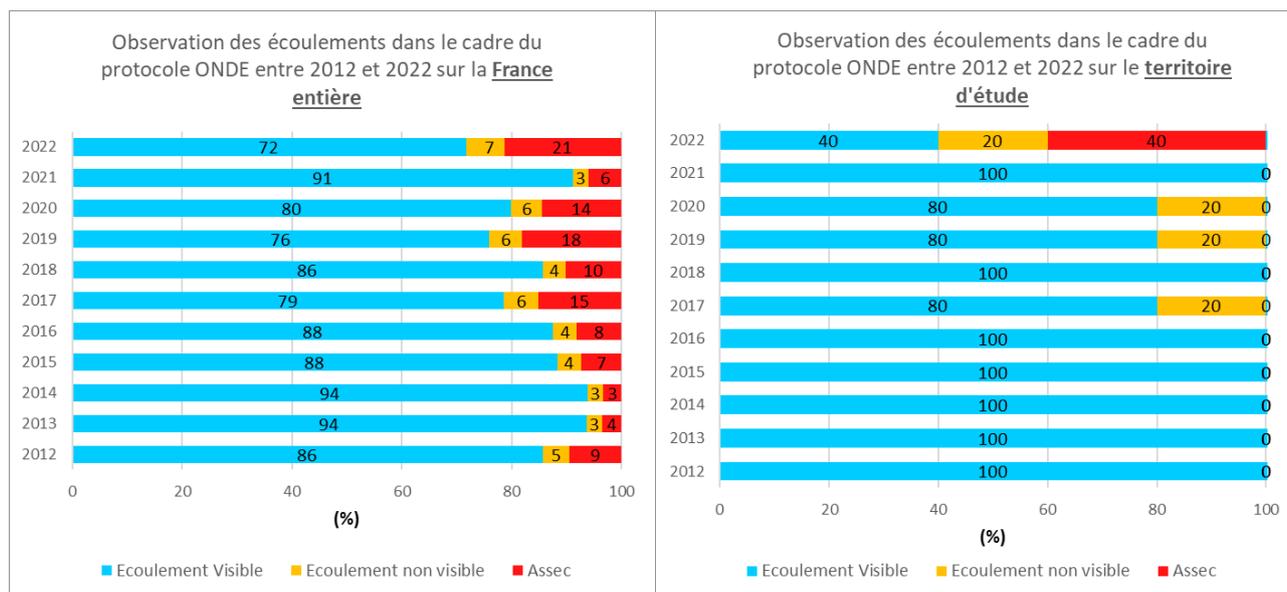


Figure 22 : Modalités d'écoulement observés (suivi usuel + suivi complémentaire) aux stations ONDE entre 2012 et 2022 dans le bassin de l'Argence et en France

Une analyse des observations mensuelles, depuis l'année 2017 (date du déplacement de la station d'observation), indique que les mois les plus sensibles, du point de vue des écoulements, sont ceux de juillet à septembre. Il convient de rappeler que le mois d'octobre n'est pas inclus dans les investigations réalisées, mais pourrait potentiellement présenter une configuration similaire à celle des mois précédents. La sensibilité de ce mois sera évaluée à l'aide de la modélisation hydrologique.

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance



Figure 23 : Historique des observations mensuelles entre 2017 et 2023 au niveau de la station de L'Argance à Villaines-Sous-Malcorne (Source : ONDE)

6.3 Analyse de la gestion de crise

Note préalable :

La gestion de crise et les actions associées constituent l'un des indicateurs disponibles pour caractériser un bassin versant. Cependant, il convient d'analyser des éléments avec précaution, puisque :

- *Ils ne sont pas nécessairement définis de manière homogène sur un territoire donné ;*
- *La gestion de crise est dépendante des limites administratives départementales ce qui peut parfois nuire à la cohérence hydrographique ou hydrogéologique ;*
- *L'un des objectifs de l'étude est de les réviser, là où cela s'avère nécessaire.*

6.3.1 Cadre général

La loi n°92-3 adoptée le 3 janvier 1992, promulgue que l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable sont d'intérêt général. Les dispositions de cette loi visent à une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Les mesures générales ou particulières prévues par la loi du 3 janvier 1992 pour faire face aux risques ou aux conséquences d'accidents, de sécheresse, d'inondations et de pénuries sont prescrites par arrêté des préfets des départements. Ils définissent les mesures et les seuils de déclenchement des restrictions d'usage à appliquer au cours de la période d'étiage. Chacun de ces arrêtés définit des zones d'alerte hydrographiquement et hydrogéologiquement cohérentes. En période de basses eaux, l'atteinte des valeurs seuils entraîne la mise en place de restrictions de prélèvements graduelles jusqu'à l'interdiction totale des prélèvements. La graduation des mesures doit permettre d'anticiper la situation de crise et doit en tout état de cause prévenir le franchissement de débits ou niveaux en dessous desquels sont mis en péril l'alimentation en eau potable et le bon fonctionnement des milieux aquatiques.

L'analyse de l'historique de ces arrêtés permet de caractériser les phénomènes d'étiage sur le bassin versant et de suivre les mesures de restriction ou d'interdiction des prélèvements afin de limiter leur impact sur les masses d'eau. Les arrêtés-cadres les plus récents ont été collectés et étudiés afin d'identifier les déséquilibres sur la zone d'étude.

L'objectif de chacun de ces arrêtés est précisé ci-dessous :

- Les **arrêtés cadres**, fixent les débits seuils d'alerte ou de crise des cours d'eau en dessous desquels des mesures de restriction ou d'interdiction des usages de l'eau s'appliquent. Il fixe également les modes de déclenchement et d'application des arrêtés de restrictions des usages en période de basses eaux.
- Les **arrêtés sécheresses** fixent le détail des mesures de restriction ou d'interdiction pour les différents usages de l'eau lorsque les débits seuils sont franchis.

6.3.2 Arrêtés cadre sécheresse du territoire d'étude

Le bassin versant est concerné par la réglementation en vigueur dans les arrêtés-cadre sécheresse des deux départements dans lesquels il est localisé (Sarthe et Maine-et-Loire). Ces arrêtés ont été actualisés récemment. Chacun de ces arrêtés a pour objectif de définir les mesures générales ou particulières destinées à faire face à une menace de sécheresse ou à une sécheresse avérée par la limitation ou l'interdiction provisoire des usages de l'eau et les seuils à partir desquels ces mesures pourront être appliquées, dans le but de satisfaire en priorité les exigences de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile, de l'alimentation en eau potable de la population et de la vie biologique du milieu récepteur.

Pour cela, chaque arrêté :

- Délimite les zones d'alerte où sont susceptibles de s'appliquer des mesures de restriction ou d'interdiction temporaire des usages de l'eau ;
- Définit le réseau de surveillance de l'état des ressources en eau ;
- Fixe pour le débit des cours d'eau dans chacune des zones d'alerte, les seuils de vigilance, d'alerte, d'alerte renforcée et de crise en dessous desquels des mesures de restriction ou d'interdiction temporaire des usages de l'eau s'appliquent ;
- Définit les mesures de restriction ou d'interdiction temporaire applicables par type d'usage et usager de l'eau lorsque les seuils d'alerte, d'alerte renforcée et de crise sont respectivement franchis.

Pour chaque zone d'alerte sont définis des seuils de gestion effectifs sur la période avril-octobre :

- **Un seuil de vigilance (DSV)**, traduisant un risque de crise à court ou moyen terme, nécessitant une communication et sensibilisation.
- **Un seuil d'alerte (DSA)**, dont le franchissement traduit un fléchissement de la ressource, avec une coexistence de tous les usages et le bon fonctionnement des milieux qui n'est plus assurée. Son franchissement nécessite les premières mesures de restriction.
- **Un seuil d'alerte renforcée (DAR)**, où tous les prélèvements ne peuvent plus être simultanément satisfaits. Son franchissement nécessite un renforcement substantiel des mesures de restriction afin de ne pas atteindre la crise.
- **Un seuil de crise (DCR)**, à partir duquel les capacités de la ressource sont réservées pour l'alimentation en eau potable, la santé, la salubrité publique, la sécurité civile et industrielle, l'abreuvement des animaux et la préservation des fonctions biologiques des cours d'eau. Son franchissement nécessite l'arrêt des usages non prioritaires sauf adaptation à la demande d'un usager ou groupe d'utilisateurs.

L'extrême aval du bassin de l'Argance (La partie contenue dans le département Maine-et-Loire) a la particularité de dépendre des seuils fixés au niveau de la station du Loir à Durtal, tandis que sa partie amont est régie par des seuils fixés au niveau de la station hydrométrique de l'Argance à la Chapelle d'Aligné. La carte suivante présente les zones d'alertes dont dépend le bassin actuellement.

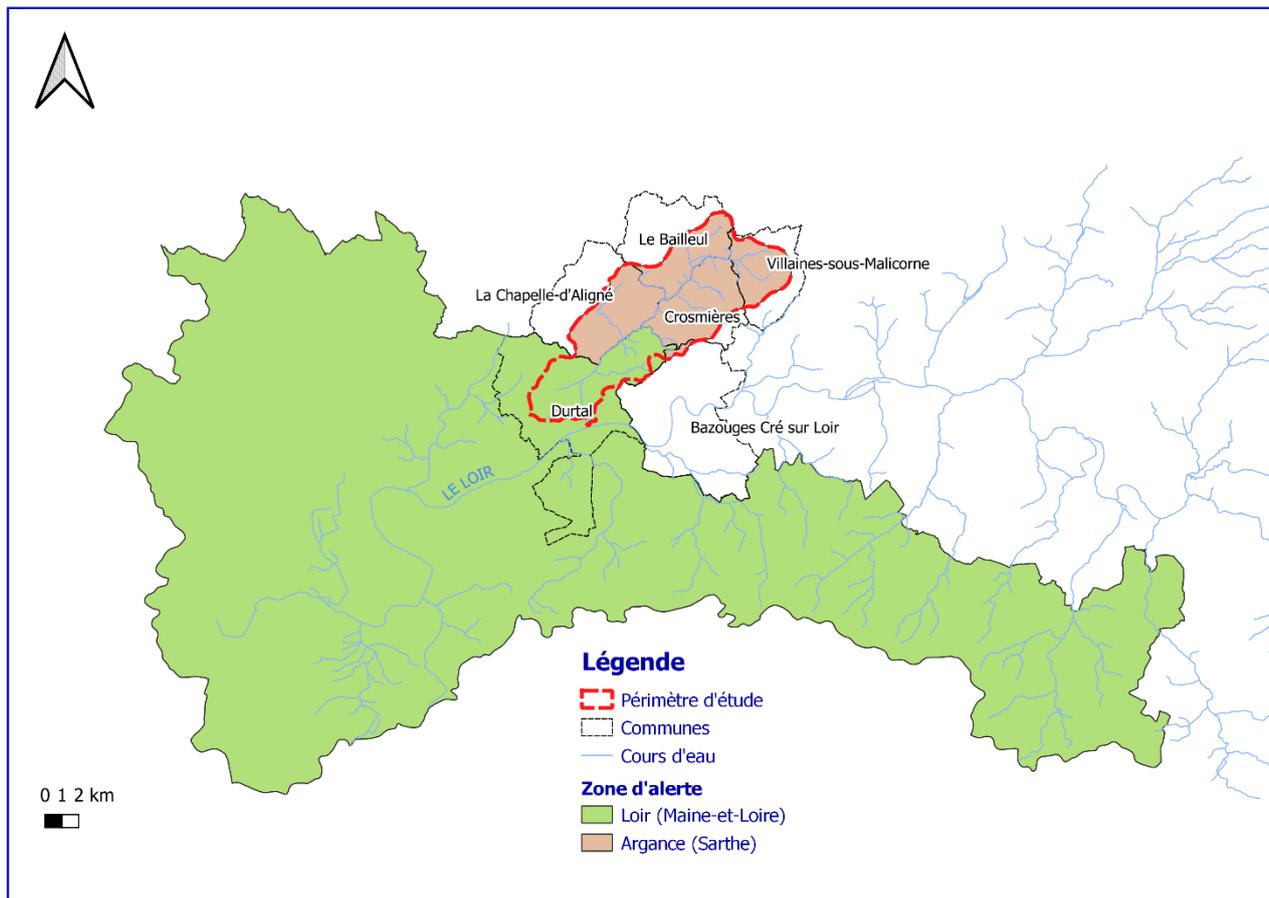


Figure 24 : Zones d'alertes concernées par le bassin de l'Argance

Les seuils actuellement en vigueur dans les arrêtés cadre et correspondant aux zones d'alertes ci-dessus sont présentés au tableau suivant :

Tableau 2 : Seuils de gestion de crise des zones d'alertes du territoire d'étude

Zone d'alerte	Station de référence	Seuils (l/s)			
		Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Crise
Argance	Argance à la Chapelle d'Aligné (M153 4510)	110	80	40	15
Loir	Loir à Durtal (M153 1610)	11 800	5 500	4 500	4 000

6.3.3 Taux de franchissement des seuils en vigueur

Les analyses suivantes se concentrent sur les seuils actuellement définis à la station de la Chapelle d'Aligné et en vigueur pour la partie Sarthoise du territoire d'étude. Afin de pouvoir mettre en perspective le dispositif de gestion de crise en place avec le fonctionnement hydrologique du bassin, le tableau suivant présente, sur la période 2000-2021, le nombre de jours le taux de franchissement, et la part d'années présentant au moins un franchissement des différents seuils.

Chacun des seuils de crise a donc été comparé aux relevés journaliers des débits de l'Argance au droit de la station hydrométrique de la Chapelle d'Aligné. On remarque de fortes fréquences de franchissement des seuils de vigilance et d'alerte sur le territoire. A l'instar des débits d'alerte renforcée, ces seuils connaissent au moins un franchissement annuel sur l'ensemble de la période d'étude. Quant à lui, le seuil de crise est franchi 11% du temps, et connaît au moins un franchissement annuel sur la moitié des années étudiées.

Tableau 3 : Mise en perspective, sur les années 2000-2021, du dispositif de gestion de crise en place au niveau de la station hydrométrique de la Chapelle d'Aligné

	DSV	DSA	DSAR	DCR
Seuil (L/s)	110	80	40	15
Nombre de jours de franchissements	3331	2828	1711	531
Taux de franchissement	71%	60%	36%	11%
Année / Année	Tous les ans	Tous les ans	Tous les ans	1/2

Au stade actuel, il n'est pas encore possible d'évaluer si le dispositif en vigueur est pertinent face à la situation du bassin versant. Il sera nécessaire de croiser les résultats issus des différents volets de phase 1 et de définir les objectifs de gestion structurelle pour pouvoir réaliser cette analyse.

7 RECONSTITUTION DE L'HYDROLOGIE DESINFLUENCEE

7.1 Objectifs et principes généraux

La modélisation hydrologique permet de reconstituer les chroniques de débit s'écoulant à l'exutoire du bassin versant, sur la base de la connaissance de sa superficie, de ses chroniques météorologiques (pluie et ETP) et de la connaissance des usages de l'eau qui s'y sont développés (prélèvements et rejets).

