



Étude de caractérisation de l'état quantitatif du bassin versant de la Sarthe Aval et de détermination des volumes prélevables



Rapport de phase 1

Direction Océans, Fleuves et Ressources

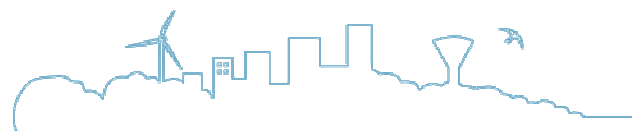
Unité Hydraulique fluviale

Parc de l'Île, 15-27 rue du Port 92022 NANTERRE Cedex

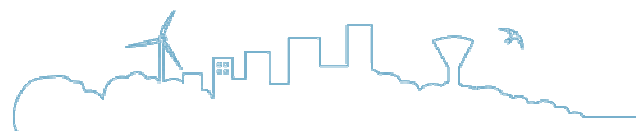


Sommaire

1 Préambule.....	5
1.1 Contexte de l'étude	5
1.2 Périmètre d'investigation	5
1.3 Déroulement de la mission	8
1.4 Objectifs de la phase 1.....	8
2 Caractéristiques générales du bassin versant de La Sarthe aval.....	9
2.1 La ressource en eau superficielle	9
2.1.1 Le réseau hydrographique	9
2.1.2 Les masses d'eau superficielles	12
2.2 La ressource en eau souterraine	15
2.2.1 Le cadre géologique.....	15
2.2.2 Les formations aquifères	17
2.2.3 Les masses d'eaux souterraines.....	22
2.3 Le contexte climatique.....	24
2.3.1 Pluviométrie.....	24
2.3.2 Évapotranspiration potentielle (ETP).....	31
3 Analyse du fonctionnement hydrologique du bassin versant du Sarthe aval.....	37
3.1 Suivi hydrométrique	37
3.1.1 Stations hydrométriques	37
3.1.2 Débits caractéristiques	40
3.2 Réseau d'observation des écoulements	53
3.2.1 Principes des réseaux de suivi des écoulements	53
3.2.2 Stations de suivis des écoulements sur la zone d'étude	54
3.2.3 Analyse des écoulements	57
3.3 Analyse des situations de crise	59



3.3.1	Cadre général.....	59
3.3.2	Zone d'application et valeurs seuils.....	59
3.3.3	Historique des arrêtés sécheresse.....	60
3.3.4	Analyse du franchissement des débits seuils	62
4 Analyse du fonctionnement hydrogéologique du bassin versant du Sarthe aval.....		71
4.1	Suivi piézométrique.....	71
4.1.1	Points de suivi quantitatif.....	71
4.1.2	Analyse des chroniques piézométriques	74
4.2	Relation nappe/rivière.....	76
4.2.1	Description générale des échanges nappe rivière.....	76
4.2.2	Quantification de la contribution des nappes	77
5 Proposition de découpage en sous unité de gestion ...		83
6 Bibliographie.....		93
Annexe 1 Piézomètres de suivi (ADES)		94
Annexe 2 Suivi quantitatif de la ressource souterraine par sous unité de gestion		96
Annexe 3 Décomposition des hydrogrammes de débit..		99
Annexe 4 Evolution des valeurs de percentiles des débits de base « BaseFlowIndex »		109
Annexe 5 Graphiques des débits moyens interannuels de base		113



PREAMBULE

1.1 Contexte de l'étude

Dans le cadre de l'élaboration du SAGE Sarthe Aval, l'enjeu de gestion équilibrée de la ressource en eau est apparu comme un des axes stratégiques sur lequel les acteurs du territoire souhaitent s'investir pour atteindre les objectifs environnementaux fixés par la Directive Cadre sur l'Eau.

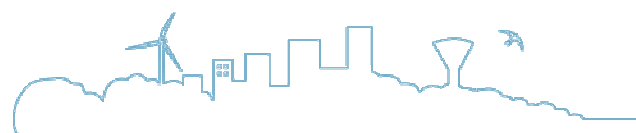
L'Institution interdépartementale du Bassin de la Sarthe, structure porteuse du SAGE engage donc en 2016 une étude permettant :

- D'améliorer les connaissances sur l'état quantitatif des masses d'eau superficielles et souterraines sur le bassin versant de la Sarthe aval ;
- De doter le territoire de valeurs de référence (volumes prélevables, débits / piézométrie objectifs) pertinentes et adaptées pour améliorer la gestion quantitative de la ressource en eau sur le bassin versant de la Sarthe aval;
- Proposer une stratégie à mettre en œuvre pour résorber les déséquilibres quantitatifs existants ou préserver l'état des masses d'eau. Ces éléments pourront éventuellement repris dans les documents du SAGE, notamment le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable ;
- Conformer le territoire aux orientations du SDAGE Loire-Bretagne « 2016-2021 » sur le volet quantitatif.

1.2 Périmètre d'investigation

L'étude porte sur le périmètre du SAGE Sarthe Aval défini par arrêté préfectoral le 16 juillet 2009. D'une superficie de 2 727 km², le SAGE s'étend sur 192 communes sur les départements de la Sarthe, de la Mayenne et du Maine-et-Loire en région Pays de la Loire.

Le bassin versant de la Sarthe Aval est « atypique ». En effet, il bénéficie des apports des bassins de la Sarthe Amont et de l'Huisne, deux territoires ayant fait l'objet d'une étude de gestion quantitative. Ainsi, il conviendra d'étendre le périmètre d'intervention de l'étude au



bassin complet de la Sarthe notamment en phases 2 et 5 afin d'assurer un traitement de la problématique dans sa totalité. Les débits transitant sur le territoire de la Sarthe Aval dépendent en partie des modalités de gestion quantitative de la ressource en eau sur les bassins de la Sarthe amont et de l'Huisne. Les résultats obtenus sur ces études seront donc utilisés à bon escient.

Les principales caractéristiques du secteur d'étude sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1-1 : Carte d'identité du périmètre d'étude

Carte d'identité du bassin de la Sarthe aval	
Contexte	Étude de caractérisation de l'état quantitatif du bassin versant de la Sarthe aval et de détermination des volumes prélevables
Structure porteuse	Institution Interdépartementale du Bassin de la Sarthe
Organisation administrative	Une région : Pays de la Loire Trois départements : Sarthe, Mayenne, Maine et Loir 192 communes
Superficie	2727 km ²
Réseau hydrographique	3191 km de linéaire cumulé de cours d'eau
Masses d'eau	31 masses d'eau superficielles 11 masses d'eau souterraines



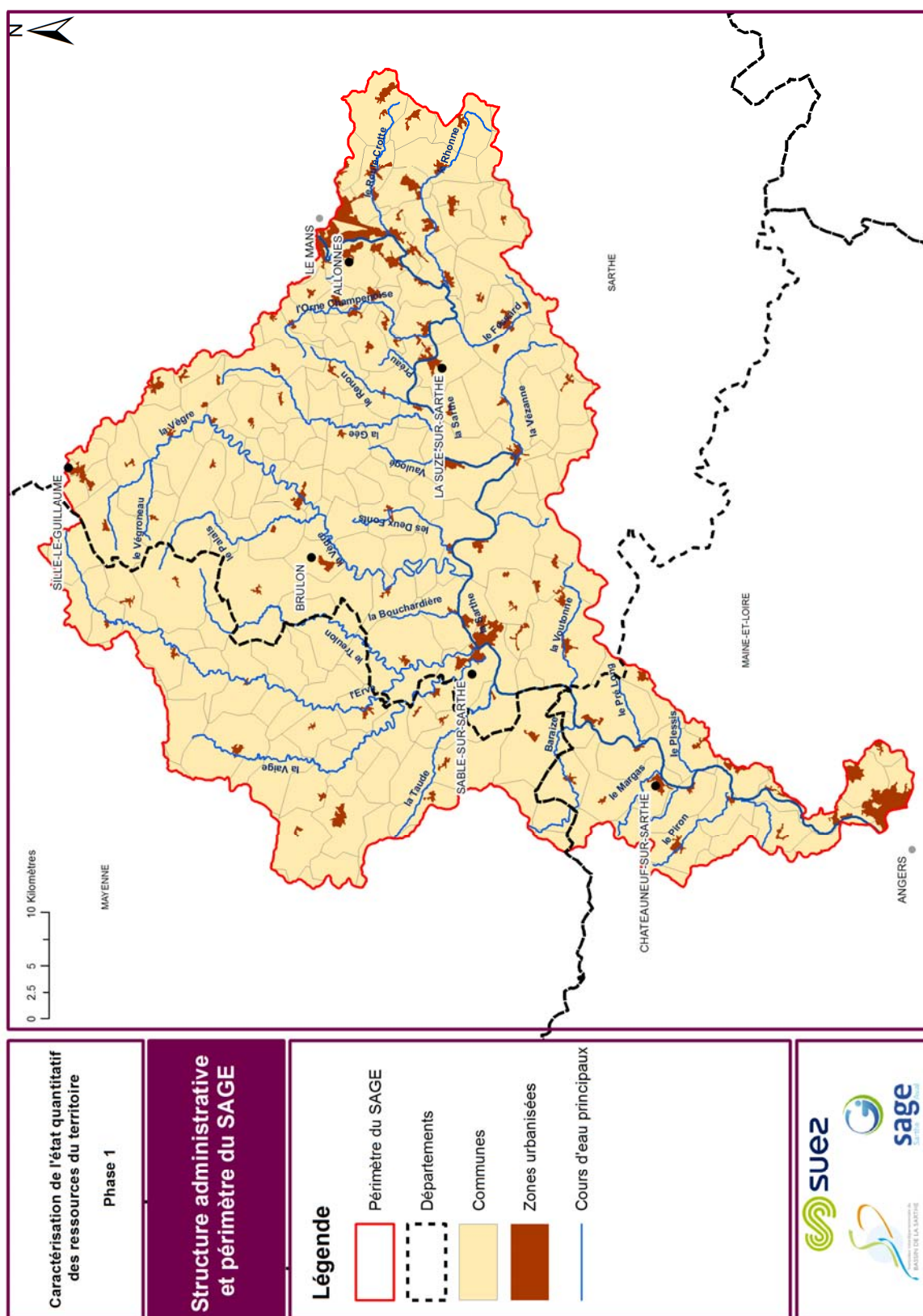


Figure 1-1 : Structure administrative et périmètre du SAGE Sarthe aval

1.3 Déroulement de la mission

La mission se décompose en 5 phases successives :

- **Phase 1** : Découpage en unités de gestion ;
- **Phase 2** : Connaissance des prélèvements et des rejets et quantification du potentiel naturel du bassin versant ;
- **Phase 3** : Détermination des débits d'objectifs pour les eaux superficielles et des objectifs de niveau en nappe pour les eaux souterraines ;
- **Phase 4** : Détermination et répartition des volumes prélevables ;
- **Phase 5** : Estimation des besoins en eau futurs et définition de mesures de gestion

Le présent document constitue le rapport provisoire de phase 1.