Le modèle ainsi constitué est utilisé, dans le cadre de cette étude, pour reconstituer les chroniques hydrométriques désinfluencées des usages anthropiques de l'eau, ce qui permet de quantifier l'impact de ces usages sur les débits.

La suite de ce chapitre est structurée comme suit :

- Méthodologie générale - 7.2
- Modèle hydrologique de calage et qualité associée - 7.3
- Rappel du bilan des usages - 7.4
- Mise en perspective des régimes influencé et désinfluencé - 7.5

La solution de modélisation hydrologique employée est décrite au §9.2 – Annexe 1.

7.2 Méthodologie générale

7.2.1 Reconstitution des débits influencés

En situation actuelle, les débits caractéristiques d'étiage influencés peuvent se calculer à partir de la chronique journalière des débits transitant par l'exutoire du bassin versant analysé, sur une période aussi étendue que possible. Pour un point de référence donné, la connaissance de cette chronique dans la configuration « situation actuelle » peut s'acquérir par l'analyse de mesures hydrométriques, lorsque ces dernières sont disponibles :

- Au niveau du point de référence considéré ;
- Sur toute la période d'analyse considérée (2000-2021) ;
- A un pas de temps le plus petit possible (*a minima* journalier) ;
- Sans lacunes.

Lorsque ces mesures sont inexistantes ou incomplètes, il convient de reconstituer les débits. En cas d'absence de station hydrométrique située à l'exutoire du bassin versant considéré, disposant d'une chronique de données suffisamment longue, l'approche la plus pertinente consiste en la réalisation d'une modélisation hydrologique de type pluie/débit (également au pas de temps journalier) à l'échelle du bassin versant drainé au niveau du point de référence considéré.

La modélisation hydrologique présente une autre utilité très importante pour la présente étude (que les données soient lacunaires ou non) ; elle constitue la première étape de la reconstitution de l'hydrologie désinfluencée. En effet, en intégrant de manière explicite les usages impactant², la modélisation permet de connaître l'effet de ces derniers sur les débits et niveaux piézométriques du bassin versant. Les principes méthodologiques associés sont détaillés ci-dessous.

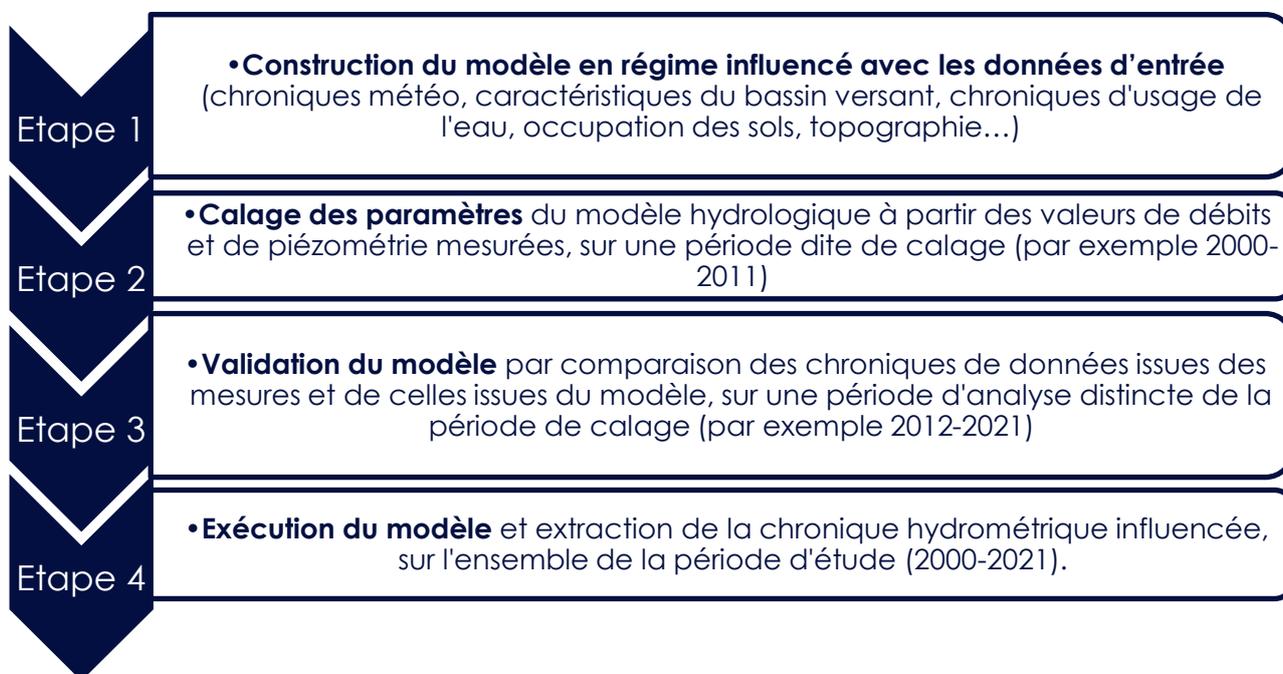


Figure 25 : Principe méthodologique de reconstitution des débits influencés

² On verra par la suite que les usages de l'eau ne sont pas tous considérés comme impactant vis-à-vis de la ressource en eau superficielle, selon la typologie du milieu dans lequel les prélèvements/rejets ont lieu.

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

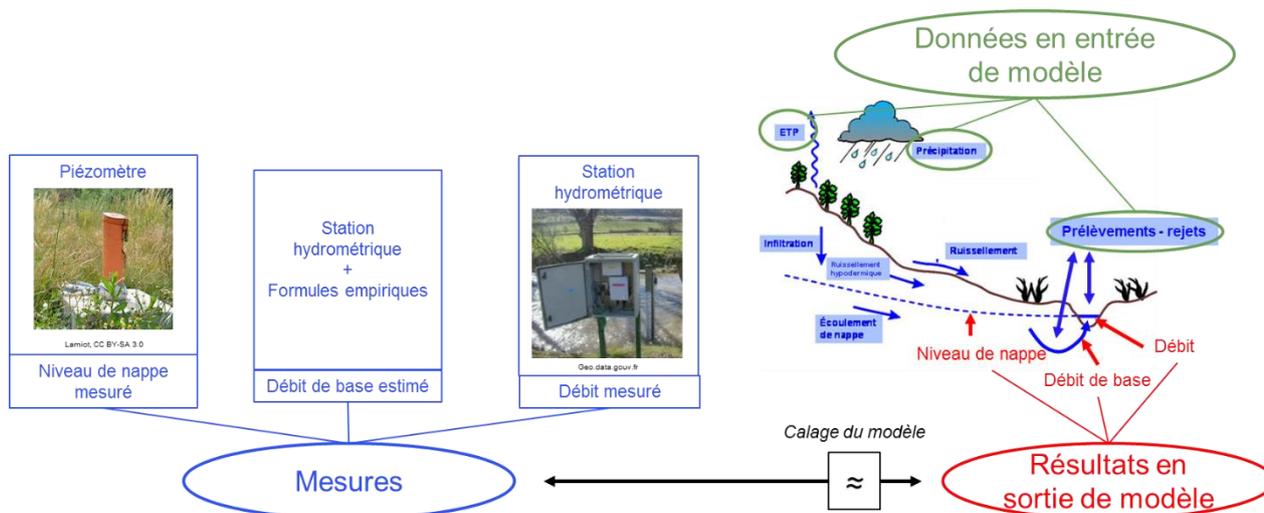


Figure 26 : Structure de modèle en régime influencé et illustration du principe de calage

Le calage est réalisé par itérations en ajustant les paramètres du modèle³, dans le respect de leur gamme de validité et dans le but d'optimiser les critères suivants par rapport aux valeurs mesurées :

- Reconstitution du module, du QMNA moyen et du VNC30 moyen ;
- Maximisation du coefficient de Nash mensuel sur les débits mensuels et sur les débits mensuels estivaux (juillet à octobre) ;
- Reconstitution des VCN30 et des QMNA chaque année.

Le processus de calage prend fin dès lors que l'amélioration d'un de ces indicateurs de calage entraîne la détérioration d'un ou plusieurs autres indicateurs.

Les modèles ayant pour vocation de prendre en compte l'effet des usages souterrains et de restituer fidèlement les débits d'étiage qui sont principalement issus des apports de nappe, il convient d'assurer également une représentation cohérente des phénomènes souterrains. Ceci permettra notamment de garantir la robustesse des modèles lorsqu'ils seront utilisés en projection future, dans le cadre du volet climat. La qualité des résultats obtenus en appliquant un modèle à des conditions autres que celles pour lesquelles il a été calibré dépend grandement de sa capacité à reconstituer l'ensemble des phénomènes hydrologiques et hydrogéologiques du système représenté. Un modèle qui parvient à représenter correctement l'intégralité de ces phénomènes est plus enclin à fournir des résultats plus précis dans des contextes variés par rapport à un modèle où seule une fraction des phénomènes hydrologiques est correctement modélisée. Ainsi, on s'attache également, dans le cadre du calage des modèles hydrologiques, à restituer de manière satisfaisante les principales composantes du compartiment souterrain et des interactions nappe-rivière. Concrètement, il s'agit d'optimiser les critères suivants :

³ MIKE Hydro Basin utilise le code de calcul NAM, voir Annexe 1.

- Coefficient de Nash, RMSE et reconstitution de la chronique mensuelle du niveau piézométrique, telle que mesurée au niveau du piézomètre considéré le plus représentatif du compartiment souterrain du secteur modélisé. La modélisation réalisée dans la présente étude étant de type global, le compartiment souterrain est simplifié⁴. Ainsi, on s'attache essentiellement à reproduire le phasage du cycle de montée descente de la nappe, les amplitudes relatives observées et l'évolution interannuelle des niveaux. Pour ce faire, une opération de centrage-normage du niveau simulé sur le niveau observé est réalisée, d'après la moyenne et l'amplitude des chroniques piézométriques observées.

Il convient d'avoir à l'esprit que l'essentiel de l'effort de calage concerne les débits. En effet :

- Les chroniques hydrométriques constituent un indicateur de calage fiable, représentatif de l'ensemble du bassin versant drainé, par contraste avec les chroniques piézométriques qui ne sont que le témoin d'un point localisé qui n'est pas systématiquement représentatif du comportement de la nappe sur l'ensemble du bassin représenté ;
- Le débit est plus intégrateur des phénomènes du bassin que la piézométrie, qui peut ne pas être très bien corrélée au débit associé (karst, failles etc.) ;
- L'effort de calage accentué sur les débits d'étiage, qui sont principalement issus des nappes, favorise une bonne représentation des processus d'échanges nappe-rivière ;
- Les chroniques de débit modélisées et les indicateurs en étant issus vont être largement utilisés dans la suite de l'étude (pour la définition de débits objectifs d'étiage, de volumes maximums mobilisables en eau superficielle et en nappe libre). En revanche, les niveaux de nappe modélisés sont moins cruciaux, l'analyse des piézométries objectives d'étiage pouvant être réalisée à l'aide d'analyses statistiques sur les chroniques observées.

Les différents indicateurs présentés par la suite s'évaluent comme suit :

Nash mensuel		Reconstitution du module		Reconstitution du QMNA moyen et du VCN30 moyen	
>0.9	Excellent	entre 95% et 105% de la valeur mesurée	Excellent	entre 90% et 110% de la valeur mesurée	Excellent
0.8-0.9	Très bon	entre 90% et 110% de la valeur mesurée	Très bon	entre 80% et 120% de la valeur mesurée	Très bon
0.7-0.8	Bon	entre 80% et 120% de la valeur mesurée	Bon	entre 70% et 130% de la valeur mesurée	Bon
0.5-0.7	Acceptable	entre 70% et 130% de la valeur mesurée	Acceptable	entre 60% et 140% de la valeur mesurée	Acceptable
0.3-0.5	Médiocre	entre 50 et 150% de la valeur mesurée	Médiocre	entre 40% et 160% de la valeur mesurée	Médiocre
<0.3	Mauvais	au-delà de 50% et 150% de la valeur mesurée	Mauvais	au-delà de 40% et 160% de la valeur mesurée	Mauvais

⁴ Réservoir vide, à la différence d'un milieu solide poreux, et le niveau piézométrique modélisé est une hauteur d'eau théorique en l'absence d'aquifère perméable, différent du niveau piézométrique observé dont les variations sont plus importantes du fait de la matrice poreuse en présence.

7.2.2 Reconstitution des débits et niveaux désinfluencés

Afin d'évaluer l'impact actuel des usages anthropiques sur la ressource en eau et *in fine*, sur les milieux aquatiques, il convient de calculer les débits caractéristiques d'étiage en régime « désinfluencé » en situation actuelle.

La démarche générale adoptée pour reconstituer l'hydrologie désinfluencée du bassin versant de l'Argance est récapitulée par le synoptique suivant :

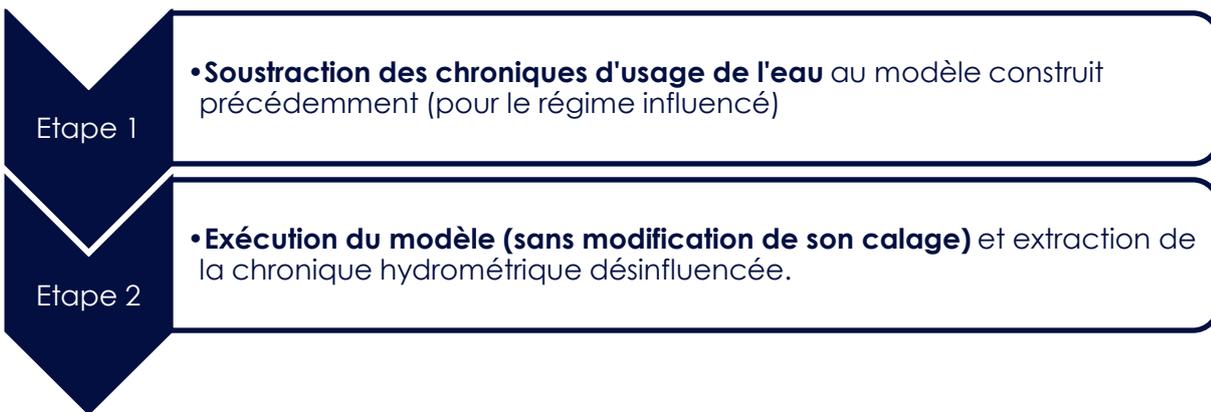


Figure 27 : Principe méthodologique de reconstitution des débits désinfluencés

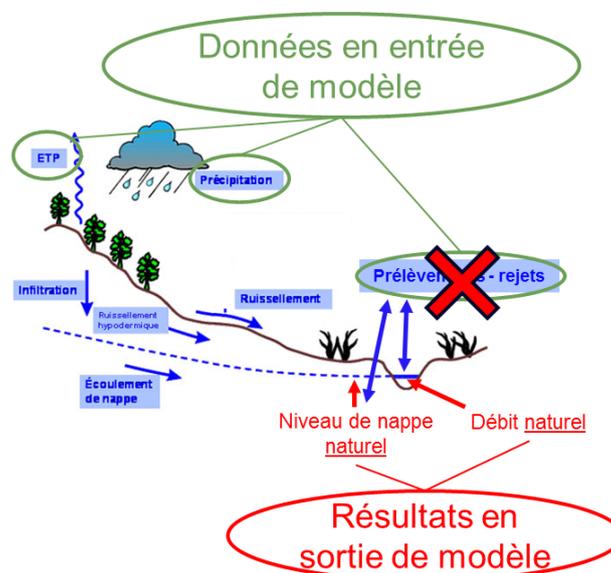


Figure 28 : Structure de modèle en régime désinfluencé

7.2.3 Quantification des intervalles de confiance

Les chroniques de débits reconstituées comportent un certain nombre d'incertitudes (voir annexe 3 - §9.3) dont les plus impactantes, concernant la reconstitution des débits influencés et désinfluencés, sont :

- Les erreurs liées à la modélisation, introduites du fait d'un calage imparfait et qui impactent à la fois les débits influencés et désinfluencés. Ces dernières sont appréhendées à l'aide de la comparaison entre les simulations et les observations, données au paragraphe 7.3.
- Les erreurs liées au bilan des usages, issues des hypothèses prises pour reconstituer les chroniques de prélèvements et rejets.

Pour évaluer les incertitudes liées au bilan des usages, on réalise deux simulations en utilisant le modèle calé sur la situation influencée et les deux chroniques d'usages suivantes respectivement :

- Une chronique de forte pression anthropique, constituée à partir des prélèvements maximums et des rejets minimums définis par les marges de confiance du bilan des usages ;
- Une chronique de basse pression anthropique, constituée à partir des prélèvements minimums et des rejets maximums établis lors du bilan des usages.

La différence entre les chroniques de débit influencé obtenues dans ces deux situations (pression anthropique haute ou basse) permet de caractériser l'incertitude liée aux usages sur les débits. Cette incertitude est ensuite propagée sur le régime désinfluencé.

A noter un biais lié au fait de ne pas prendre en compte explicitement du drainage en tant qu'usage anthropique à part entière. En effet, les débits désinfluencés seront probablement globalement sous-estimés.

7.3 Modèle hydrologique de calage et qualité associée

La chronique de débits observés pour le bassin de l'Argance comporte des observations complètes, de qualité et validées pour les années 2000 à 2021.

La période de calage retenue est 2000-2011, la période de validation s'étend donc de 2012 à 2021.

Les résultats de modélisation sont satisfaisants avec une évaluation générale de « médiocre » à « excellent » suivant les indicateurs que ce soit en période de calage ou de validation.

Les critères de Nash calculés sur les débits mensuels sont d'environ 0,8 en période annuelle pour le calage et la validation. Sur la période estivale, le modèle est moins performant, on calcule en effet des critères de Nash respectivement de 0,6 et 0,5 pour le calage et la validation. Cela s'explique par la difficulté inhérente à représenter correctement les faibles débits. On observe une bonne restitution de la variabilité annuelle des débits par le modèle.

La dynamique des niveaux piézométriques semble bien restituée par le modèle au cours de l'année malgré une légère surestimation des bas niveaux de la nappe pour la période de calage. On remarque que le modèle reproduit correctement le fonctionnement de la nappe d'une année à l'autre pour la période de calage et de validation.

L'annexe 4 (§9.4) présente les chroniques journalières des débits observés et simulés au droit de la station de la Chapelle d'Aligné.

7.3.1 Performance en calage (2000-2011)

Tableau 4 : Métriques d'évaluation de performance pour le modèle - calage

Critère de performance	Valeur atteinte	Evaluation du critère
Coefficient de Nash sur les débits mensuels	0.83	Très bon
Coefficient de Nash sur les débits mensuels estivaux	0.60	Acceptable
Reconstitution du module	0.23 m ³ /s (102.4% de la valeur mesurée)	Excellent
Reconstitution du QMNA moyen	0.04 m ³ /s (128.9% de la valeur mesurée)	Bon
Reconstitution du VCN30 moyen	0.04 m ³ /s (132.4% de la valeur mesurée)	Acceptable
Reconstitution des débits mensuels interannuels	Voir fig. "Débits mensuels interannuels"	Bon
Reconstitution des VCN30	Voir fig. "VCN30"	Bon
Reconstitution des QMNA	Voir fig. "QMNA"	Bon

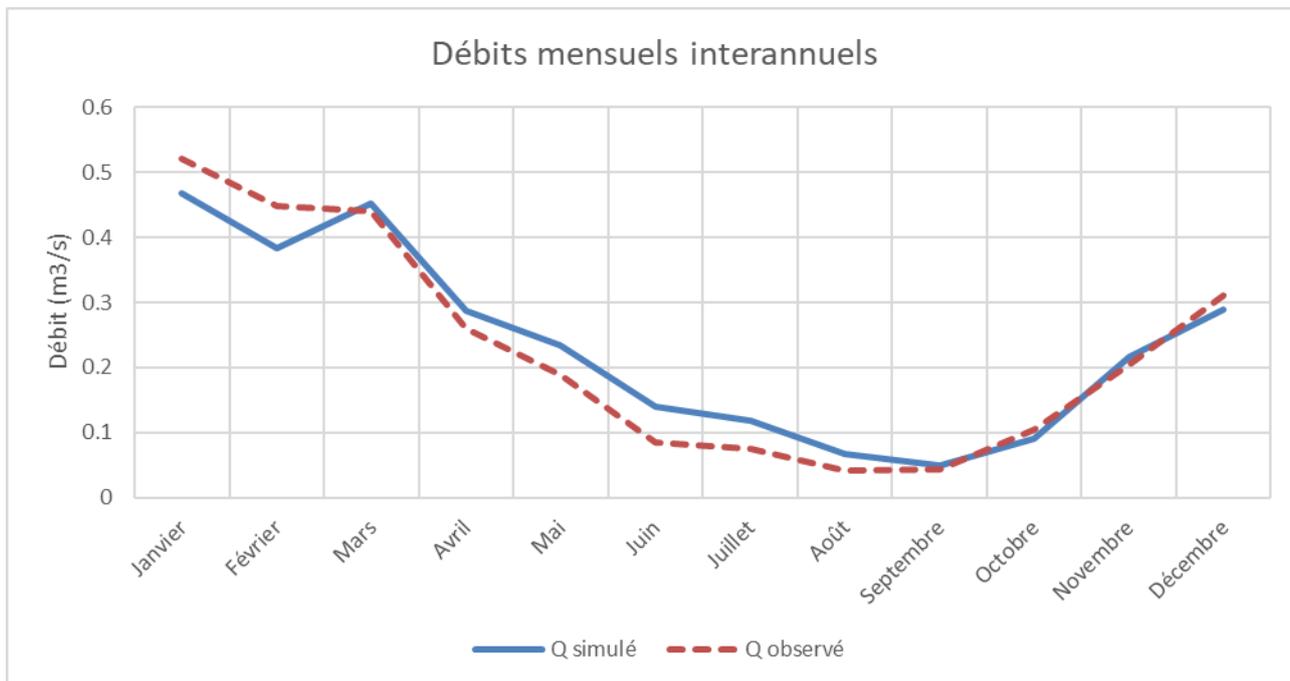


Figure 29 : Débits mensuels interannuels modélisés et observés

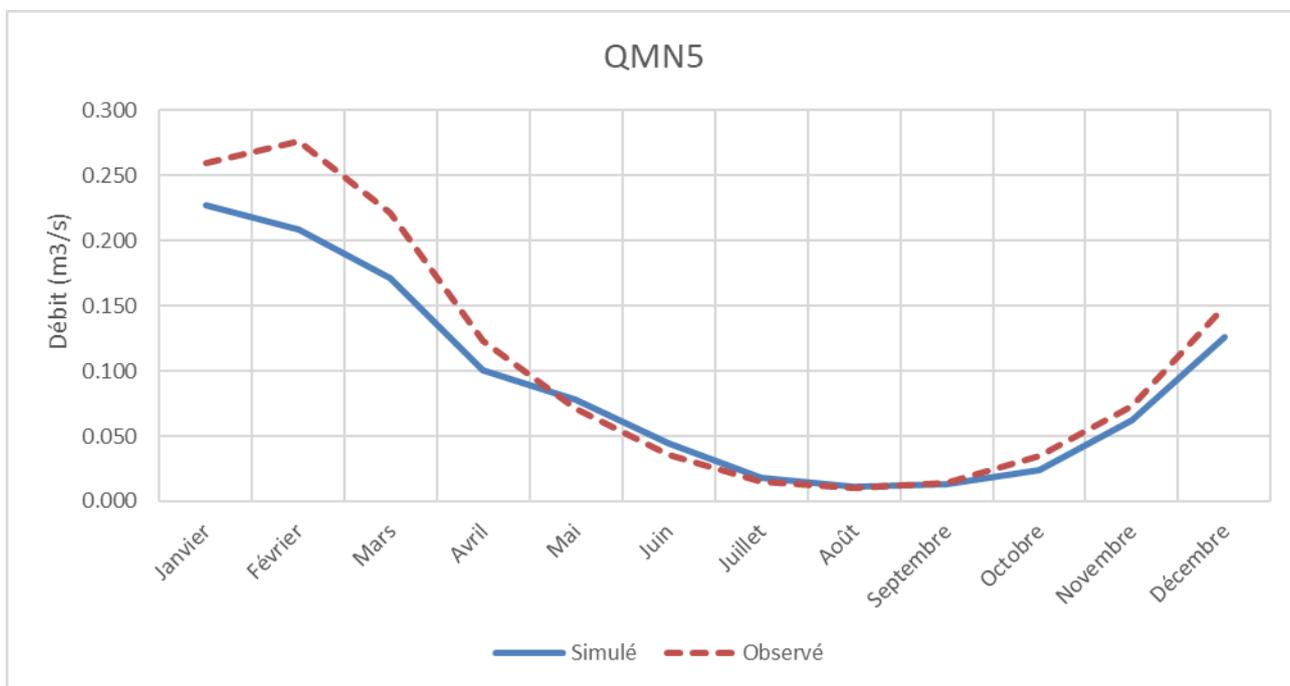


Figure 30 : Débits mensuels minimaux quinquennaux modélisés et observés

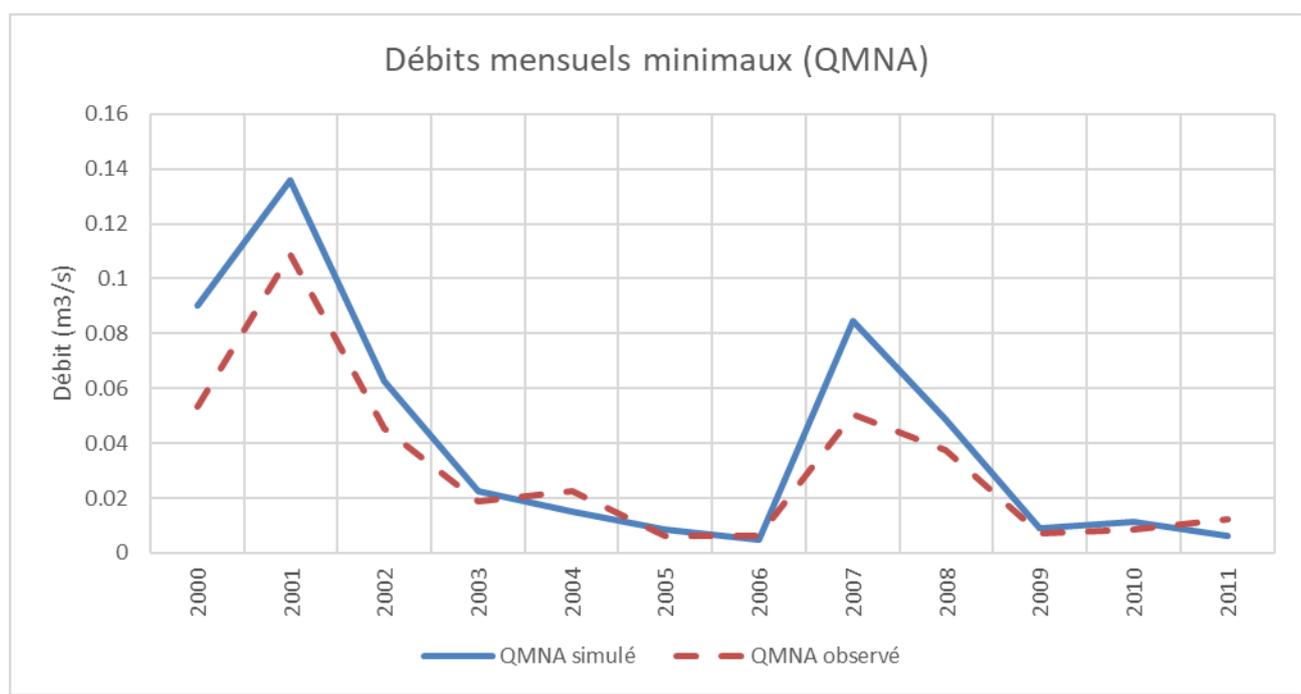


Figure 31 : QMNA modélisés et observés

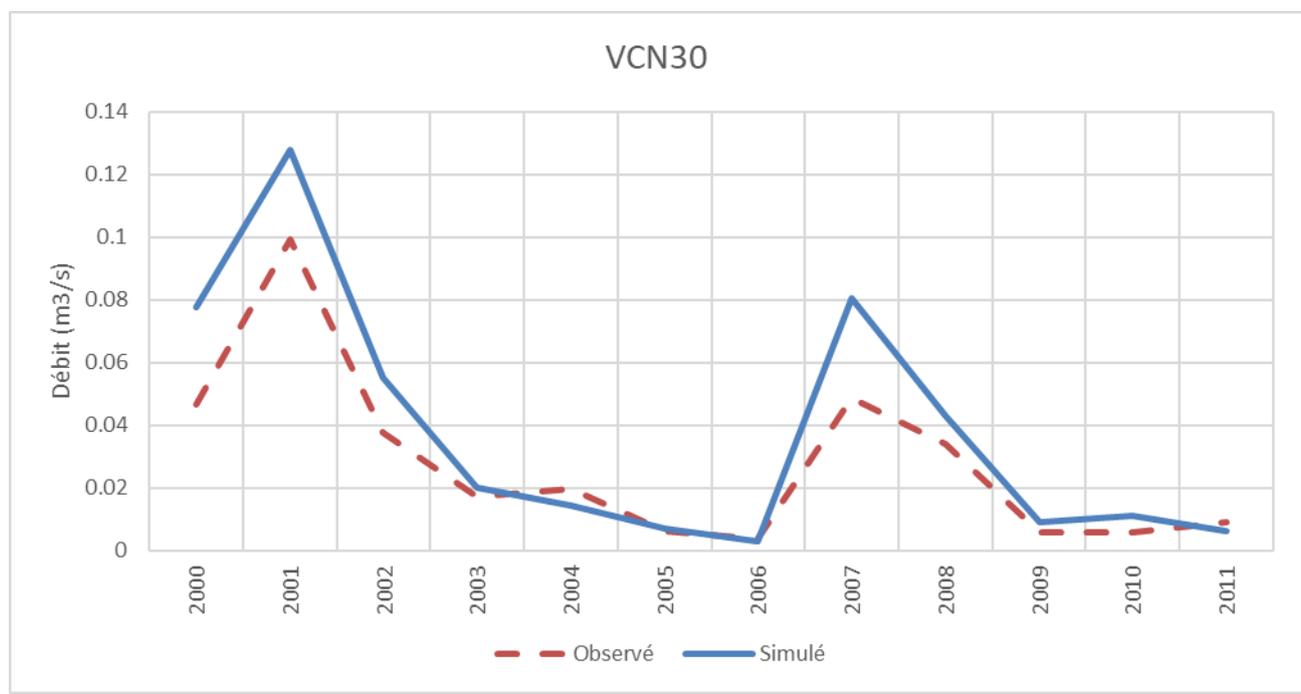


Figure 32 : VCN30 modélisés et observés

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

L'indicateur RMSE est utilisée pour décrire l'adéquation du modèle avec les observation. Ce dernier est normalisé par l'amplitude moyenne de la piézométrie observée.