1.4 Objectifs de la phase 1

La phase 1 de l'étude consiste à réaliser une synthèse structurée des données et des connaissances sur le bassin versant de la Sarthe aval afin de caractériser l'état de la ressource en eau et les déséquilibres quantitatifs existants.

Cette étape repose sur deux étapes essentielles :

- Réalisation d'une recherche bibliographique élargie sur la base des données disponibles en termes de connaissances générales du bassin versant, et spécifiquement de la gestion de la ressource quantitative ;
- Sectorisation et découpage du territoire en unités de gestion.

La phase 1 aboutit à un découpage du territoire en unités de gestion pertinentes qui seront l'unité de réflexion pour les phases ultérieures de l'étude.



CARACTERISTIQUES GENERALES DU BASSIN VERSANT DE LA SARTHE AVAL

2.1 La ressource en eau superficielle

2.1.1 Le réseau hydrographique

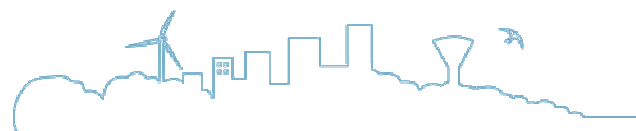
Le bassin versant de la Sarthe aval est drainé par un réseau hydrographique particulièrement dense.

L'axe principal, la Sarthe, prend sa source à Saint-Aquilin-de-Corbion, dans l'Orne. Après un parcours de près de 315 km, la Sarthe reçoit le Loir en rive gauche à Briollay. Elle conflue avec la Mayenne, 5 km en aval, au nord de la commune d'Angers à Ecoflant avec laquelle elle forme la Maine. La Maine rejoint ensuite la Loire à Bouchemaine, en aval d'Angers.

La Sarthe fait partie du domaine public fluvial navigable.

Les autres principaux cours d'eau du bassin versant d'amont en aval sont :

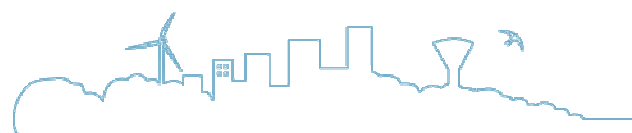
- **Le Roule Crotte.** Il prend sa source à Brette-les-Pins et parcourt 16 km avant de se jeter dans la Sarthe en rive gauche entre Arnage et Le Mans.
- **Le Rhonne.** Il prend sa source sur la commune de Saint-Mars d'Outillé. Il rejoint ensuite la Sarthe en rive gauche sur la commune de Guécélard après un parcours de 25 km.
- **Le Fessard.** Le Fessard est un affluent en rive gauche de la Sarthe. Il prend sa source sur la commune d'Yvré-le-Pôlin et rejoint la Sarthe sur la commune de Suze-sur-Sarthe après un parcours de 15 km environ.
- **L'Orne Champenoise.** L'Orne champenoise prend sa source à Coulans-sur-Gée. Elle conflue avec la Sarthe en rive droite à Roëzé-sur-Sarthe après 24km.
- **La Gée.** D'une longueur d'environ 30km, la Gée prend sa source sur la commune de Neuvy-en-Champagne et conflue avec la Sarthe en rive droite à Fercé-sur-Sarthe.
- **La Vézanne.** Elle prend sa source sur le territoire de la commune de la Fontaine-Saint-Martin et conflue avec la Sarthe 17 km plus loin en rive gauche à Malicorne-sur-Sarthe.



- **Les Deux Fonds.** Il prend sa source sur la commune de Saint-Ouen-en-Champagne et se jette dans la Sarthe en rive droite à Avoise en amont de Sablé-sur-Sarthe.
- **La Vègre.** D'une longueur de 80 km la Vègre se jette dans la Sarthe en rive droite à Avoise.
- **L'Evre.** D'une longueur totale de 71 km l'Evre est un cours d'eau au débit plutôt abondant prenant sa source à proximité de la forêt de Sillé-le-Guillaume au lieu-dit de la Chevrerie. Il reçoit le Treulon en rive gauche à Auvers-le-Hamon avant de confluer avec la Sarthe en rive droite à Sablé-sur-Sarthe.
- **Le Treulon.** Il prend sa source dans la forêt de Grande-Charnie à Torcé-Viviers-en-Charnie et se jette dans l'Evre en rive gauche 38km plus loin.
- **La Vaige.** D'une longueur d'environ 54km la Vaige prend sa source à Saint-Léger et rejoint la Sarthe en rive droite en aval de Sablé-sur-Sarthe.
- **La Taude.** D'une longueur de 22km la Taude est un affluent en rive droite de la Sarthe prenant sa source à Saint-Charles-la-Forêt avant de la rejoindre à Souvigné-sur-Sarthe.

Parmi les cours d'eau secondaires peuvent être cités : le Ruisseau de cheffes, le Renon, le Vauloge, la Voutonne, le Piron ou encore le Margas et la Baraize qui sont des affluents de la Sarthe ainsi que le Végreneau et le Palais qui sont des affluents de la Vègre.

Enfin, le réseau hydrographique du bassin versant est principalement développé en rive droite de la Sarthe, les affluents les plus productifs étant la Vègre, la Vaige, l'Erve et le Treulon.



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

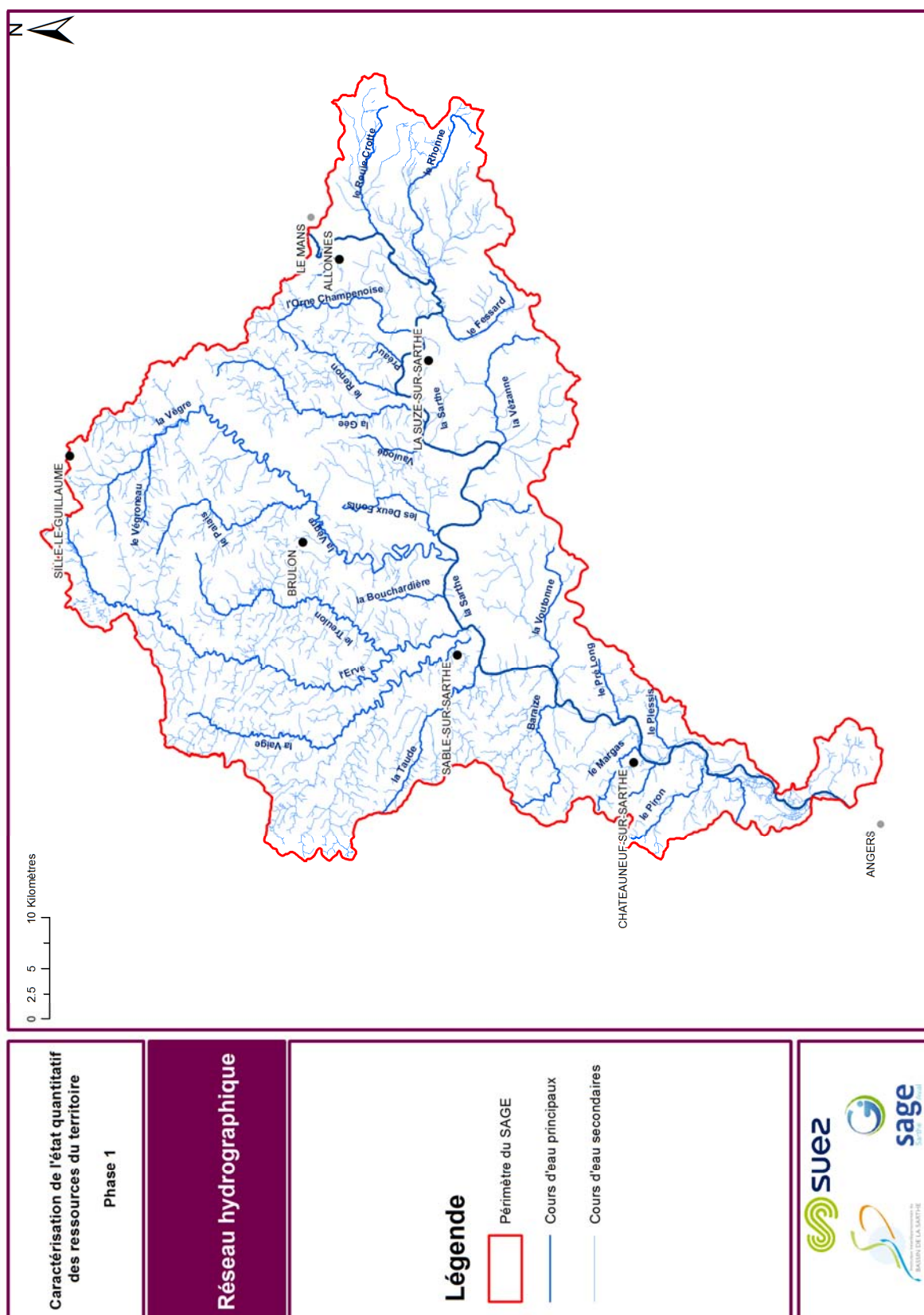


Figure 2-1: Réseau hydrographique

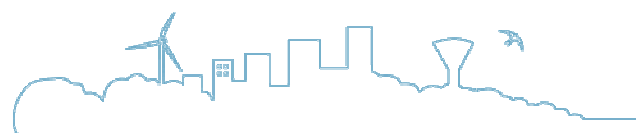
2.1.2 Les masses d'eau superficielles

Le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021 identifie **31** masses d'eau superficielles pour lesquelles il fixe des objectifs d'atteinte du bon état.