RMSE normalisée : 40%

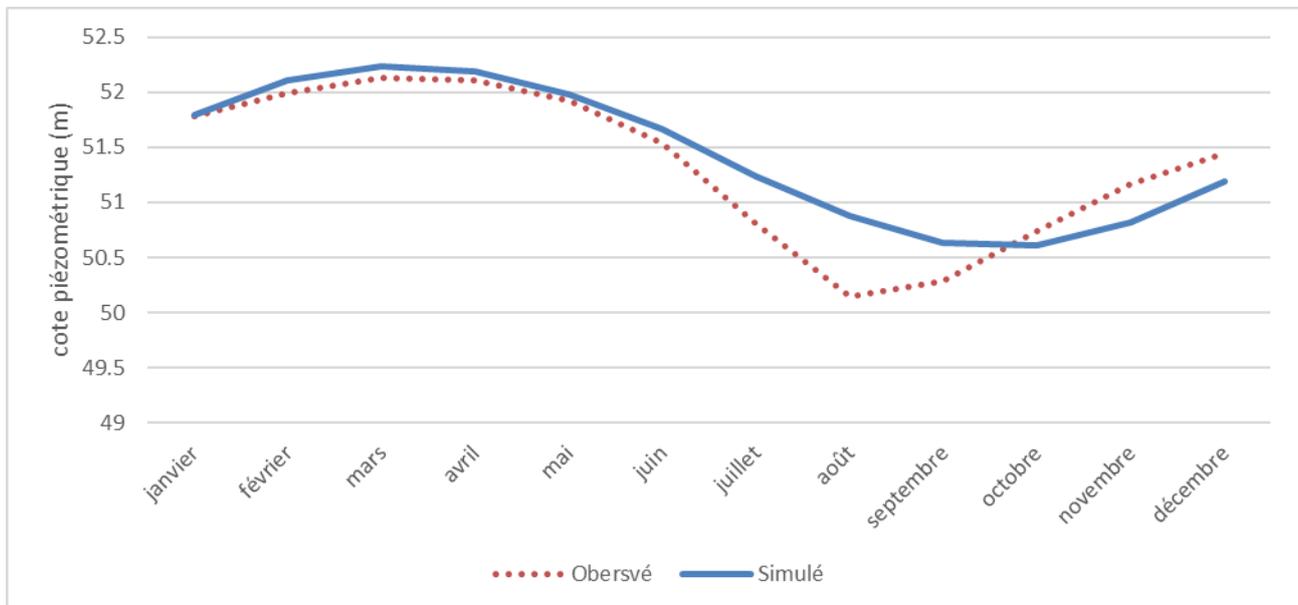


Figure 33 : Analyse des cotes piézométrique moyennes mensuelles modélisées et observées

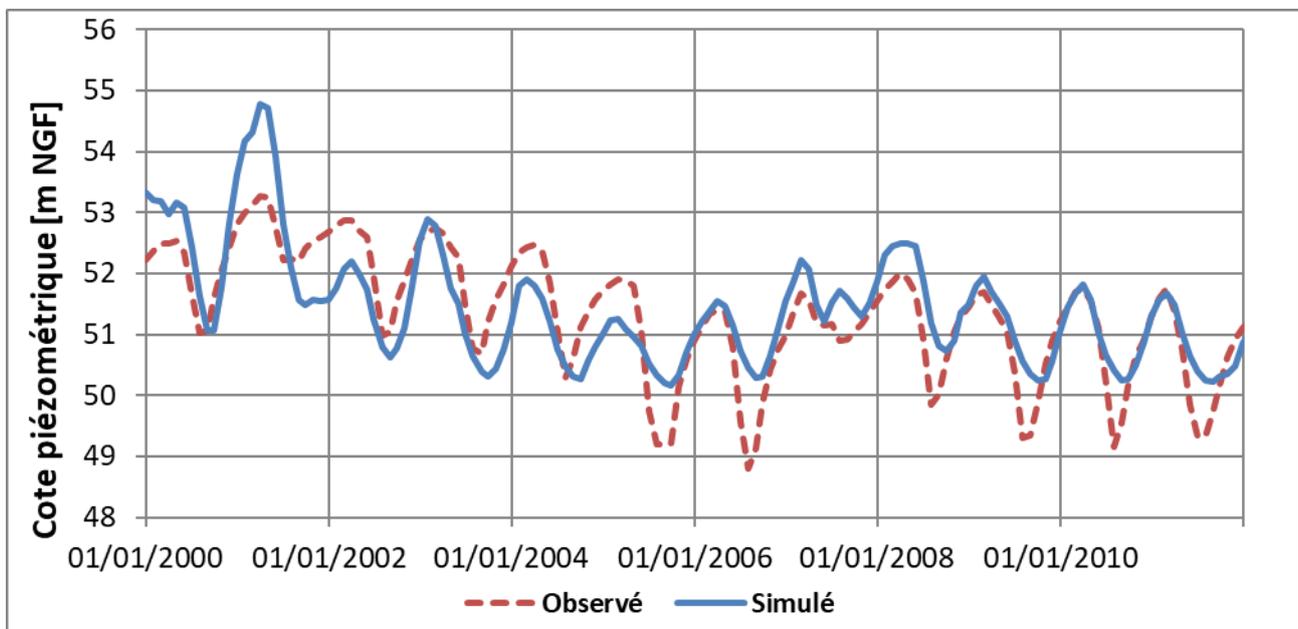


Figure 34 : Analyse des cotes piézométrique mensuelles modélisées et observées

7.3.2 Performance en validation (2012-2021)

Tableau 5 : Métriques d'évaluation de performance pour le modèle – validation

Critère de performance	Valeur atteinte	Evaluation du critère
Coefficient de Nash sur les débits mensuels	0.78	Bon
Coefficient de Nash sur les débits mensuels estivaux	0.48	Médiocre
Reconstitution du module	0.19 m3/s (86.8% de la valeur mesurée)	Bon
Reconstitution du QMNA moyen	0.03 m3/s (118.4% de la valeur mesurée)	Bon
Reconstitution du VCN30 moyen	0.03 m3/s (121.4% de la valeur mesurée)	Bon
Reconstitution des débits mensuels interannuels	Voir fig. "Débits mensuels interannuels"	Acceptable
Reconstitution des VCN30	Voir fig. "VCN30"	Bon
Reconstitution des QMNA	Voir fig. "QMNA"	Bon

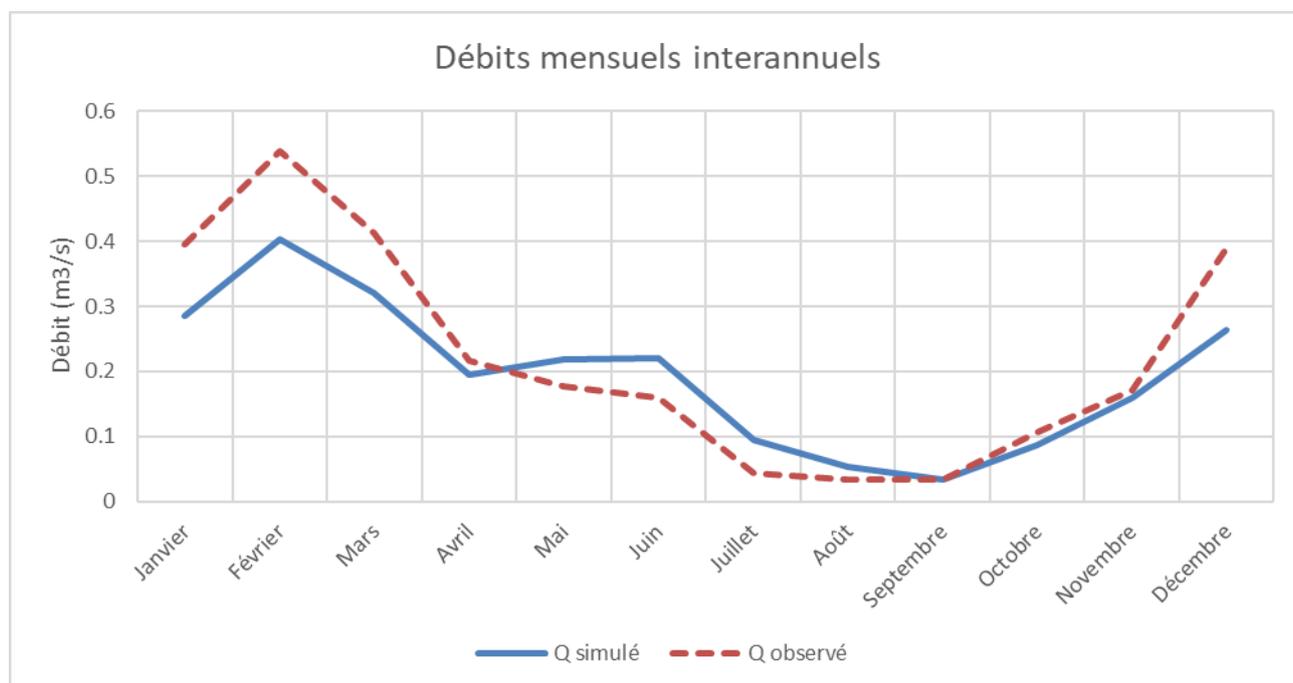


Figure 35 : Débits mensuels interannuels modélisés et observés - validation

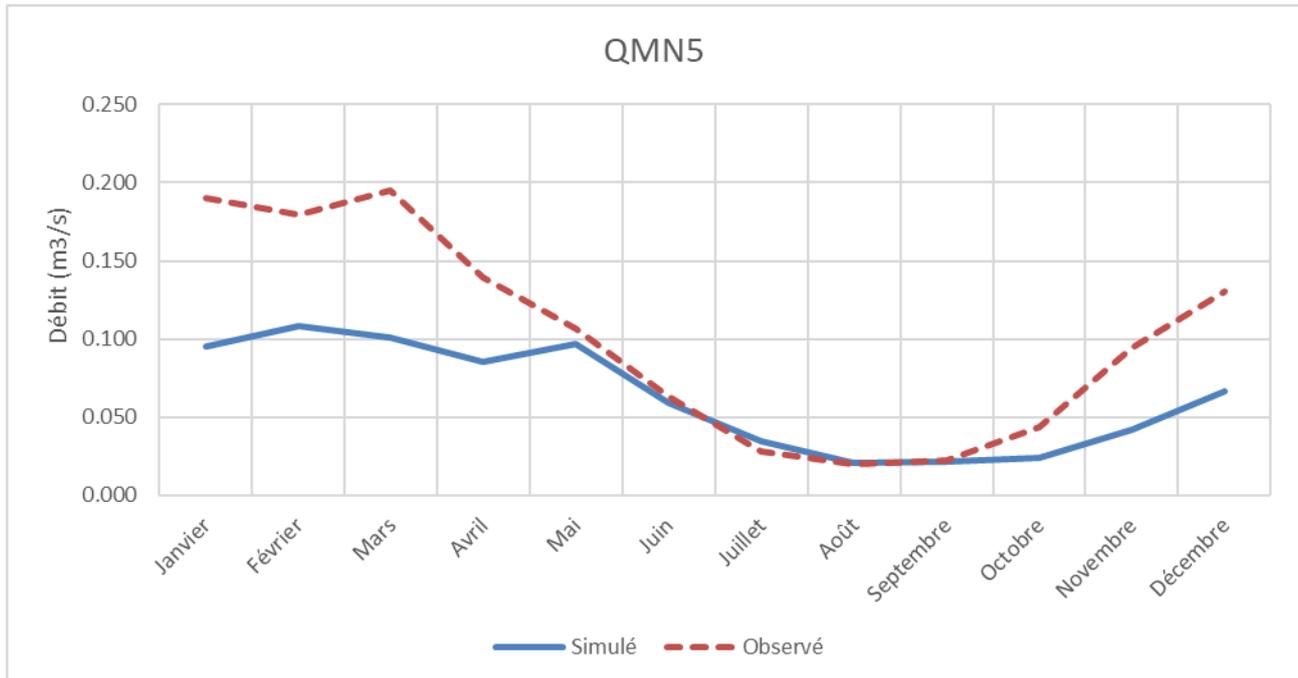


Figure 36 : Débits mensuels minimaux quinquennaux modélisés et observés - validation

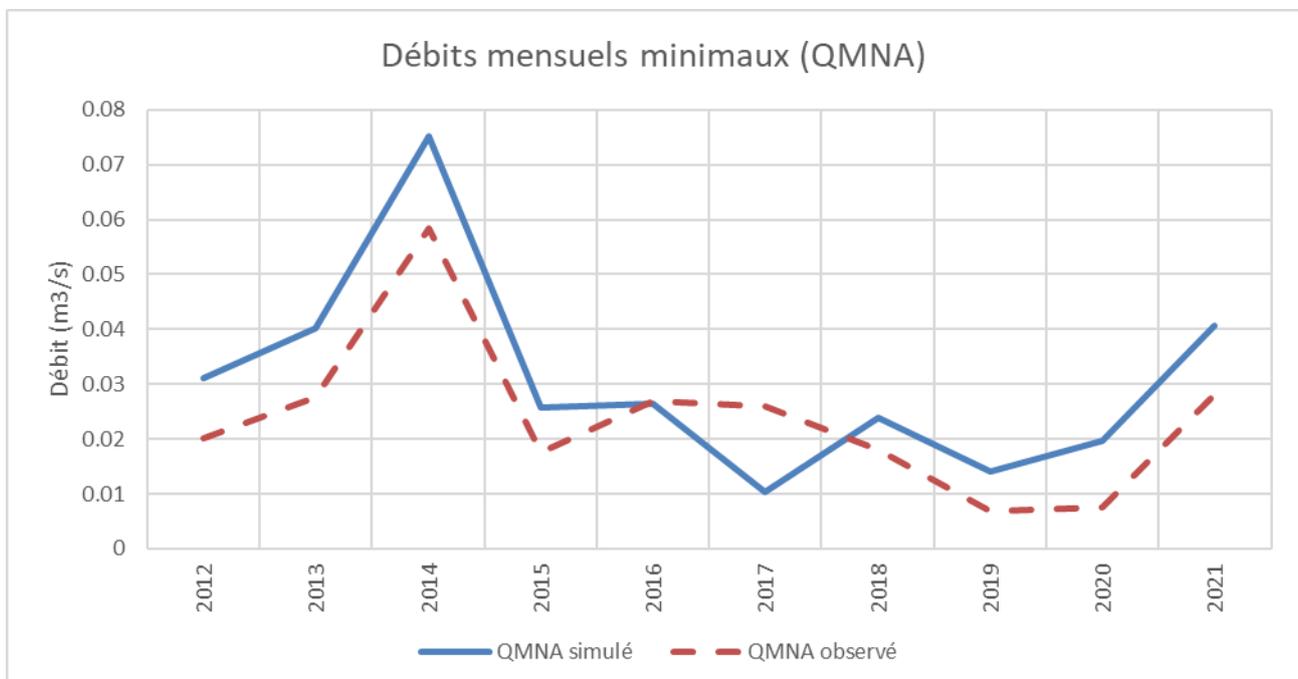


Figure 37 : QMNA modélisés et observés - validation

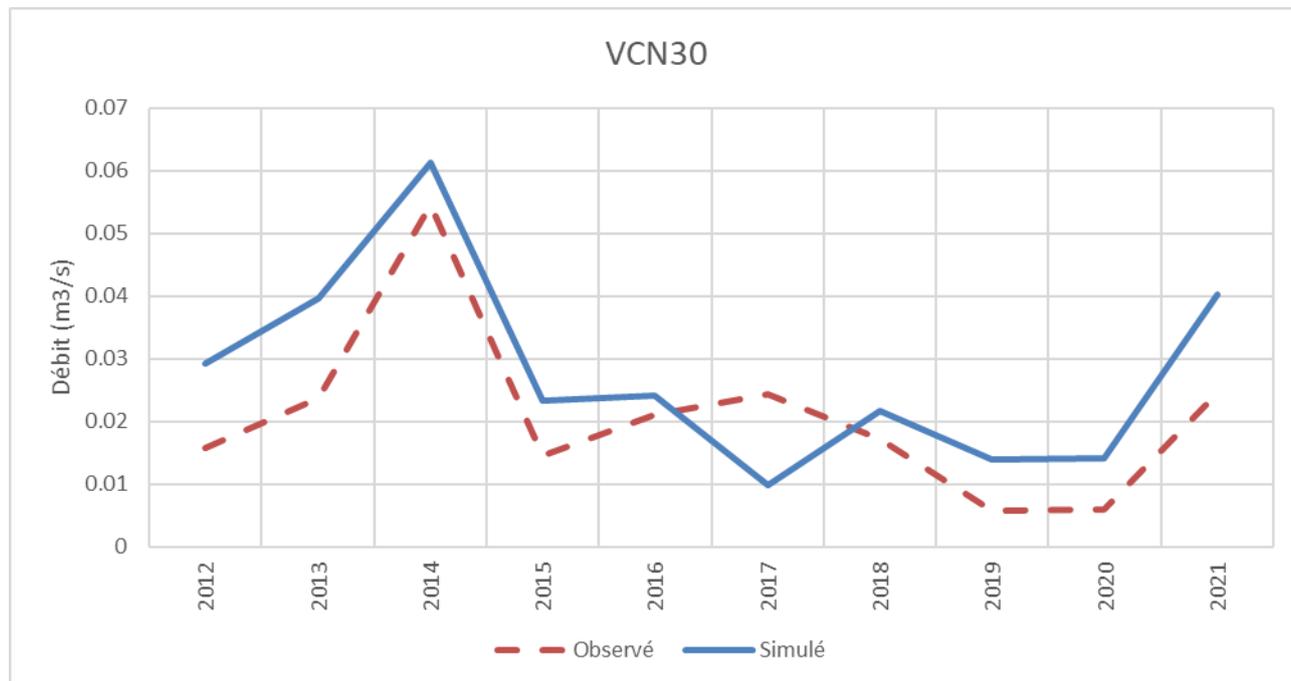


Figure 38 : VCN30 modélisés et observés - validation

L'indicateur RMSE est utilisée pour décrire l'adéquation du modèle avec les observation. Ce dernier est normalisé par l'amplitude moyenne de la piézométrie observée.

RMSE normalisée : 41%

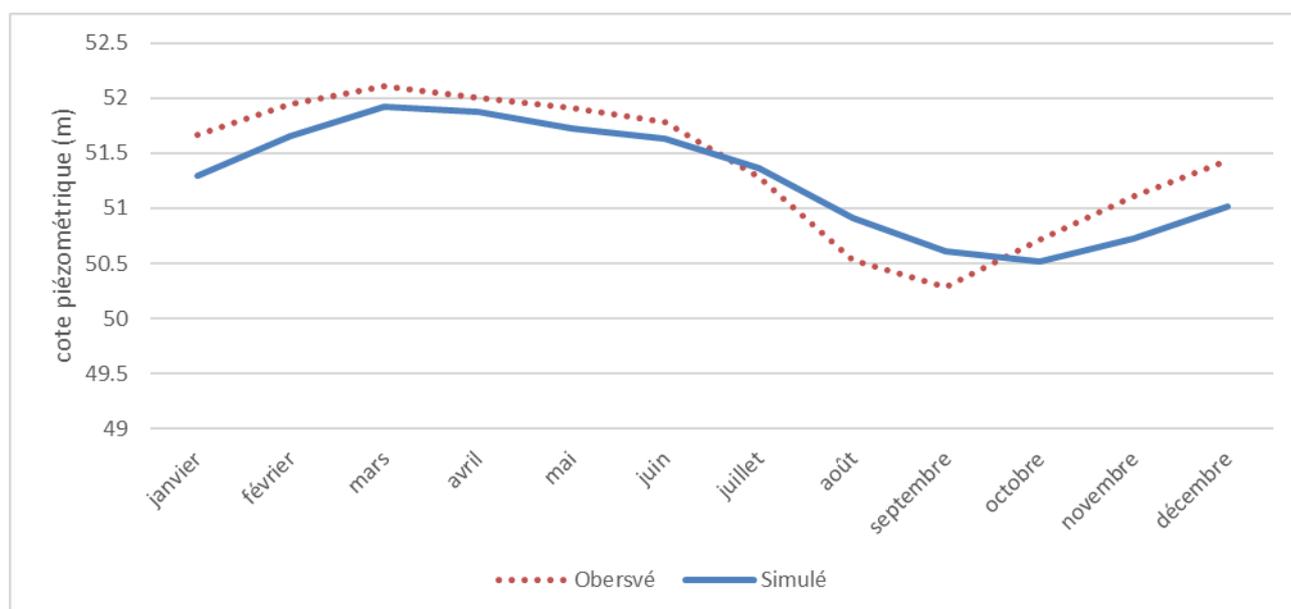


Figure 39 : Analyse des cotes piézométrique moyennes mensuelles modélisées et observées - validation

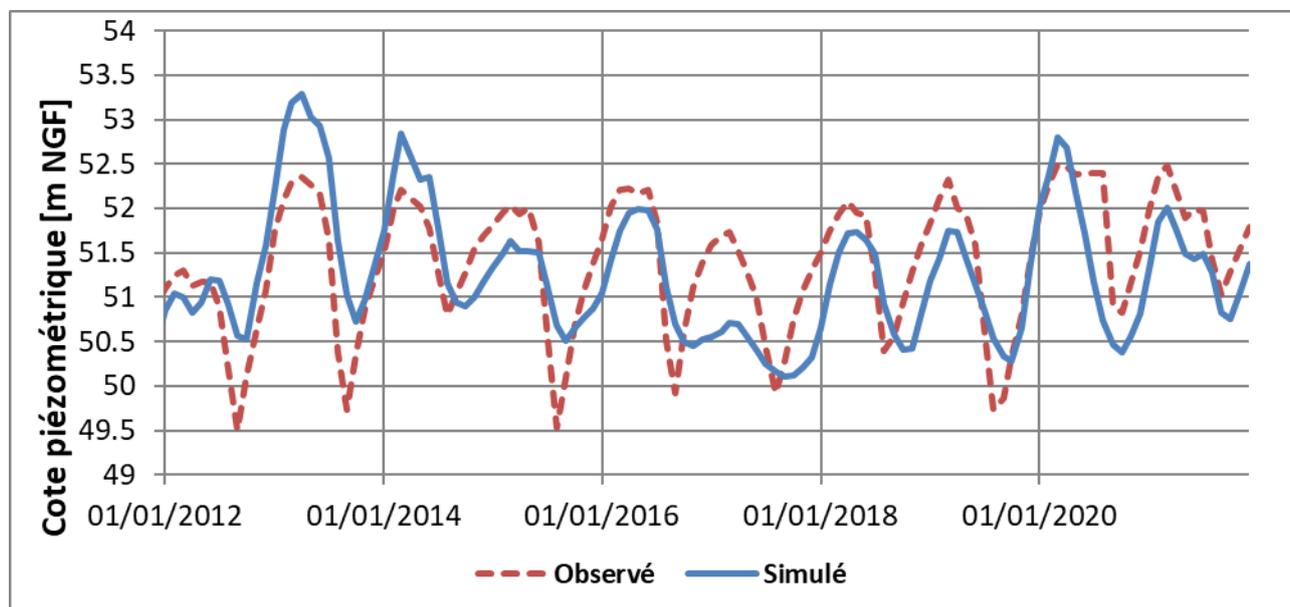


Figure 40 : Analyse des cotes piézométriques mensuelles modélisées et observées - validation

7.3.3 Comparaison avec la modélisation réalisée par le BRGM

Une modélisation hydrologique similaire a été réalisée par le BRGM sur le bassin de l'Argance. Les deux modèles produits sur le bassin sont globalement cohérents entre eux et les différences qui peuvent s'observer s'expliquent par le fait qu'ils poursuivent des objectifs différents. En effet, dans le cadre de l'étude HMUC nous nous efforçons de représenter correctement les débits, en particulier les plus faibles, tandis que le BRGM s'est particulièrement concentré sur la représentation des niveaux piézométriques et les débits moyens. Ainsi les efforts de calage ne se sont pas appuyés sur les mêmes critères.

On peut constater, logiquement, que le modèle du BRGM est meilleur pour représenter la piézométrie et les débits globaux tandis que le modèle produit dans le cadre de la présente étude est meilleur pour représenter les faibles débits. Les figures suivantes présentent une comparaison globale des restitutions des modèles sur la période 2000-2021. On peut noter, notamment au travers de la figure présentant l'évolution des débits mensuels minimaux (QMNA) que le modèle développé pour l'étude HMUC restitue bien la réalité sur les années à faible débit. De manière semblable, les deux modèles surestiment légèrement les années au débit relativement élevé. Lorsque la comparaison porte sur le compartiment souterrain, le modèle développé par le BRGM est plus fidèle à la réalité.

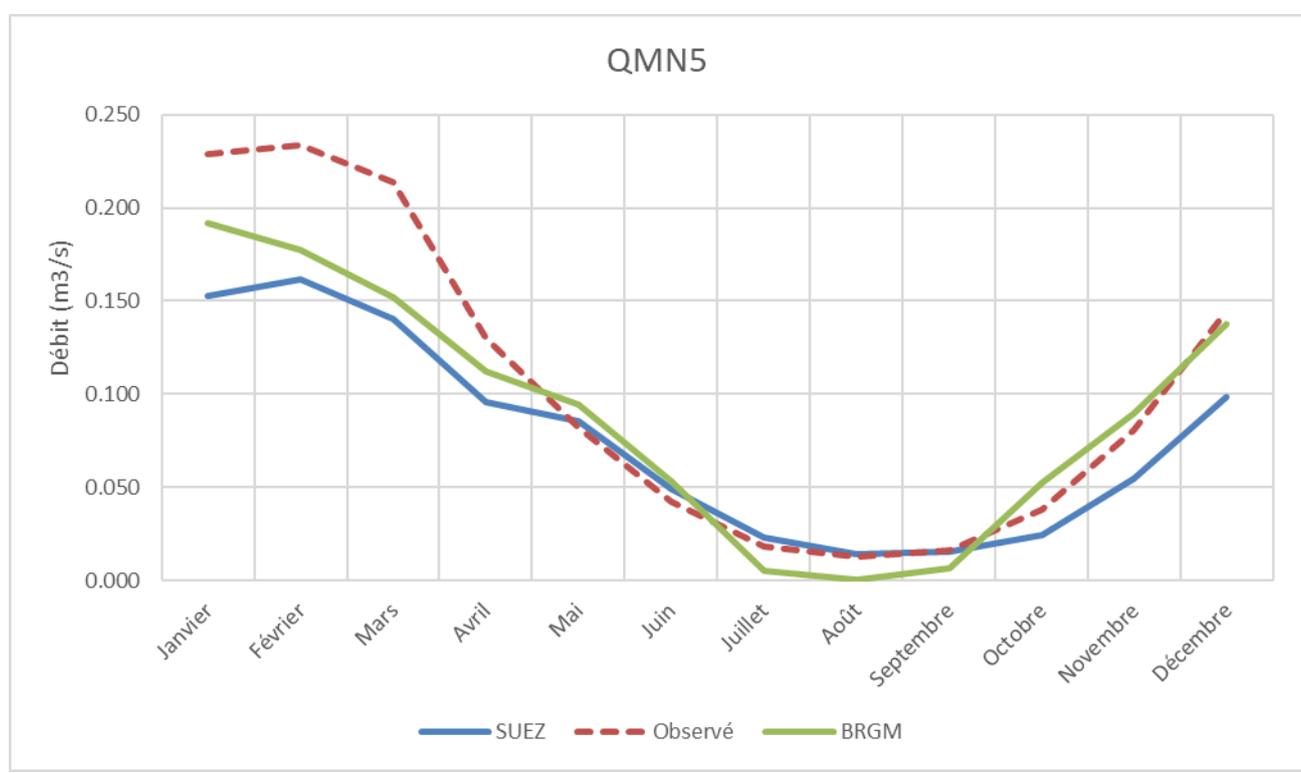


Figure 41 : Débits mensuels minimaux quinquennaux modélisés (SUEZ & BRGM) et observés