Les caractéristiques des masses d'eau sont décrites dans les tableaux suivants. Les motivations du report de l'objectif de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) sont également présentées : CD = Coûts disproportionnés, CN = conditions naturelles et FT = faisabilité technique.

Tableau 2-1 : Masses d'eau superficielles

Code	Masse d'eau	Objectif d'état écologique	Objectif d'état chimique	Objectif d'état global	Motivation du délai
FRGR0456	La Sarthe depuis Le Mans jusqu'à la confluence avec la Mayenne	Bon Potentiel 2021	Bon Etat	Bon Potentiel 2021	FT
FRGR0487	L'Evre depuis la confluence du Treulon jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CD;FT
FRGR0481	La Vegre et ses affluents depuis Rouez jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2021	Bon Etat	Bon Etat 2021	CD;CN
FRGR0482	Le Roule crotte et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN
FRGR0483	Le Rhonne et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN
FRGR0485	La Gee et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2021	Bon Etat	Bon Etat 2021	CN
FRGR0486	L'Erve et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec le Treulon	Bon Etat 2021	Bon Etat	Bon Etat 2021	FT
FRGR0488	La Vaige et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR0489	Le Treulon et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec l'Evre	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CD;CN
FRGR0490	La Taude et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2021	Bon Etat	Bon Etat 2021	FT
FRGR1055	Le ruisseau de Cheffes et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN;FT
FRGR1072	Le Piron et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN;FT
FRGR1085	Le Plessis et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN;FT
FRGR1089	La Mare-Boisseau et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN;FT
FRGR1106	Le Pré Long et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN;FT
FRGR1108	Le Margas et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1131	Le Baraize et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN;FT



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

Code	Masse d'eau	Objectif d'état écologique	Objectif d'état chimique	Objectif d'état global	Motivation du délai
FRGR1132	Le Rau de Parce-sur-Sarthe et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1139	La Voutonne et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1143	La Vezanne et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2021	Bon Etat	Bon Etat 2021	FT
FRGR1157	Le Fessard et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CN
FRGR1162	La Bouchardière et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1165	Le Vauloge et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1169	Le Renom et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1170	Le Préau et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1187	Les Deux Fonds et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	CD;FT
FRGR1202	La Bujerie et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1221	L'Orne Champenoise et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sarthe	Bon Etat 2027	Bon Etat	Bon Etat 2027	FT
FRGR1262	Le Palais et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Vegre	Bon Etat 2015	Bon Etat	Bon Etat 2015	-
FRGR1271	Le Vegroneau et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Vegre	Bon Etat 2021	Bon Etat	Bon Etat 2021	FT
FRGR1582	La Vegre et ses affluents depuis la source jusqu'à Rouez	Bon Etat 2021	Bon Etat	Bon Etat 2021	FT

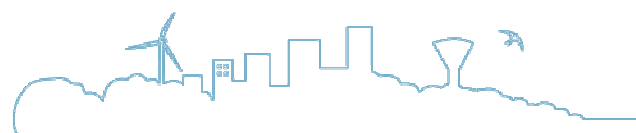
Les objectifs d'atteinte du bon état des masses d'eau superficielles semblent difficiles à respecter sur le bassin versant de la Sarthe aval. Les objectifs de qualité ont pour la majorité des masses d'eau été reportés entre le SDAGE 2010-2015 et le nouveau SDAGE 2016-2021 (Erve, Vaige, Treulon, Plessis, Mare-Boisseau, Pré Long, Rau de Parce-sur-Sarthe, Préau, Vegroneau).

L'axe Sarthe est une masse d'eau fortement modifiée en raison de son caractère navigable et de l'urbanisation. Elle présente une qualité écologique dégradée, son objectif est l'atteinte du bon potentiel en 2021.

L'atteinte du bon état global n'est pas attendue avant 2027 sur la grande majorité des affluents de la Sarthe.

Toutefois se distinguent :

- le Palais dont l'objectif d'atteinte du bon état global est maintenu en 2015
- La Vègre, La Taude, le Gée, l'Erve amont, le Vegroneau et la Vezanne dont l'objectif d'atteinte du bon état global est fixé à 2021.



Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

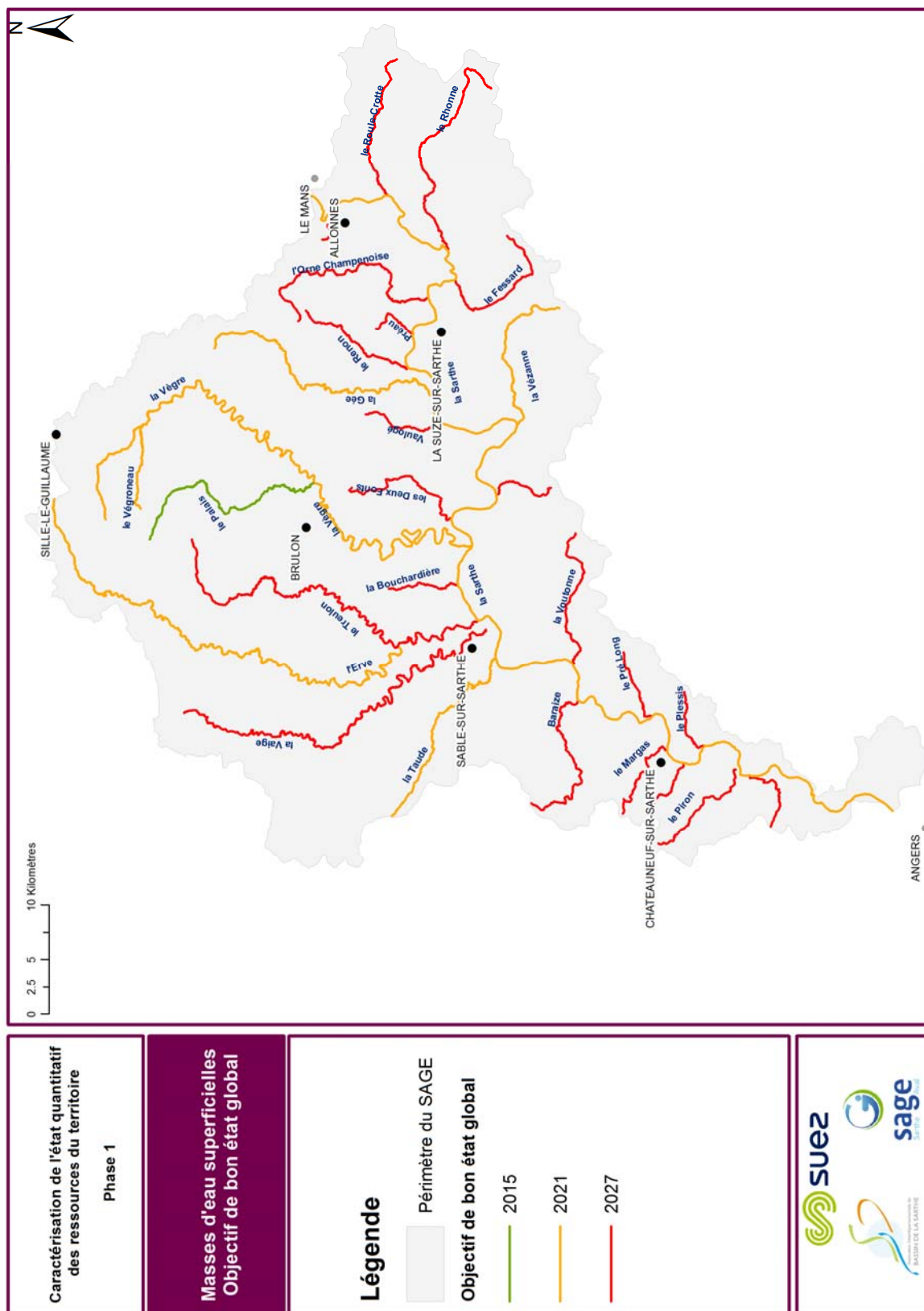
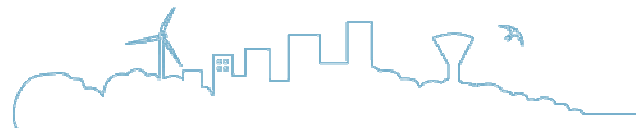


Figure 2-2: Objectif d'atteinte du bon état des masses d'eau superficielles (SDAGE 2016-2021)



2.2 La ressource en eau souterraine

2.2.1 Le cadre géologique

Les séries géologiques présentes sur territoire du SAGE Sarthe Aval se rattachent à deux entités distinctes :

- les **formations de socle** du Massif armoricain à l'ouest et au nord, dans sa terminaison orientale ;
- les **formations sédimentaires** du Bassin de Paris à l'est. Elles se sont déposées dès le Lias, sur le pourtour du Massif ancien.

La répartition des formations géologiques sur le territoire est présentée à la Figure 2-4.

Les formations géologiques rencontrées sur le territoire de ce SAGE couvrent donc un éventail très large.

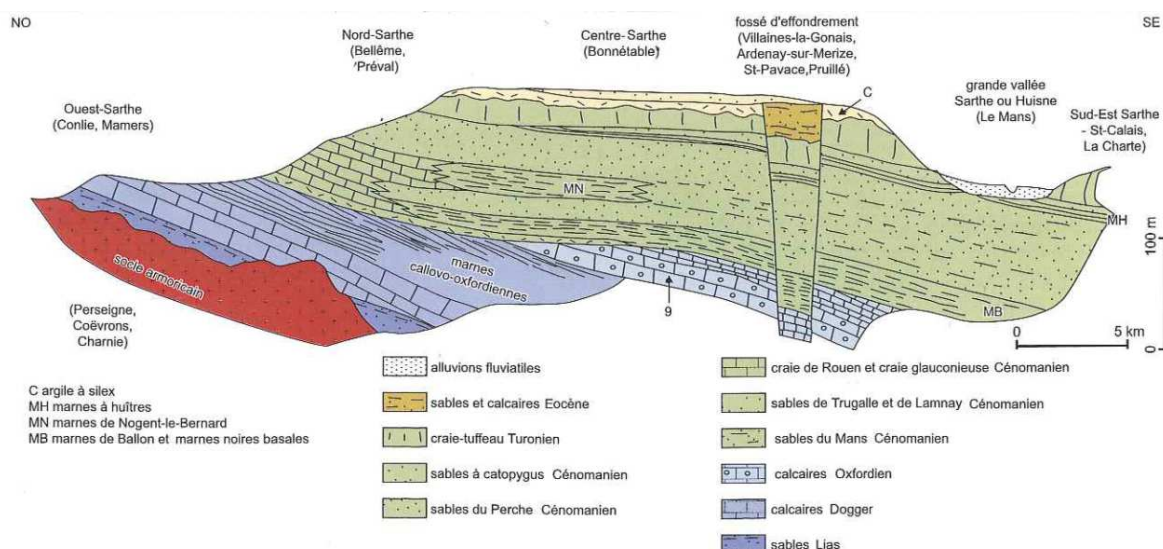
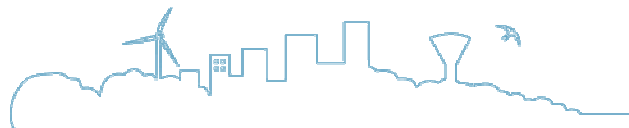


Figure 2-3 : Coupe géologique théorique dans le Perche-Maine (P.Juignet, 1998)

Le descriptif litho-stratigraphique des terrains présents sur le territoire du SAGE Sarthe aval est présenté ci-dessous et illustré par La Figure 2-3.



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

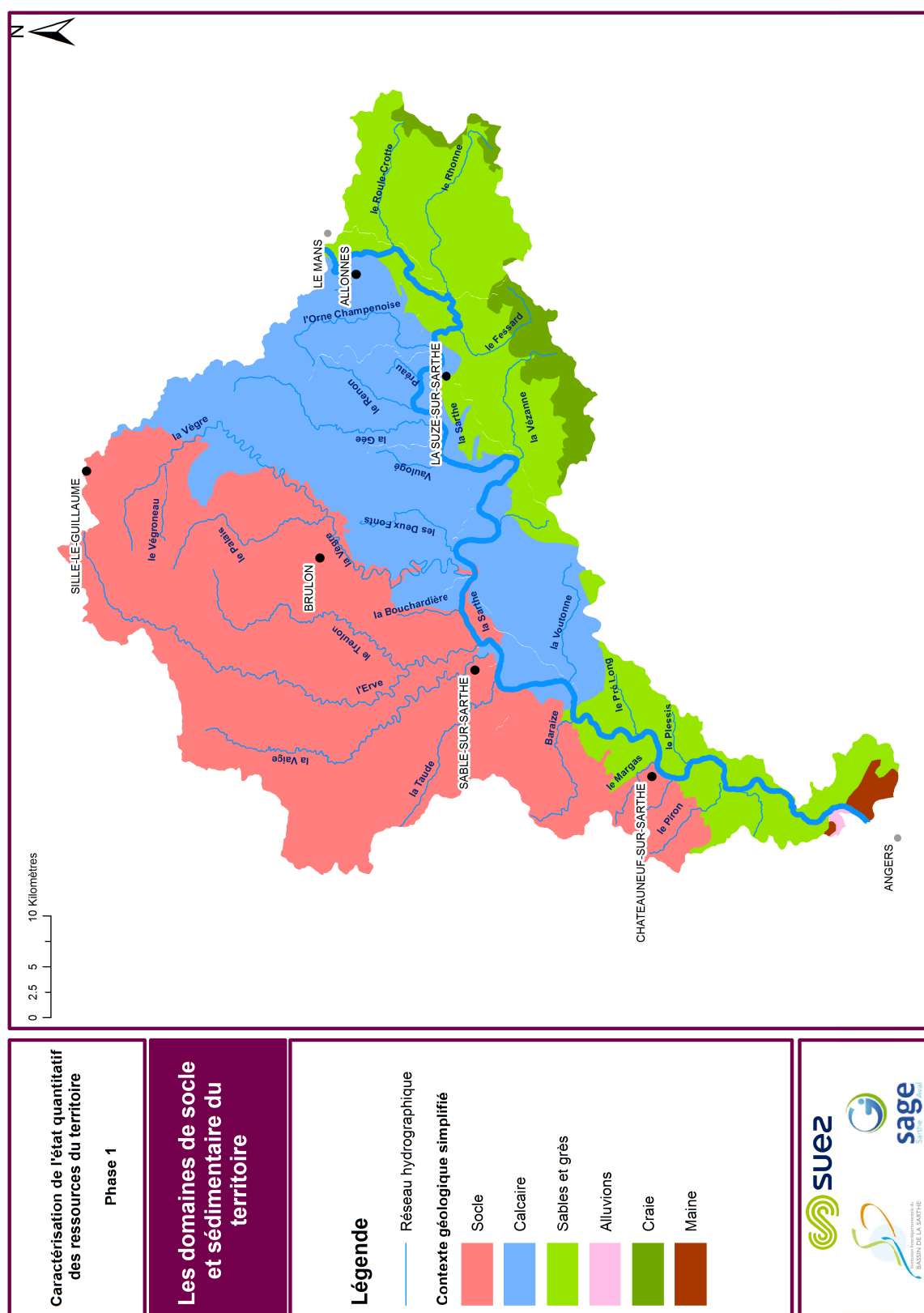
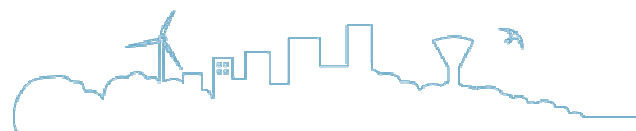


Figure 2-4 : Répartition des formations de socle et sédimentaire sur le périmètre du SAGE Sarthe Aval



2.2.1.1 Les formations du socle paléozoïque (Massif Armoricaïn)

La zone armoricaïne est représentée par deux principaux domaines :

- au nord-ouest, une unité comportant des **séries sédimentaires et volcaniques d'âge Ordovicien** (grès armoricaïn, schistes, ...) à **Dévonien** (Grès de Gahard, schistes, ...) et caractérisée par d'importantes séries carbonifères. Ces dernières présentent des lithologies variées : faciès terrigènes, carbonatés et volcanites ;
- au sud-ouest, une unité formée principalement par des **schistes antécambriens** (Briovérien) peu ou pas métamorphisés et localement par des **séries sédimentaires d'âge paléozoïque**.

Ces terrains plissés et plus ou moins redressés, de direction générale WNW-ESE, commencent à s'enfoncer sous les terrains jurassiques et crétacés entre 1 et 4 km à l'ouest de la vallée de la Vègre dans laquelle ils réapparaissent sporadiquement avant de disparaître complètement.

2.2.1.2 Les formations sédimentaires (Bassin parisien)

A l'est, le bassin parisien couvre le reste du territoire du bassin versant. Ses formations d'âge plus récent (secondaire et tertiaire), de nature sédimentaire, reposent en discordance sur ceux du massif armoricaïn.

Au centre et au nord du bassin versant, une large bande de **terrains jurassiques** orientée nord-est / sud-ouest, constituées de bas en haut par :

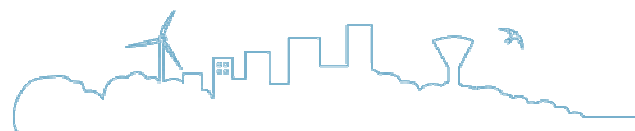
- les sables et calcaires du Jurassique inférieur (Lias moyen) ;
- les calcaires marneux du Toarcien ;
- les calcaires Bajo-Bathonien (Jurassique moyen ou Dogger) ;
- les formations argilo-sableuses et les marnes du Callovien ;

A l'extrême sud et est du territoire, les **terrains crétacés** reposent sur ceux du Jurassique. Ces formations sont constituées de haut en bas par :

- l'argile glauconieuse à minéral de fer (Cénomanién inférieur) ;
- les sables et grès du Maine (Cénomanién moyen) ;
- les Marnes à Ostracées (Cénomanién supérieur) et les sables et grès à Catopygus ou « de Brousse » (Turonien inférieur) : niveau à très faible perméabilité ;
- les craies Séno-turonniennes correspondent à de la craie franche dans leur partie supérieure devenant de plus en plus marneuse à partir du (craie jaune et Tuffeau de Touraine, craie marneuse)

2.2.2 Les formations aquifères

Le territoire du SAGE du bassin aval de la Sarthe est constitué de nappes de socle et de nappes



sédimentaires, libres ou captives. Un descriptif de chaque nappe est fourni ci-après accompagné de la localisation des masses d'eaux souterraines associées.

Les illustrations ont été réalisées à partir du fichier du référentiel masse d'eau disponible sur le site de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne (mis à jour : 25/09/2012).