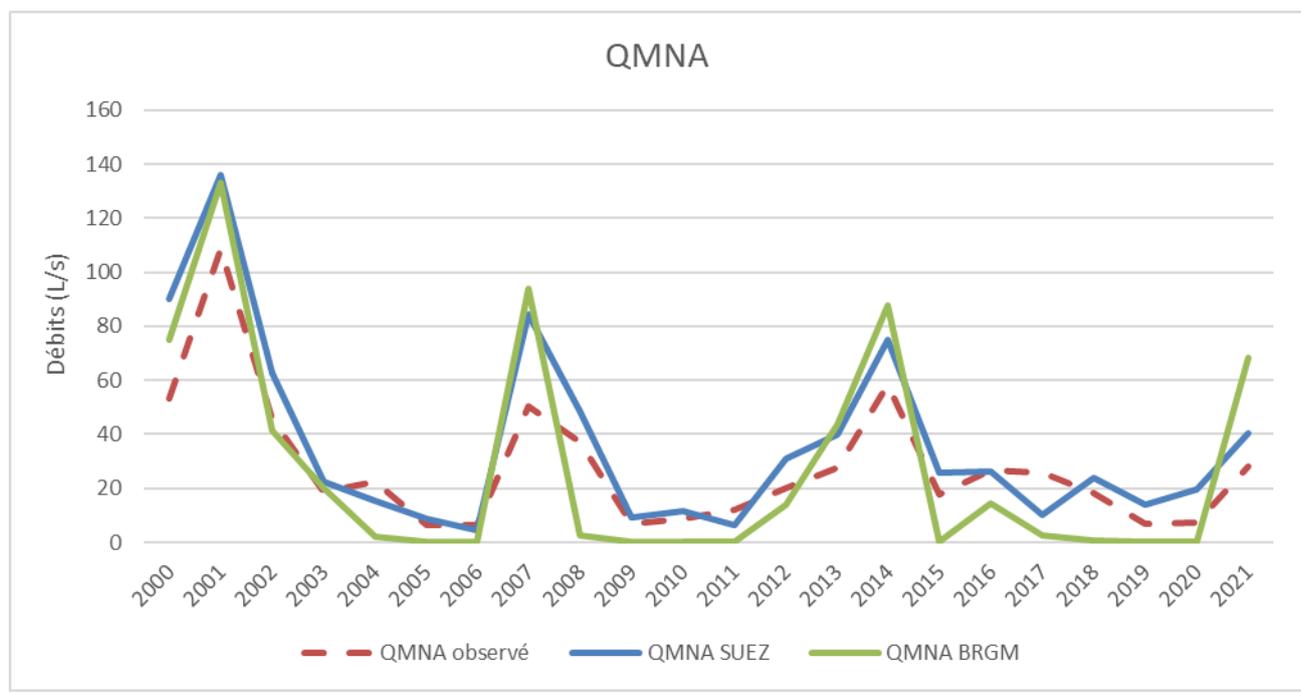


Figure 42 : QMNA modélisés (SUEZ & BRGM) et observés

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

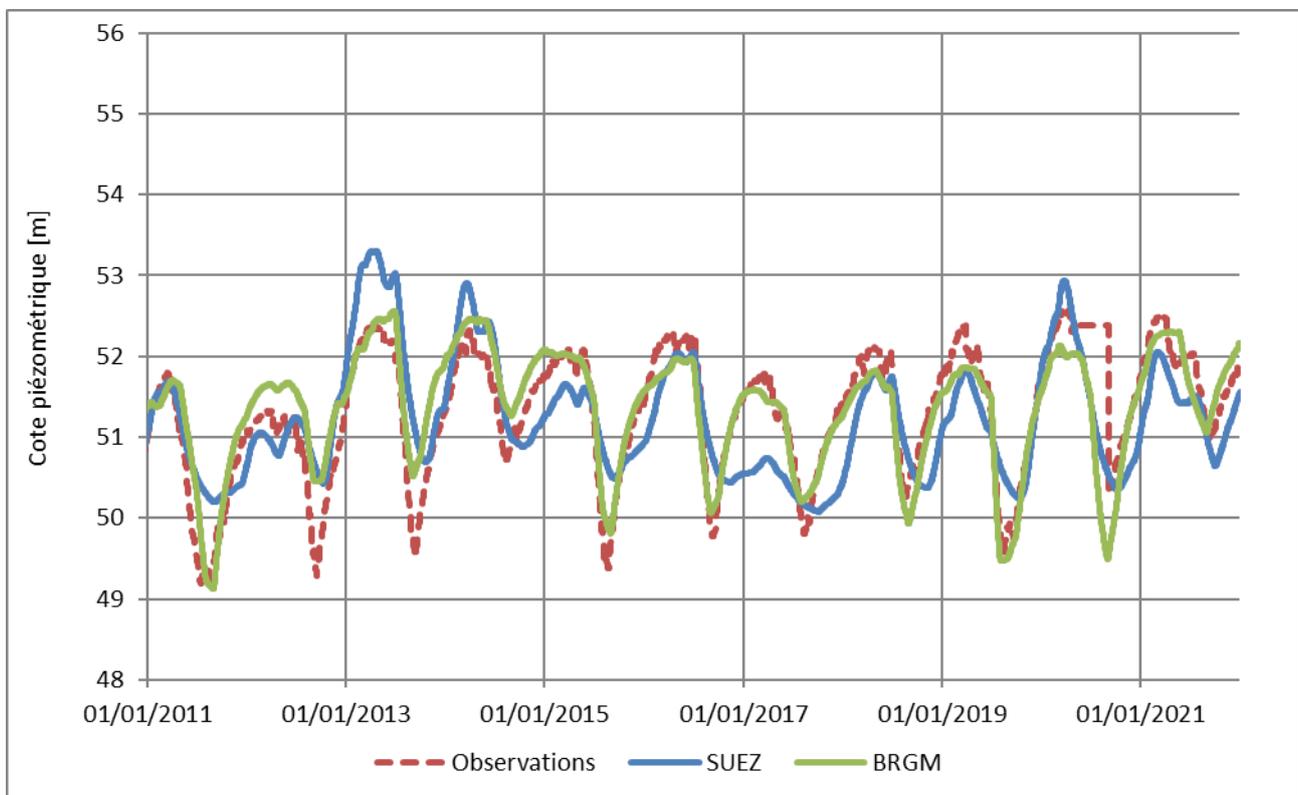
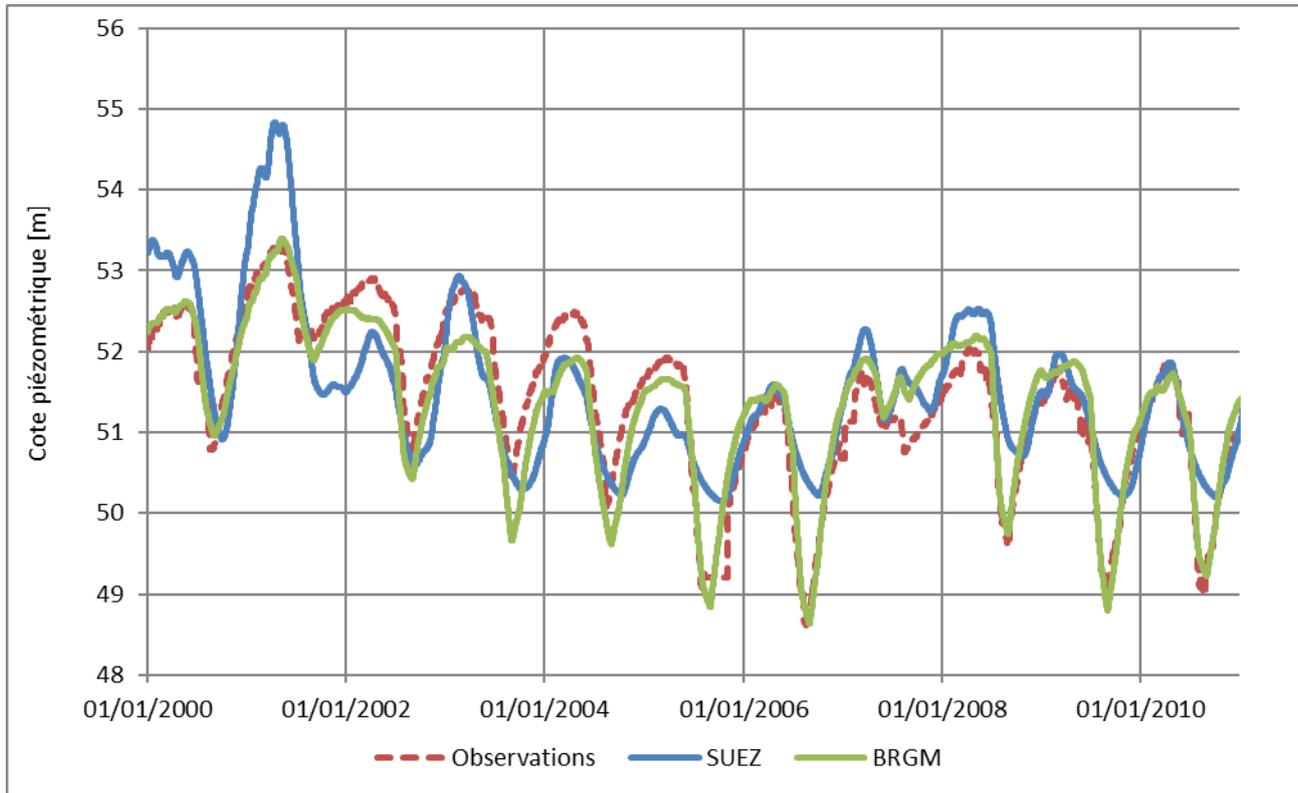


Figure 43 : Analyse des cotes piézométrique mensuelles modélisées (SUEZ & BRGM) et observées sur les périodes 2000-2010 (en haut) et 2011-2021 (en bas)

7.4 Rappel du bilan des usages

Le présent paragraphe récapitule les principales conclusions du bilan des usages réalisé dans le cadre de la présente étude.

Le bilan concerne les usages suivants :

- **Prélèvements** : Irrigation des cultures (dont la lutte antigel), abreuvement du bétail et pertes dus à la présence des plans d'eau
- **Rejets** : Pertes réseaux AEP, rejets d'assainissement collectif, non collectif et liés à la lutte antigel

Le bilan global permet les conclusions suivantes :

- Les **volumes restitués** au milieu naturel représentent en moyenne **15% des volumes prélevés** sur la période 2000-2021 avec un volume prélevé moyen de 1,2 millions de m³ contre 0,3 millions de m³ restitués aux milieux.
- Les prélèvements majoritaires concernent l'irrigation (**76% des prélèvements**). La sur-évaporation des plans d'eau (20%) et l'abreuvement (4%) **complètent les prélèvements** ;
- Les restitutions sont dominées par les **rejets d'assainissement collectif qui représentent 52% des rejets totaux**. Les rejets liés à la lutte antigel par aspersion (26%), les pertes des réseaux AEP (13%) et les restitutions d'assainissement non collectif (9%) complètent ces derniers ;
- Les **prélèvements sont effectués en majorité dans les eaux souterraines (62% des prélèvements)** ;
- Les prélèvements fluctuent d'une année à l'autre sous l'effet des besoins en eau de l'irrigation des cultures notamment ;
- Les rejets sont totalement effectués dans les eaux superficielles et les nappes d'accompagnement ;

Les prélèvements souterrains, captant une ressource captive sont exclus de la modélisation car n'impactent pas immédiatement les débits du cours d'eau. Le tableau suivant présente les prélèvements exclus de la modélisation dans le cadre de l'étude, sont mis en lumière les captages qui ont fait office d'essai de pompage par ANTEA lors de l'étude de diagnostic de forage. Ce diagnostic de forage nous permet ainsi de confirmer la captivité de la ressource prélevée par les deux ouvrages prospectés (en vert ci-dessous). Les résultats présentés pour un troisième ouvrage (Les Bas-Monts-Creaux / BSS001BQYM) nous permet de confirmer le caractère libre de la ressource prélevée.

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argance

Code BSS	Nom ouvrage	Commune	Lieu-dit	Masse d'eau
BSS001BQYS / 03927X0070/F	LA BERCELIERE	CROSMIERES	0	GG142
BSS001BQZH / 03927X0087/P	LA CORNUERE	VILLAINES-SOUS-MALICORNE	LA GALOISIERE	GG142
BSS001BQZH / 03927X0087/P	LA GALOISIERE	VILLAINES-SOUS-MALICORNE	LA GALOISIERE	GG142
BSS001BQXY / 03927X0034/F	LA MORINIERE	CROSMIERES	LA MORINIERE	GG142
-	L'ANGLOTIERE	CROSMIERES	LES ORMEAUX	-
BSS001BQYR / 03927X0069/F	LE PORT 1&2	CROSMIERES	LA MORINIERE	GG142
	LE VIGNEAU	VILLAINES-SOUS-MALICORNE	LA CORBINETTE	GG142
BSS001BQYM / 03927X0065/F	LES BAS MONTS CREAUX	VILLAINES-SOUS-MALICORNE	LES AULNAYS	GG081
BSS001BQYE / 03927X0057/F1	LES TRINGLOTTIERES	BAILLEUL	LES TRINGLOTTIERES	GG120
BSS001BQZM / 03927X0091/F	PRES DU DOUET	VILLAINES-SOUS-MALICORNE	LA CORBINETTE	GG081
-	RADEU	BAILLEUL	RADEU	GG120
BSS001BQYB / 03927X0054/F	RADEU 2	BAILLEUL	RADEU	GG120
-	RETENUE LA MORINIERE	CROSMIERES	LA MORINIERE	GG081

Il est important de noter qu'au niveau infra-annuel, on observe de manière générale que la période de plus forts prélèvements coïncide avec la période de plus faibles restitutions, sur les mois estivaux, ce qui contribue à augmenter la pression sur la ressource en eau dans une période à laquelle elle est déjà naturellement mise sous tension.

Phase 1 | Analyse du fonctionnement hydro(géo)logique du bassin en régime influencé et désinfluencé

Etude « Hydrologie, Milieux, Usages, Climat » (HMUC) sur le bassin versant de l'Argence



Tableau 6 : Bilan annuel des prélèvements et rejets d'eau actuels et sur le bassin

	Irrigation		Plans d'eau		Abreuvement		Total prélèvements			Pertes AEP	AC	ANC	Rejet lutte anti-	Total rejets	Bilan
	ESU	ESOU	ESU	ESU	ESOU	ESU	ESOU	ESU+ESOU	ESU	ESU	ESU	ESU			
2000	266 269	706 569	229 517	32 462	32 462	528 249	739 031	1 267 280	26 416	86 783	15 309	40 271	168 780	1 098 500	
2001	240 623	622 823	271 003	32 053	32 053	543 679	654 876	1 198 556	37 360	86 484	15 309	96 997	236 150	962 406	
2002	221 764	777 664	277 476	31 721	31 721	530 961	809 385	1 340 346	38 922	86 484	15 309	18 663	159 378	1 180 968	
2003	308 622	1 182 322	351 687	31 388	31 388	691 697	1 213 710	1 905 407	23 312	86 484	15 309	89 635	214 740	1 690 667	
2004	352 221	1 147 221	319 260	31 128	31 128	702 609	1 178 349	1 880 958	26 554	86 783	15 309	85 954	214 600	1 666 358	
2005	362 605	1 276 805	324 458	30 723	30 723	717 785	1 307 527	2 025 312	20 654	86 484	15 309	98 727	221 174	1 804 138	
2006	354 644	1 442 744	331 828	30 390	30 390	716 862	1 473 134	2 189 995	24 894	102 049	15 309	94 310	236 563	1 953 433	
2007	170 855	575 755	218 735	30 058	30 058	419 647	605 813	1 025 460	22 954	77 895	15 309	59 929	176 087	849 373	
2008	210 505	1 021 005	265 469	29 794	29 794	505 768	1 050 799	1 556 567	24 100	92 972	15 309	70 568	202 948	1 353 619	
2009	317 980	1 472 523	336 366	29 392	29 392	683 738	1 501 915	2 185 653	22 922	131 846	15 254	102 924	272 946	1 912 707	
2010	391 822	1 353 872	358 787	29 600	29 600	780 210	1 383 473	2 163 683	28 340	142 986	15 890	145 329	332 546	1 831 137	
2011	269 625	1 315 167	373 296	30 354	30 354	673 275	1 345 521	2 018 796	29 299	142 763	15 108	13 972	201 143	1 817 652	
2012	186 675	663 586	268 169	31 183	31 183	486 028	694 769	1 180 797	14 145	113 626	15 378	41 149	184 299	996 498	
2013	238 328	944 776	294 423	31 864	31 864	564 615	976 640	1 541 255	28 314	122 324	14 871	70 233	235 742	1 305 513	
2014	149 154	581 649	290 741	32 618	32 618	472 513	614 267	1 086 780	29 124	205 124	21 247	0	255 495	831 285	
2015	271 356	951 001	334 924	33 372	33 372	639 651	984 373	1 624 024	39 182	169 927	27 939	53 891	290 939	1 333 085	
2016	281 255	908 947	297 260	34 208	34 208	612 723	943 155	1 555 877	40 459	161 541	28 596	54 702	285 298	1 270 579	
2017	186 531	807 556	336 848	34 882	34 882	558 262	842 438	1 400 700	33 679	152 040	33 307	86 337	305 361	1 095 338	
2018	256 619	927 500	341 496	35 636	35 636	633 751	963 136	1 596 887	51 083	175 697	33 293	55 189	315 261	1 281 625	
2019	315 027	1 209 073	373 305	36 390	36 390	724 721	1 245 462	1 970 183	44 123	160 406	33 357	54 175	292 061	1 678 123	
2020	306 113	1 138 793	407 643	36 855	36 855	750 611	1 175 648	1 926 259	66 316	173 411	35 184	0	274 911	1 651 349	
2021	242 571	645 761	273 997	36 768	36 768	553 336	682 529	1 235 866	46 876	180 890	34 691	46 927	309 384	926 481	

7.5 Mise en perspective des régimes influencé et désinfluencé

Le modèle présenté précédemment permet de reconstituer la chronique des débits influencés et désinfluencés.

On présente les indicateurs principaux permettant de caractériser les ressources disponibles à l'étiage et de comparer la situation influencée à la situation désinfluencée afin d'analyser l'effet des usages anthropiques sur les débits. Chaque indicateur est présenté avec les intervalles de confiance associés, calculés d'après la méthode présentée au paragraphe 7.2.3⁵. Il s'agit du :

- Le module influencé et désinfluencé
- QMNA5 influencé et désinfluencé ;
- VCN30 de période de retour 5 et 2 ans influencé et désinfluencé ;
- QMN5 influencé et désinfluencé.

L'impact des prélèvements et rejets sur l'hydrologie sera caractérisé selon l'échelle de comparaison suivante :

Tableau 7 : Caractérisation de l'effet des usages sur l'hydrologie d'après la comparaison des QMNA5, VCN30(5), VCN30(2) et des modules en situation influencée et désinfluencée

Proximité de la situation influencée à la situation désinfluencée (Influencé en % de la situation désinfluencée)	Impact des usages sur l'hydrologie
0-5%	Négligeable
5-15%	Faible
15-30%	Modéré
30-50%	Important
>50%	Très important

L'impact des usages est d'autant plus marqué sur les très bas débits. L'écart entre le VCN30 influencé et désinfluencé est en effet plus important en période de retour 5 ans qu'en période de retour 2 ans.

⁵ Ces intervalles ont pour vocation de donner une indication sur la précision prédictive du modèle vis-à-vis de l'indicateur considéré. Ils ne doivent cependant pas être considérés comme étant ce qu'ils ne sont pas, comme une fourchette au sein de laquelle toute valeur serait équiprobable et pourrait être retenue arbitrairement. Les valeurs modélisées qui sont proposées sont celles qui font foi.

La comparaison des résultats obtenus pour le régime influencé et désinfluencé met en évidence que l'impact des prélèvements et rejets est modéré pour le module et très important pour les autres indicateurs hydrologiques sur le bassin. Les indicateurs d'étiage en situation influencée sont réduits de 89% au maximum en comparaison (QMNA5 et VCN30(5)) aux indicateurs en situation désinfluencée.

On observe une pression importante des usages de l'eau sur les débits de l'Argance. Cette pression est globalisée, on observe en effet un module diminuant de 8% environ. Ce résultat traduit également l'impact des prélèvements en période hors basses eaux. Toutefois, l'impact le plus important est observé en plein cœur de l'été, sur les mois de juillet à septembre.

Tableau 8 : Indicateurs caractéristiques d'étiage en situation influencée et désinfluencée

Indicateur	Débits influencés (l/s)	Débits désinfluencés (l/s)	Influencé – Désinfluencé	
			(l/s)	%
Module	295.1 (292.5; 297.7)	319.4 (316.7; 321.9)	-24.3	-7.60%
QMNA5	6.1 (4.2; 11.8)	50.7 (49.1; 52.1)	-44.7	-88.05%
VCN30(5)	5.5 (3.5; 11)	47.7 (46 ; 49)	-42.2	-88.38%
VCN30(2)	22 (16.7; 29.8)	71.7 (69.4; 73.6)	-49.7	-69.26%

Ces résultats font échos aux comparaisons effectués lors de l'étude volume prélevable s'étant tenue à l'échelle sur SAGE Loir en 2017. En effet, les mêmes ordres de grandeurs sont retrouvés sur ce bassin de l'Argance lorsque l'hydrologie influencée est comparée avec l'hydrologie désinfluencée.

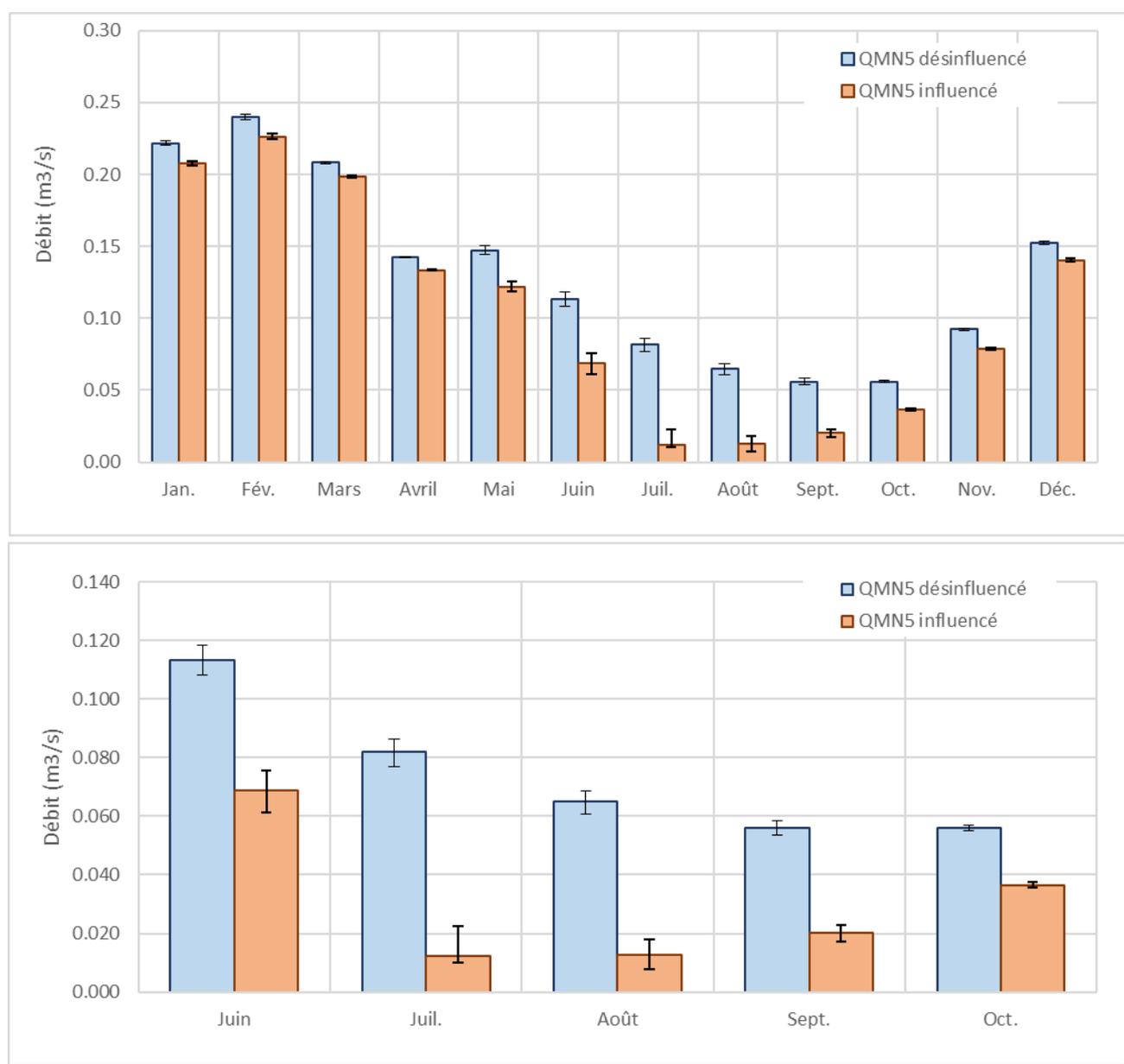


Figure 44 : Débit mensuel quinquennal sec (QMN5) en situation influencée (orange) et désinfluencée (bleu)

8 CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Le présent rapport a permis de dresser un bilan de la situation météorologique, et hydrologique du territoire du bassin de l'Argance.

Une modélisation hydrologique du bassin versant a été construite et calée, afin d'appréhender l'impact des pressions anthropiques sur la ressource en eau (prise en compte explicite des usagers et reconstitution de l'hydrologie désinfluencée). Le calage réalisé est satisfaisant et permet dans l'ensemble de réaliser des analyses robustes, un effort particulier ayant été fourni pour la bonne reproduction des bas débits.

L'analyse des modélisations hydrologiques ainsi réalisées a permis de quantifier l'impact des pressions anthropiques (prélèvements et rejets) sur le débit du cours d'eau en reconstituant l'hydrologie désinfluencée à l'exutoire de l'Argance. On observe, en situation influencée, des étiages bien plus prononcés qu'en l'absence d'usages de l'eau. On observe également que les prélèvements en eau impactent de manière globale les débits du cours d'eau et non seulement en période de très faibles débits.

Ce modèle construit servira directement la phase 1 de l'étude dans les volets « Milieux » et l'analyse croisée des 4 volets HMUC. Les résultats de l'hydrologie désinfluencée serviront à la définition des débits écologiques au sein du volet « Milieux ». Le modèle sera repris tout en lui appliquant des scénarios d'évolution d'usages et climatiques pour évaluer les débits à horizon futur lors de la phase 2 de l'étude.

Par la suite, ces résultats seront croisés avec le besoin des milieux aquatiques et les tendances d'évolution futures, ce qui permettra à terme de proposer des préconisations de gestion de la ressource en eau appropriées sur l'ensemble du territoire d'étude.

9 ANNEXES

9.1 Annexe 1 : Rapport d'hydrogéologie produit par le BRGM

[Voir document associé à ce présent rapport]

9.2 Annexe 2 : Description de la solution de modélisation employée

9.2.1 Le modèle EROS

La modélisation hydrologique est réalisée à l'aide du logiciel **EROS**, développé par le BRGM. Ce dernier permet de réaliser des modélisations :

- **Globales**, c'est-à-dire que le bassin versant analysé est représenté comme une entité spatiale homogène et ne permet pas de décrire le débit en tout point de son emprise, mais uniquement au niveau de son exutoire. Cela se justifie par le fait que l'on cherche à obtenir des résultats au niveau d'un point unique, le point de référence ;
- **Conceptuelles**, ce qui signifie qu'elles cherchent à représenter les processus physiques de relations pluie-débit-eau souterraine (qui diffère des modélisations empiriques ou « boîte noire » dont l'architecture ne correspond pas à une représentation des processus physiques intervenant dans la transformation pluie-débit) ;
- **Intégrant les usages de l'eau**, qu'ils soient surfaciques ou souterrains⁶ ;
- Prenant en compte le stockage de nappe et les échanges et relations nappe-rivière, qui sont particulièrement marqués sur le territoire étudié.

Pour (re)constituer les débits nécessaires aux analyses, la modélisation employée s'appuie sur des données liées :

- Au **climat** (Précipitations, température et évapotranspiration) ;
- Aux **usages de l'eau** (prélèvements et rejets surfaciques et/ou souterrains).

⁶ La prise en compte des prélèvements et rejets souterrains de la modélisation permet de reproduire de manière plausible les effets de ces derniers sur la ressource en eau superficielle.

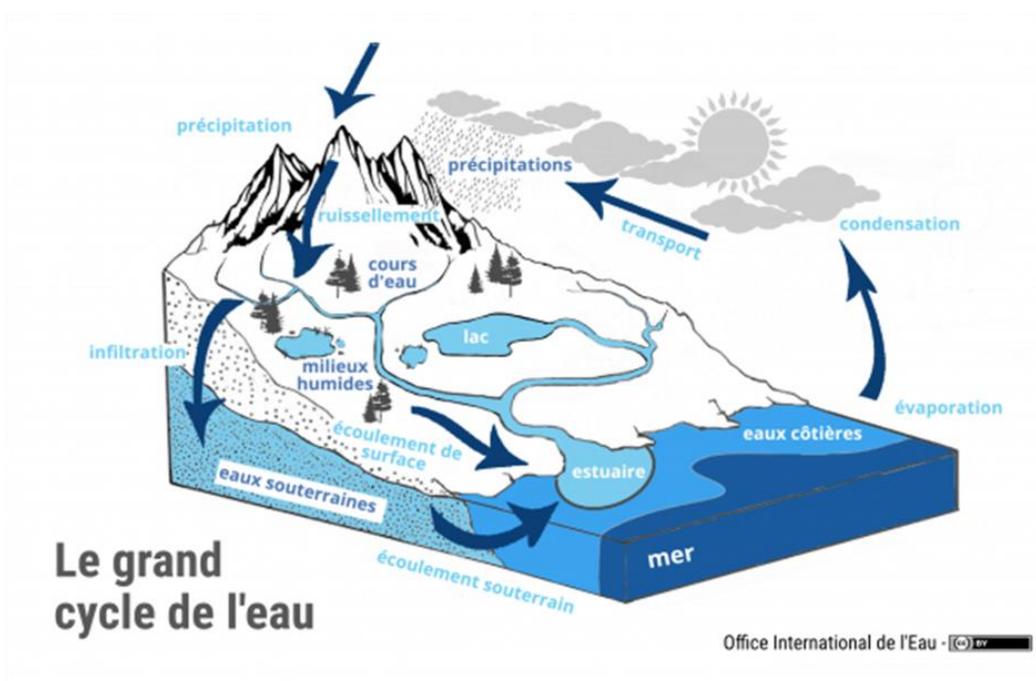


Figure 45 : Illustration du grand cycle de l'eau

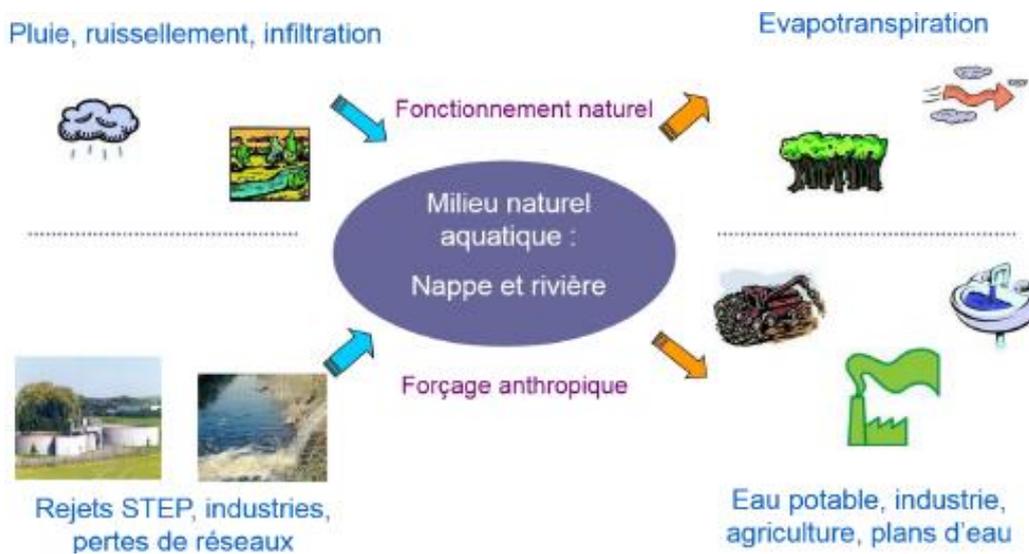


Figure 46 : Illustration des processus pris en compte par la modélisation

Le schéma conceptuel suivant indique la manière dont le modèle caractérise les processus cités ci-dessus.