2.2.2.1 Les aquifères de socle

Masses d'eau associées : FRGG020 (Sarthe Aval) et FRGG105 (Maine)

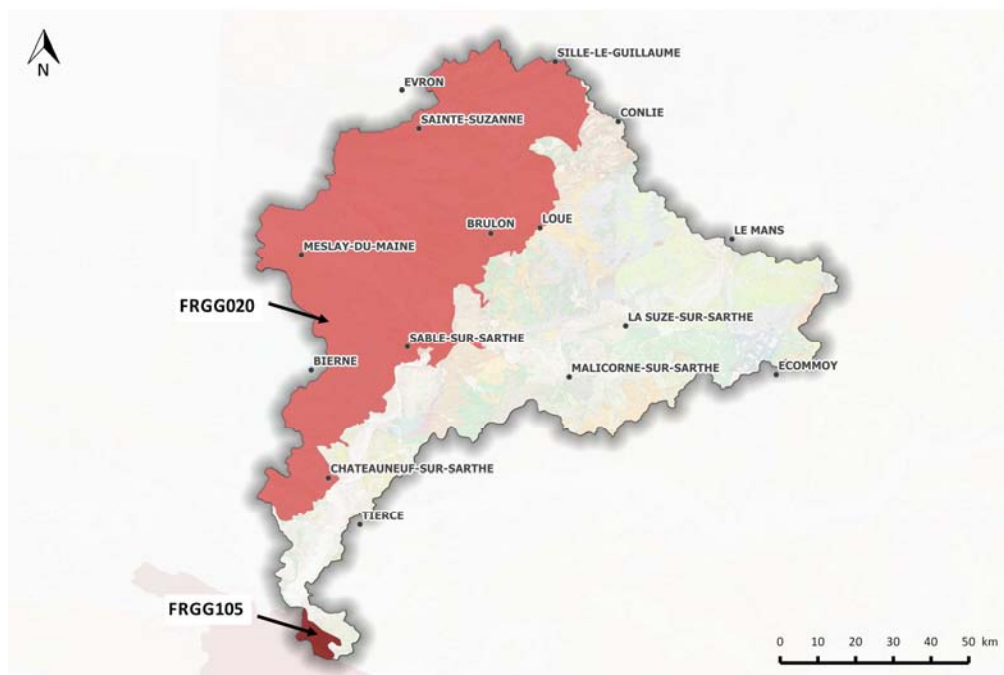


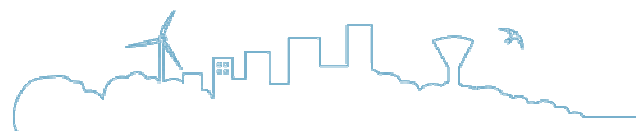
Figure 2-5 : Extension des masses d'eaux souterraines FRGG020 et FRGG105

À l'ouest, les **formations de socle** constituent des aquifères compartimentés et généralement peu productifs. Deux types principaux de terrains sont représentés :

- Les roches éruptives et métamorphiques dont la partie peut sous certaines conditions s'altérer et contenir des quantités importantes d'eau, mais qui n'ont en général en profondeur que des réserves faibles ou nulles ;
- Les sédiments primaires, où une fissuration peut se développer jusqu'à une grande profondeur.

Ces terrains sont interdépendants mais n'ont pas les mêmes caractéristiques hydrodynamiques : la roche altérée est plutôt argileuse et capacitive alors que l'horizon fissuré est plus transmissif. Dans ce type d'aquifère, les eaux souterraines circulent à la faveur de cassures et de fractures.

Les formations métamorphiques, ainsi que les schistes antécambriens (Briovérien) sont généralement peu aquifères.



Deux formations constituent des réservoirs aquifères particulièrement intéressants : les calcaires carbonifères et les grès de Gahard :

- Les **calcaires carbonifères** sont parcourus par une fissuration plus ou moins intense à partir de laquelle ont pu se développer localement des réseaux karstiques très favorables à la circulation et à l'emmagasinage des eaux souterraines. Ces caractéristiques font donc de ces calcaires un réservoir aquifère très intéressant avec toutefois des inconvénients (variabilité de productivité et grande vulnérabilité).
- Les **grès de Gahard** (Dévonien), quand ils n'ont pas le faciès quartzite, peuvent avoir également de bonnes caractéristiques hydrauliques.

2.2.2.2 La nappe des calcaires du Jurassique

Masses d'eau associées : FRGG079 (Calcaire et Marnes du Lias et Jurassique moyen de la bordure nord-est du massif armoricain), FRGG120 (Calcaire du jurassique moyen captif de la bordure NE du massif armoricain) et FRGG121 (Marnes du Callovien Sarthois)

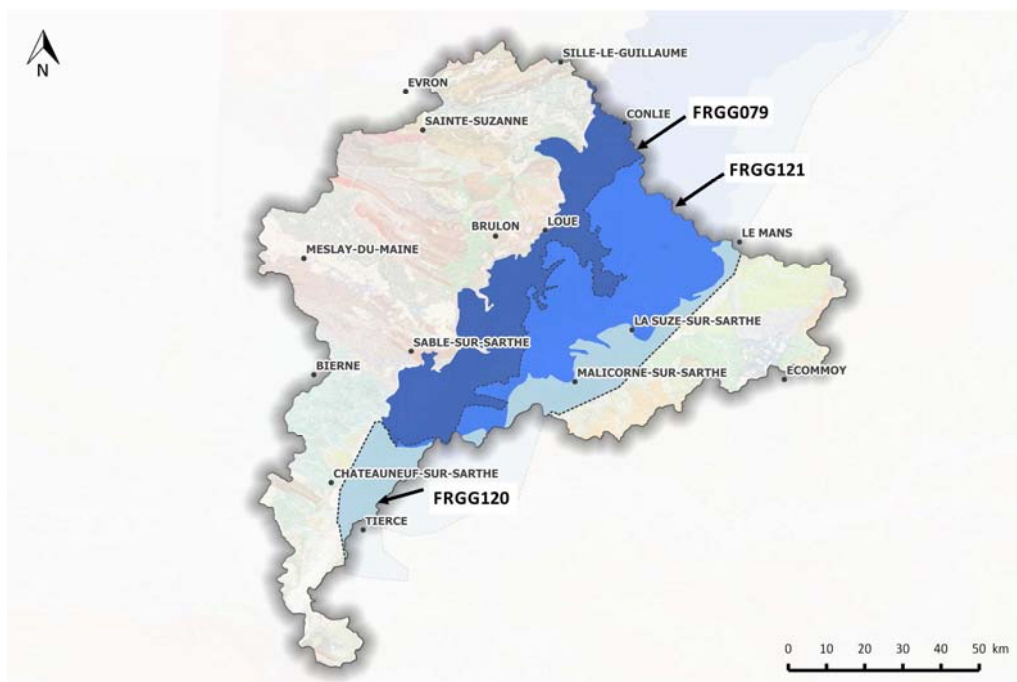
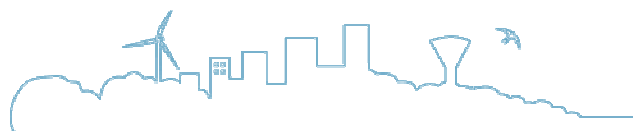


Figure 2-6 : Extension des masses d'eaux souterraines FRGG079 ; FRGG120 et FRGG0121

Les trois formations aquifères du Jurassique se composent :

- des **calcaires du Lias**, connus comme aquifères à l'ouest de la Sarthe mais d'épaisseur souvent faibles à proximité de nappes plus importantes ;
- des **calcaires du Dogger** qui affleurent très peu dans le sud-est du bassin de la Sarthe mais contiennent des nappes importantes du fait du développement de réseau de fissures très dense
- des **marnes du Callovien** peu perméables, constituent le toit de l'aquifère des calcaires



du Dogger.

2.2.2.3 La nappe des sables du Cénomanien

Masse d'eau associée : FRGG080 (Sables et grès du Cénomanien unité du Loir), FRGG081 (Sables et grès du Cénomanien Sarthois) et FRGG122 (Sables et grès libres du Cénomanien unité de la Loire)

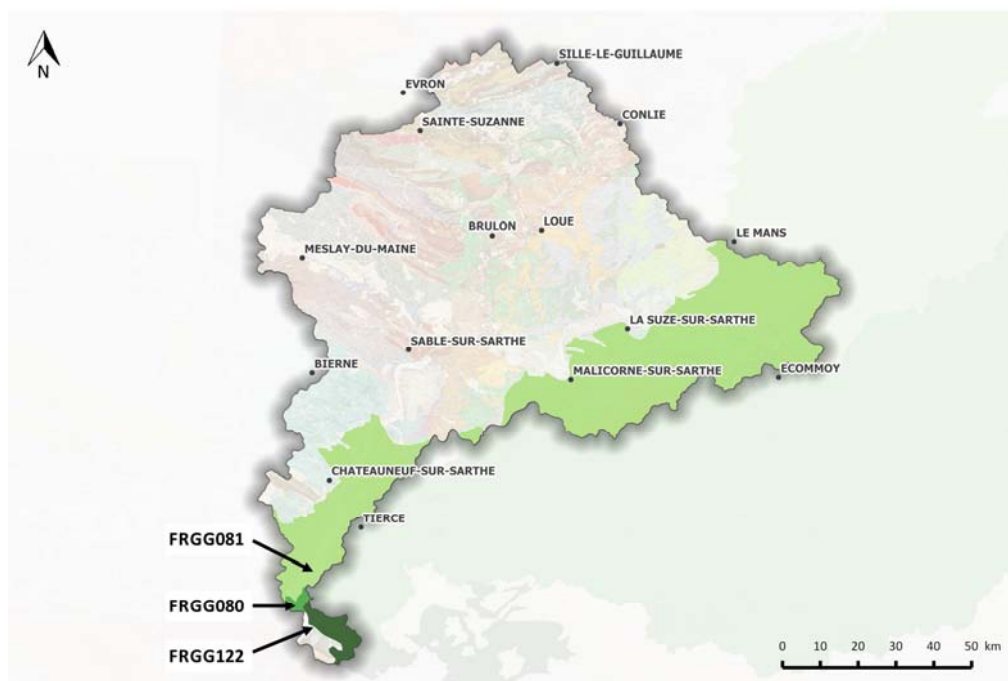


Figure 2-7 : Extension des masses d'eaux souterraines FRGG081 ; FRGG080 et FRGG0122

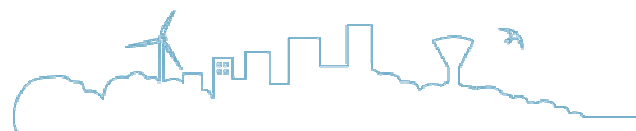
Les terrains cénomaniens s'étendent sur la quasi-totalité du département de la Sarthe et sur la moitié orientale du Maine-et-Loire. Ils peuvent affleurer ou être recouverts par des terrains plus récents (Turonien, Tertiaire, Quaternaire).

Il s'agit d'un aquifère multicouche, constitué de différents faciès sableux, intercalés entre les marnes à huîtres (Marnes à Ostracées) au sommet et les marnes basales glauconieuses formant le mur du réservoir.

L'aquifère des « sables cénomaniens », peut être libre ou captif en fonction de leur position par rapport à la topographie. La nappe est drainée par tous les cours d'eau entaillant ces terrains. Les débits peuvent être importants ; ils sont liés à l'épaisseur du réservoir et aux couloirs de drainage.

2.2.2.4 La nappe de la craie du Séno-Turonien

Masses d'eau associée : FRGG090 (Craie du Séno-Turonien unité du Loir)



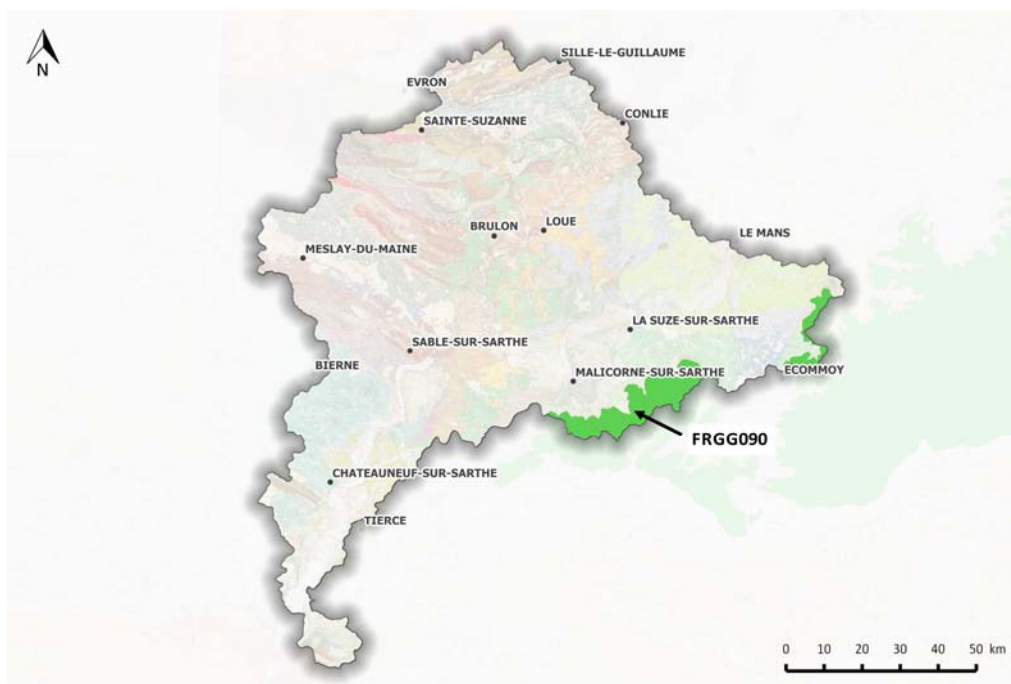


Figure 2-8 : Extension de masse d'eaux souterraines FRGG090

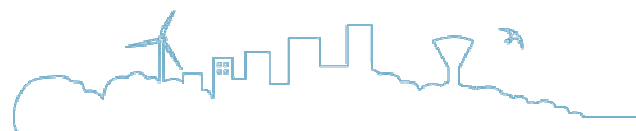
L'aquifère de la craie du Séno-Turonien reposant sur les marnes à Ostracées et sables du perche du céno-manien supérieur, la nappe des craies séno-turonienne est **de type libre**. Elle est drainée par les cours d'eau et est en liaison hydraulique, dans notre cas, avec la nappe alluviale du Loir. Sous les plateaux, elle est profonde de 20 à parfois plus de 40 mètres. La craie, enrichie d'une phase siliceuse, forme le tuffeau, à porosité très fine et à fort coefficient de rétention.

Bien que la productivité des captages soit variable, la perméabilité d'ensemble ainsi que la transmissivité de cette nappe restent faibles. En effet, la formation des craies Séno-Turonienne constitue un réservoir aquifère seulement lorsqu'elle est fissurée, le long d'accidents tectoniques et/ou lorsqu'elle est altérée, sous les principales vallées, les deux conditions étant souvent liées.

Cette nappe est très peu représentée sur le périmètre du SAGE Sarthe Aval.

2.2.2.5 Les alluvions

Masses d'eau associées : FRGG111 (Alluvions Loir) et FRGG113 (Alluvions Sarthe)



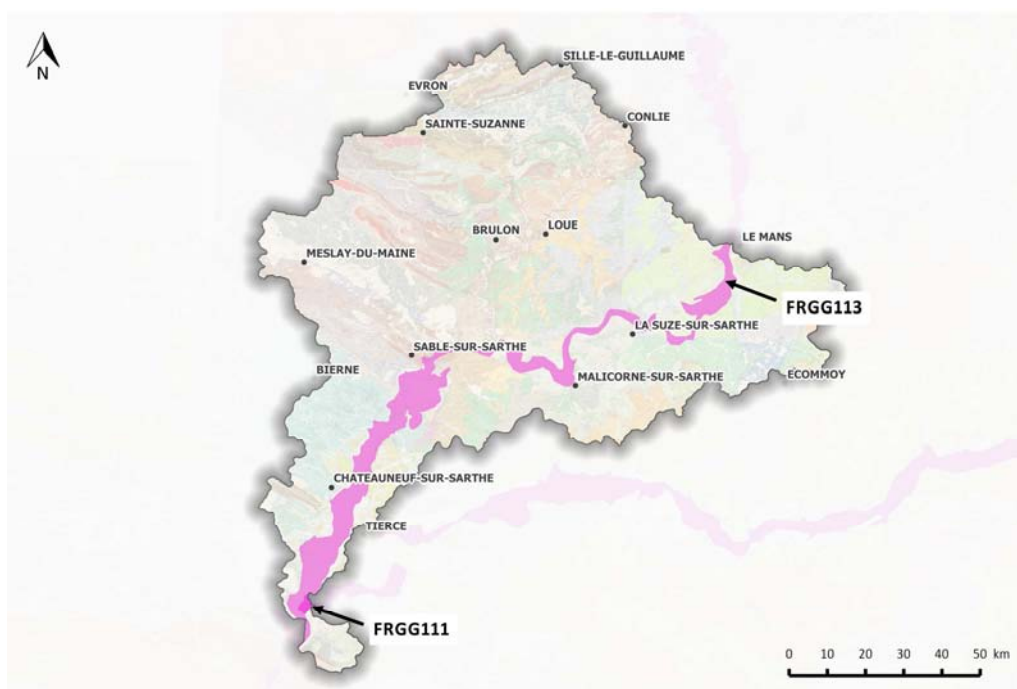


Figure 2-9 : Extension des masses d'eaux souterraines FRGG111 et FRGG113

En aval du Mans, les alluvions anciennes de la Sarthe, disposées en terrasses étagées, sont formées par des sables, galets et graviers mises en place au cours de la dernière période glaciaire, recouvertes de terrains plus argileux de l'holocène.

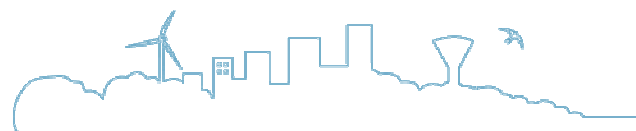
2.2.3 Les masses d'eaux souterraines

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE-2000/60/CE) introduit la notion de « masses d'eaux souterraines » qu'elle définit comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères » (article 5 et Annexe II).

La délimitation des masses d'eaux souterraines est fondée sur des critères hydrogéologiques, puis éventuellement sur la considération de pressions anthropiques importantes. Ces masses d'eau sont caractérisées par six types de fonctionnement hydraulique, leur état (libre/captif) et d'autres attributs. Afin de simplifier l'identification des masses d'eau et de pallier les manques de connaissances sur les aquifères, le terme « captif » est assimilé à « sous couverture ».

Une masse d'eau correspond d'une façon générale sur le district hydrographique à une zone d'extension régionale représentant un aquifère ou regroupant plusieurs aquifères en communication hydraulique, de taille importante. Leurs limites sont déterminées par des crêtes piézométriques lorsqu'elles sont connues et stables (à défaut par des crêtes topographiques), soit par de grands cours d'eau constituant des barrières hydrauliques, ou encore par la géologie.

Seuls les aquifères pouvant être exploités à des fins d'alimentation en eau potable, par rapport à la ressource suffisante, à la qualité de leur eau et/ou à des conditions technico-économiques raisonnables, ont été retenus pour constituer des masses d'eaux souterraines.



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

Sur le territoire du SAGE de la Sarthe Aval, **11 masses d'eaux souterraines ont été recensées.**

Tableau 2-2 : Masses d'eau souterraines concernées par le territoire du SAGE Sarthe Aval (SDAGE LB 2016-2021)

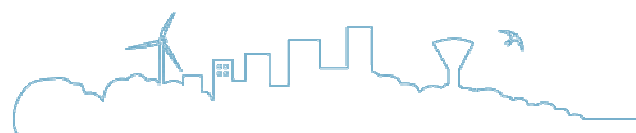
Code	Masse d'eau	Superficie dans le SAGE (km ²) et % de la superficie du SAGE	Objectif d'état qualitatif	Objectif d'état quantitatif	Objectif d'état global	Motivation choix de l'objectif
FRGG020	Sarthe Aval	1212,0 (44,5 %)	Bon Etat 2027	Bon Etat 2015	Bon Etat 2027	CN*
FRGG079	Calcaire et Marnes du Lias et Jurassique moyen de la bordure nord-est du massif armoricain	384,7 (14,1 %)	Bon Etat 2027	Bon Etat 2015	Bon Etat 2027	CN
FRGG080	Sables et grès du Cénomanien unité du Loir	7,2 (0,3 %)	Bon Etat 2015	Bon Etat 2021	Bon Etat 2021	/
FRGG081	Sables et grès du Cénomanien Sarthois	682,7 (25,1 %)	Bon Etat 2021	Bon Etat 2015	Bon Etat 2021	CN
FRGG090	Craie du Séno-Turonien unité du Loir	85,8 (3,2 %)	Bon Etat 2027	Bon Etat 2015	Bon Etat 2027	CN
FRGG105	Maine	16,6 (0,6 %)	Bon Etat 2021	Bon Etat 2015	Bon Etat 2021	CN
FRGG111	Alluvions Loir	2,8 (0,1 %)	Bon Etat 2015	Bon Etat 2015	Bon Etat 2015	/
FRGG113	Alluvions Sarthe	191,3 (7 %)	Bon Etat 2015	Bon Etat 2015	Bon Etat 2015	/
FRGG120	Calcaire du Jurassique moyen captif de la bordure NE du Massif Armoricaïn	614,1 (22,6 %)	Bon Etat 2015	Bon Etat 2015	Bon Etat 2015	/
FRGG121	Marnes du Callovien Sarthois	391,8 (14,4 %)	Bon Etat 2015	Bon Etat 2015	Bon Etat 2015	/
FRGG122	Sables et grès libres du Cénomanien unité de la Loire	25,0 (0,9 %)	Bon Etat 2015	Bon Etat 2021	Bon Etat 2021	/

* Conditions naturelles

Les eaux souterraines du territoire du SAGE Sarthe Aval se décomposent en 3 grands aquifères :

- la nappe du Cénomanien, située dans la partie est du territoire ;
- la nappe du Jurassique, correspondant à la partie centrale du territoire ;
- les nappes de socle, situées à l'ouest et au nord du territoire.