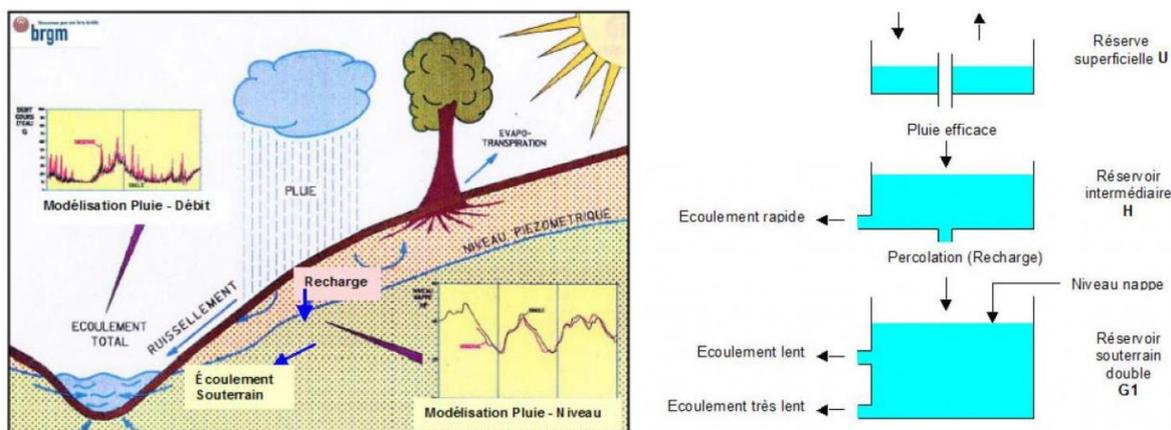


Figure 47 : Schéma conceptuel de la modélisation hydrologique. (source : BRGM)

9.2.2 Calage du modèle : les principes généraux

Les **chroniques disponibles de mesure de débit** et de **niveau de nappe** sont utilisées pour **ajuster les valeurs des différents paramètres** du modèle. Le travail consiste à ajuster ces paramètres jusqu'à ce que les chroniques de débit et les chroniques de niveau de nappe simulées par le modèle puissent être considérées comme étant suffisamment proches de celles observées. Pour évaluer cette adéquation, divers indicateurs sont utilisés :

- La bonne reproduction du **module interannuel** observé ;
- La bonne reproduction du QMNA5, du VCN10 de période de retour 5 ans et du VCN3 de période de retour 5 ans observés⁷ ;
- La bonne reproduction des **QMNA** sur l'ensemble de la chronique de calage ;
- Un **coefficient de Nash**⁸ suffisamment élevé pour (par exemple) :
 - ▶ Les débits moyens mensuels (annuels et estivaux) ;
 - ▶ Les débits moyens décennaux (annuels et estivaux) ;
 - ▶ Les débits moyens sur une période de 3 jours consécutifs (annuels et estivaux) ;
 - ▶ Les débits journaliers (annuels et estivaux) ;
 - ▶ L'inverse des débits journaliers qui met l'accent sur les bas débits (annuels et estivaux).

⁷ Uniquement dans les cas où l'on dispose de chroniques de calage d'au moins 25 années

⁸ Le coefficient de Nash est un indicateur communément employé pour indiquer le degré d'ajustement du modèle et évaluer la capacité prédictive des modèles hydrologiques.

- Une reproduction cohérente des **fluctuations de niveau de nappe**⁹.

Le **coefficient de Nash** est utilisé en modélisation pour indiquer le degré d'ajustement du modèle et évaluer sa capacité prédictive :

$$\text{Nash} = - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}(t) - \overline{Q_{sim}(t)})^2}{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}(t) - \overline{Q_{obs}})^2};$$

avec :

- T le nombre d'observations,
- Q_{obs} la chronique des débits observés (et $\overline{Q_{obs}}$ sa moyenne)
- Q_{sim} la chronique des débits simulés.

Ces indicateurs sont sélectionnés dans une perspective d'optimisation de la qualité de la modélisation sur les faibles débits. On s'intéresse particulièrement :

- Au **pas de temps mensuel** car c'est celui qui sera utilisé pour la définition de débits objectifs d'étiage ;
- Aux **métriques de la période estivale**, car ce sont celles qui permettent de qualifier le calage sur la période d'étiage.

Par la suite, on vérifie, sur une portion de la chronique disponible n'ayant pas été utilisée lors du processus de calage, que les valeurs restituées par le modèle correspondent toujours bien aux valeurs observées (de débit et de niveau de nappe). Il s'agit de l'étape de **validation du modèle**, qui permet de garantir que ce dernier est à même de représenter correctement les débits sur une chronique différente de celle sur laquelle il a été calé. Cette étape est cruciale pour pouvoir s'assurer de la robustesse du modèle et pour écarter l'éventualité d'occurrence d'un « sur calage » ou overfitting¹⁰.

Selon la longueur de la chronique disponible, cette étape n'est pas toujours réalisable. En effet, si cette dernière est courte, il sera préférable de l'utiliser dans son intégralité pour le calage afin d'éviter que le modèle ne soit uniquement représentatif de phénomènes particuliers à quelques années et non au comportement du bassin versant sur une période prolongée.

Lorsque le modèle est calé et, si possible, validé, on considère que les paramètres du modèle représentent de manière satisfaisante les processus physiques du bassin versant, ce qui permet d'estimer le débit journalier qui aurait lieu :

⁹ Le modèle de nappe étant ici simplifié (réservoirs « vides » plutôt qu'une matrice poreuse), il conviendra de vérifier la vraisemblance des évolutions du niveau de nappe entre les chroniques piézométriques et les sorties du modèle numérique. L'objectif est de bien reproduire les variations d'amplitude et les dynamiques de montée-descente du niveau de la nappe, tel que représenté au niveau d'un piézomètre pouvant être considéré représentatif du territoire étudié. Le modèle souterrain étant conceptuel et simplifié, on se limite à l'utilisation d'un piézomètre, ce qui suffit généralement à reproduire les tendances observées sur l'ensemble du bassin versant, sauf dans les cas éventuels présentant une grande hétérogénéité hydrogéologique, ce qui n'est pas le cas du présent territoire d'étude.

¹⁰ Terme caractérisant un modèle dont le calage permet de représenter très bien la chronique sur lequel il a été effectué, mais donnant des résultats médiocres en dehors de cette chronique.

- Lors de périodes au cours desquelles aucune mesure n'est disponible ;
- Dans d'autres conditions de climat et d'usage de l'eau.

9.2.3 Mesures adoptées en cas de manque de données

Il arrive que l'on ne dispose pas des données nécessaires pour caler un modèle (manque de données de débit et/ou de piézométrie). Dans ces cas-là, plusieurs solutions sont envisageables :

- **En cas de données insuffisantes** : reprise d'un calage effectué sur un bassin versant proche et similaire à celui que l'on souhaite modéliser, puis ajustement fin du calage pour s'approcher des valeurs des données disponibles ;
- **En cas d'absence totale de données** : réutilisation du calage effectué sur un modèle représentant un bassin versant proche et similaire à celui que l'on souhaite modéliser.

9.3 Annexe 3 : Identification et caractérisation des incertitudes

Le processus de modélisation hydrologique implique l'utilisation de données et de processus étant chacun **entachés d'une incertitude qui leur est propre**. Ces incertitudes se cumulent de manière complexe lors de la modélisation, ce qui implique que le résultat est lui aussi entaché d'une certaine incertitude.

Les paragraphes suivants ont pour objectif de présenter les différentes sources d'incertitude rencontrées, la manière dont elles s'articulent entre elles et leur effet sur les résultats de modélisation.

9.3.1 Incertitudes et biais sur les données utilisées

9.3.1.1 Incertitudes liées aux mesures

Les mesures réalisées par les stations hydrométriques, piézométriques et météorologiques sont entachées d'une incertitude liée à la nature imparfaite des instruments de mesure et de leur mode de fonctionnement. Pour les stations hydrométriques par exemple, la courbe de tarage n'a pas toujours la précision adéquate pour représenter correctement les débits d'étiage. On peut également retrouver parfois des lacunes, voire des valeurs aberrantes, dans les chroniques de mesure.

Les mesures hydrométriques et piézométriques peuvent être affectées par des phénomènes perturbateurs ayant lieu à proximité de la station (modification de la forme du lit du cours d'eau, présence d'un prélèvement en nappe à proximité d'un piézomètre). Lorsque ceci a lieu, la mesure est plus ou moins faussée, selon l'ampleur de l'élément perturbateur.

9.3.1.2 Incertitudes sur l'estimation de données non directement mesurées

L'évapotranspiration est calculée à partir de la mesure de différents paramètres météorologiques (température, rayonnement...). Elle est donc affectée d'une incertitude provenant à la fois de la mesure de ces différents paramètres, mais également de la méthode de calcul permettant de les transcrire en ETP.

Les chroniques d'usage employées sont entachées d'une certaine incertitude du fait des lacunes de données les concernant et des hypothèses ayant dû être prises en conséquence de cela.

9.3.2 Incertitudes sur la modélisation

9.3.2.1 Incertitudes liées à la simplification des phénomènes représentés

La modélisation réalisée, qui est globale et conceptuelle, constitue comme toute modélisation une simplification de la réalité, introduisant des incertitudes. En effet, les phénomènes de transfert d'eau représentés sont susceptibles d'avoir lieu de manière sensiblement différente dans la réalité. Ainsi, les résultats obtenus peuvent omettre ou représenter de manière imparfaite certains facteurs influençant les débits, ce qui peut introduire des incertitudes et biais sur ces derniers, qui subsisteraient même en présence d'un calage « parfait ». On peut notamment citer l'absence de prise en compte du temps de transfert du débit.

9.3.2.2 Incertitude liée à la représentativité des chroniques observées utilisées

Les chroniques piézométriques sont issues de piézomètres qui peuvent, selon les cas, témoigner d'un comportement plus ou moins généralisé de la nappe sur l'ensemble du bassin versant modélisé. Ainsi, ils constituent en ce sens des indicateurs approximatifs.

9.3.2.3 Incertitudes liées à l'initialisation de la modélisation

Le modèle est initialisé en répliquant les années 2000 à 2004 deux fois. Ceci permet d'obtenir un état initial cohérent sur la période d'analyse, en ajustant les conditions initiales du modèle sur une situation typique du bassin étudié. Comme la triple réplication de l'année 2000 n'est pas strictement équivalente aux phénomènes s'étant effectivement déroulés entre 1990 et 2000, des incertitudes et biais sur les phénomènes modélisés peuvent en découler.

9.3.2.4 Incertitudes liées aux courtes chroniques de mesure

Lorsqu'un modèle est calé sur une chronique courte, sa capacité à bien représenter les phénomènes ayant lieu sur le système représenté en dehors de la période de cette chronique est moins fiable que lorsque la chronique de calage est longue.

9.3.2.5 Incertitudes liées à la nature imparfaite du calage

Le calage réalisé sur le modèle hydrologique permet d'obtenir, au niveau de la station hydrométrique, une chronique de débit s'approchant de celle mesurée. Cependant, en pratique, la correspondance n'est jamais parfaite et quelques différences subsistent.

9.3.2.6 Incertitudes liées à la transcription d'un modèle sans ajustement de calage

Lorsque l'on cherche à représenter le débit d'un bassin versant ne disposant pas de données hydrométriques, on peut avoir recours à l'utilisation d'un calage réalisé sur un autre bassin versant, ce qui est susceptible d'entraîner des incertitudes et biais.

9.3.3 Incertitudes sur les indicateurs statistiques liées à l'échantillonnage

La période de modélisation de la présente étude est de 20 ans (2000-2019). C'est donc sur cette période que l'on dispose de données pour calculer les débits caractéristiques qui répondent aux objectifs de la présente étude.

Pour obtenir des valeurs plus robustes, il serait préférable de se baser sur une chronique de débits plus longue (d'au moins 25 ans). Une solution alternative pour fiabiliser les QMNA5 consisterait à appliquer, à partir de chroniques météorologiques longues, un calcul permettant d'en corriger la valeur (Source : ONEMA 2015).

9.3.4 Prise en compte et quantification des incertitudes

A l'exception des données d'usages de l'eau (chroniques de prélèvements et rejets), toutes les incertitudes liées aux données d'entrée (données météorologiques) et à la modélisation ont un impact sur le calage du modèle sur les 415

données de calage (par exemple les chroniques débitmétriques). Elles se retrouvent donc en quelque sorte « intégrées » à l'incertitude de calage des phénomènes représentés sur les valeurs mesurées.

Il subsiste l'incertitude sur les données d'usages et sur les données de calage.

Concernant les données d'usage, leur incertitude a été appréhendée au cours de l'élaboration du rapport de bilan des usages par la définition de marges de confiance. Cette incertitude se répercute sur les valeurs obtenues lors de la reconstitution de l'hydrologie influencée et désinfluencée, à partir des modèles calés.

Concernant les données de calage (chroniques hydrométriques, piézométriques...), les incertitudes associées peuvent être relativement complexes à interpréter et à quantifier. Cependant, un travail de fiabilisation est réalisé par les organismes producteurs, et si des données demeurent trop incertaines pour être raisonnablement utilisées, cela est déclaré (données qualifiées de « validées douteuses »). Dans le cadre de la présente étude, seules les données hydrométriques non invalidées par Hydroportail sont exploitées.

9.4 Annexe 4 : Chroniques journalières des débits simulés et mesurés