Les autres aquifères présents sur le secteur d'étude apparaissent plus limités en raison de leur extension réduite (entre 7 à 0,1 %) et de leurs potentialités d'exploitation moindres.



2.3 Le contexte climatique

La zone d'étude présente un climat océanique altéré. Il se caractérise par des hivers doux et pluvieux ainsi que des étés relativement frais.

2.3.1 Pluviométrie

2.3.1.1 La base de données AURELHY

La base de données AURELHY de Météo France donne à l'échelle de la France, les précipitations normales sur la période 1971-2000 à la maille du km². Ces données sont présentées sur la figure ci-dessous sur le bassin versant de la Sarthe aval.

Cette carte met en évidence la présence d'un gradient pluviométrique Nord-Sud sur la zone d'étude. On peut différencier :

- La partie Nord du bassin qui reçoit en moyenne entre 850 et 950 mm par an ;
- La partie centrale du bassin versant qui reçoit entre 750 et 850 mm par an en moyenne ;
- Le Sud du bassin qui reçoit en moyenne moins de 750 mm par an.

Sur la base de cette analyse, des données pluviométriques et d'évapotranspiration (ETP) ont été collectées au droit de quatre stations météorologiques représentatives sur le territoire. Les caractéristiques des postes pluviométriques sont décrites dans les paragraphes suivants.



Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

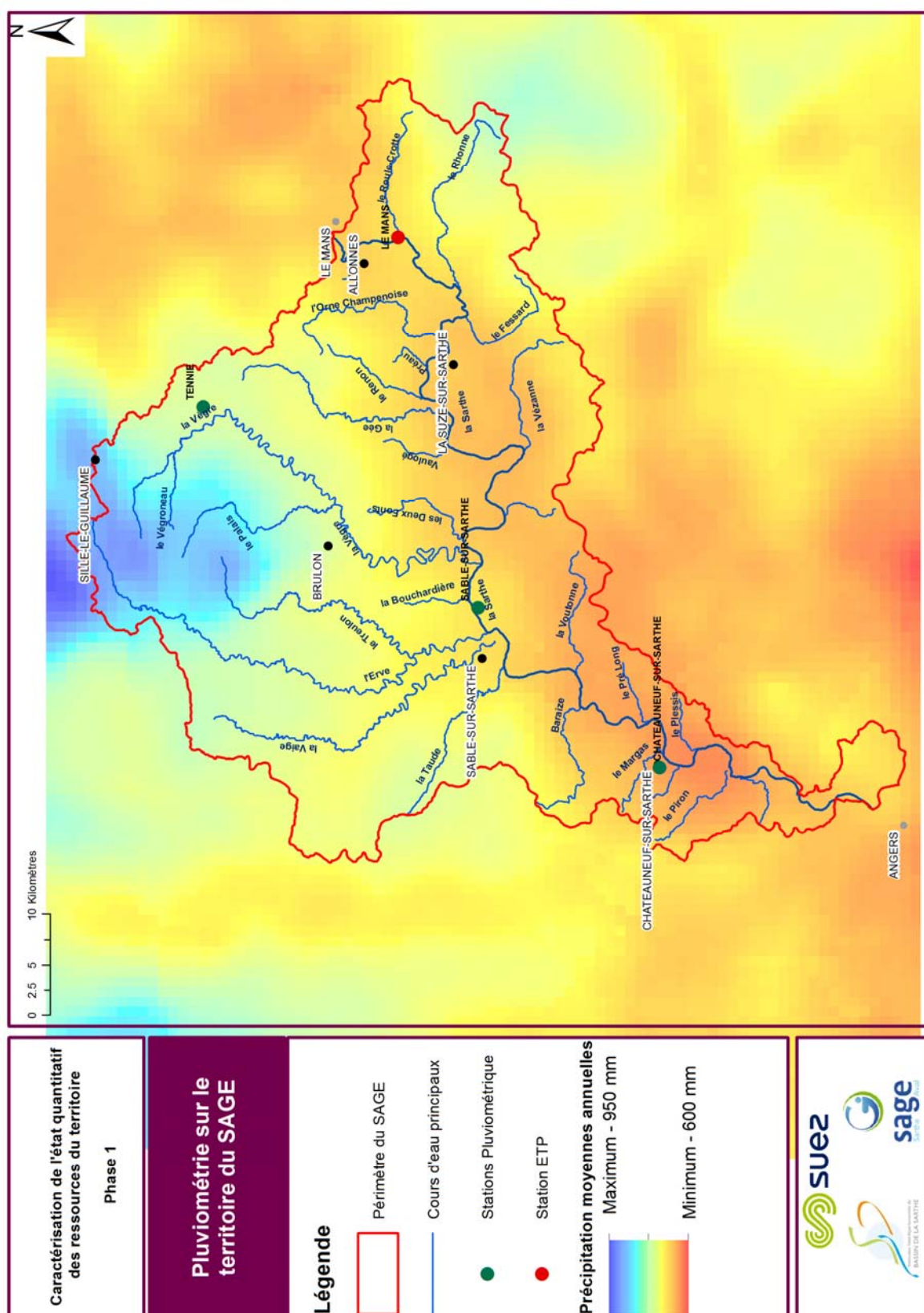
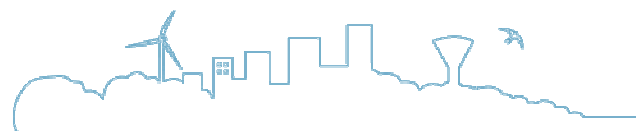


Figure 2-10 : Données AURELHY Météo France



2.3.1.2 Les stations pluviométriques

Au total, 12 stations pluviométriques sont recensées sur le territoire du SAGE Sarthe aval.

Les cumuls pluviométriques journaliers et annuels ont été collectés au droit de 3 stations représentatives du bassin versant. L'objectif est dans un premier temps de disposer d'informations permettant de caractériser le régime pluviométrique sur le bassin. Les données collectées serviront dans un deuxième temps de données d'entrée pour la modélisation hydrologique.

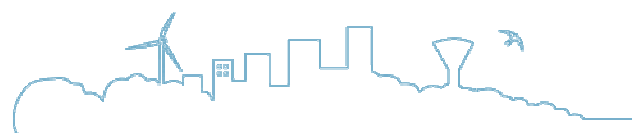
Ces stations sont réparties sur le territoire du SAGE d'amont en aval. Les caractéristiques des stations pluviométriques choisies sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 2-3 : Caractéristiques des stations pluviométriques

Station	Code	Période disponible	Nombre d'années de mesure
TENNIE	72351002	1984-2015	31
SABLE SUR SARTHE	72264001	1949-2015	66
CHATEAUNEUF s/SARTHE	49080001	1949-2015	66

Les cumuls de précipitation annuels ont été collectés sur toute la période disponible auprès de Météo France pour les 3 stations pluviométriques retenues précédemment. Ces données permettront de positionner le contexte pluviométrique des dix dernières années par rapport à la chronique totale et serviront à approcher la thématique du changement climatique.

Des données de cumul plus précises au pas de temps journalier ont également été collectées sur la période 2000-2015. Ces valeurs serviront de données d'entrée pour la modélisation de l'hydrologie désinfluencée. Les chroniques sur la période 2000-2015 ne présentent pas de lacune, elles sont donc suffisamment longues et robustes pour être exploitées.



2.3.1.3 Représentativité de la période d'étude

Les graphiques présentés ci-après comparent les cumuls annuels sur toute la chronique disponible au cumul moyen annuel sur la totalité de la chronique et à la moyenne mobile sur 10 ans décalée de 5 ans (1996-2005, 2001-2010, 2006-2015...). Les stations de Tennie, Sablé-sur-Sarthe et Châteauneuf-sur-Sarthe ont été analysées car elles sont les plus représentatives des variations pluviométriques sur le territoire d'étude et possèdent une chronique suffisamment longue. L'analyse des résultats permettra de positionner le contexte pluviométrique du territoire sur les dix dernières années par rapport à la chronique de précipitations totale.

Sur la base de ces éléments, il apparaît que la pluviométrie annuelle moyenne sur les deux dernières décennies est comparable à la pluviométrie annuelle moyenne sur l'ensemble de la période disponible.

En termes de tendance plus globale, aucune variation structurelle des cumuls pluviométriques annuels ne semble s'observer. Les variations pluviométriques interannuelles sont assez cycliques, avec alternance de décennies sèches et humides. Ces variations sont différentes en termes d'ampleur selon les stations analysées.

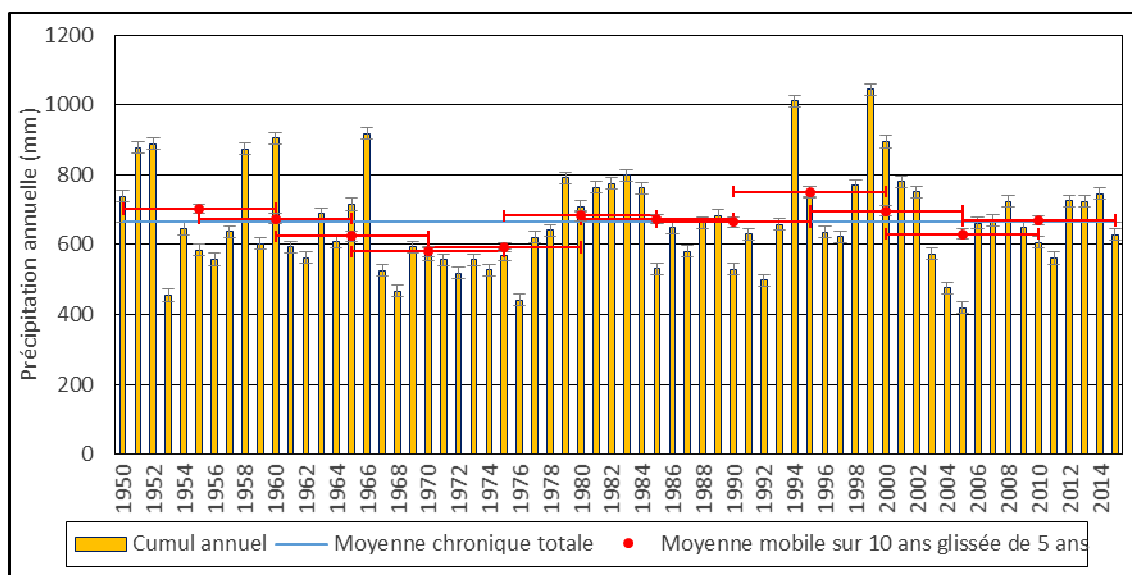
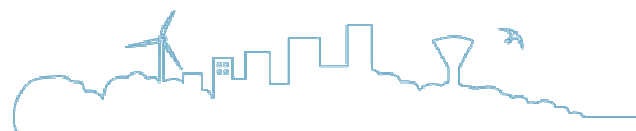


Figure 2-11 : Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 10 ans pour toute la période disponible à la station de Châteauneuf-sur-Sarthe



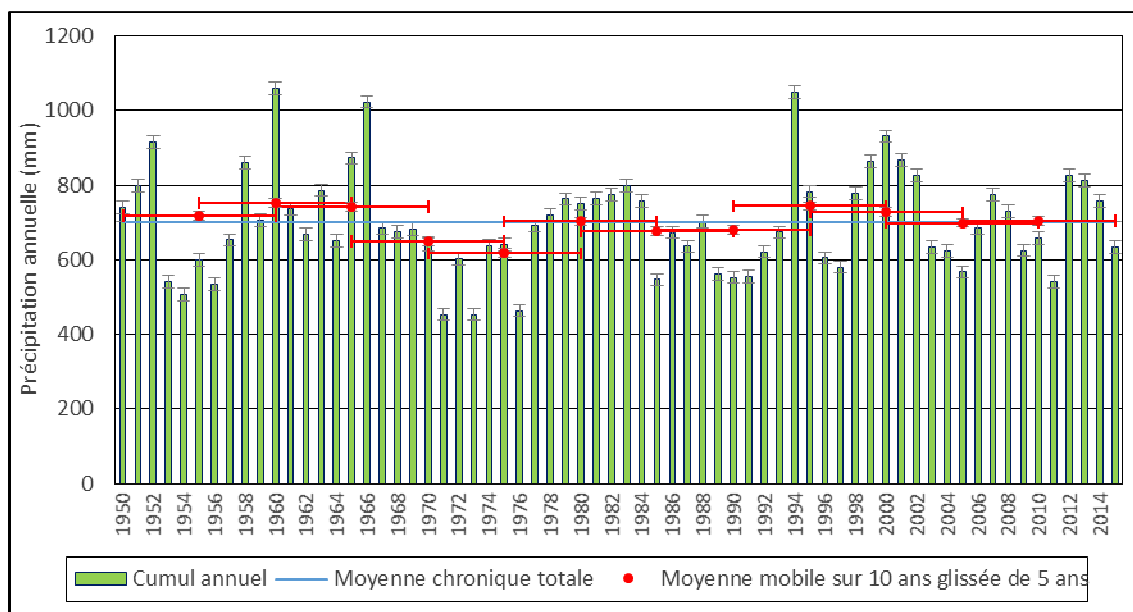


Figure 2-12 : Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 10 ans pour toute la période disponible à la station de Sablé-sur-Sarthe

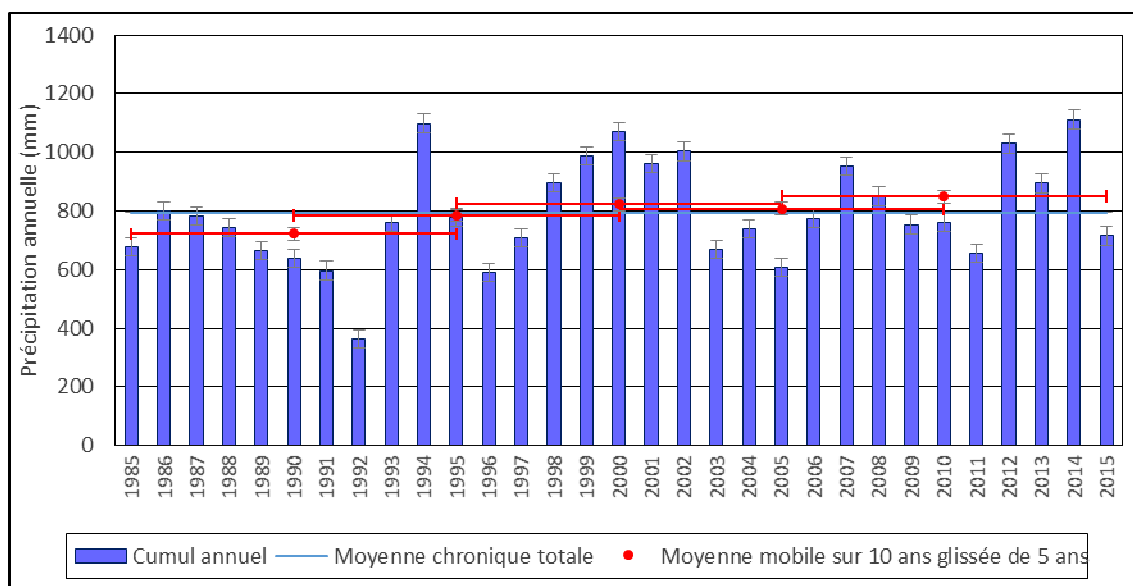
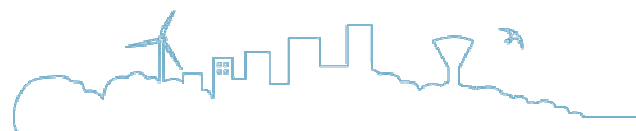


Figure 2-13 : Comparaison des cumuls de pluie annuels et des moyennes mobiles sur 10 ans sur toute la période disponible à la station de Ténie

2.3.1.4 Précipitations annuelles sur l'ensemble de la période disponible

Les précipitations annuelles ont été calculées sur toute la période disponible au droit des trois stations Météo France choisies précédemment. Un ajustement statistique (loi normale) sur les cumuls de précipitations annuels a permis de déterminer pour chaque station les pluies de périodes de retour quinquennale sèche, quinquennale humide et biennale. Ainsi, il a été possible de distinguer les années sèches, humides et médianes en termes de pluviométrie sur



la période d'étude. Les résultats pour les trois stations pluviométriques sont présentés sur les graphiques suivants.

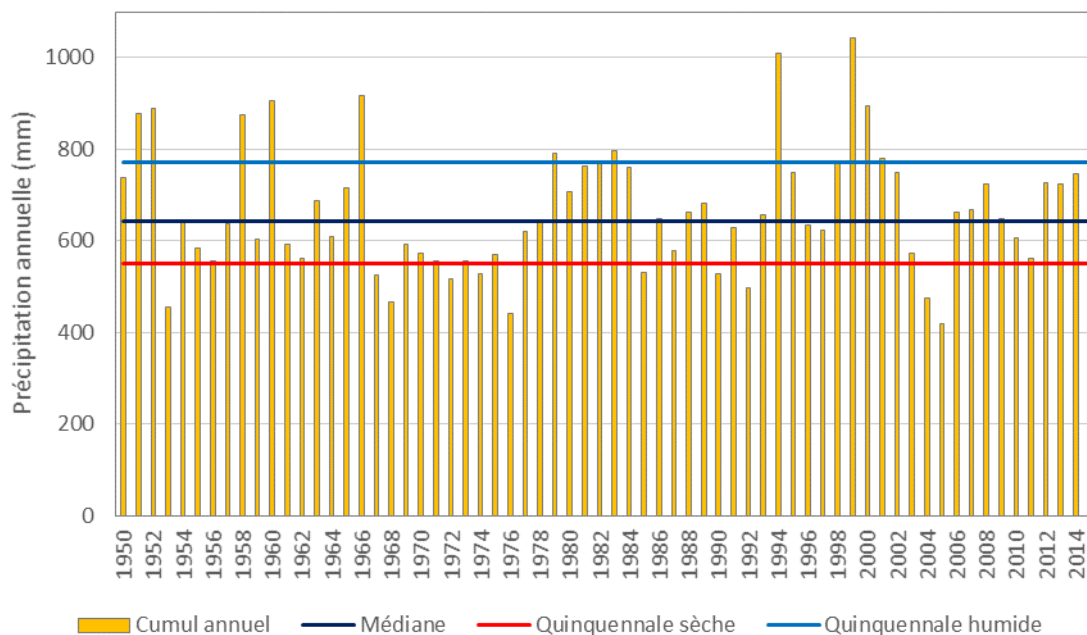


Figure 2-14 : Période de retour des précipitations enregistrées à la station de Châteauneuf-sur-Sarthe sur la période 1950-2015

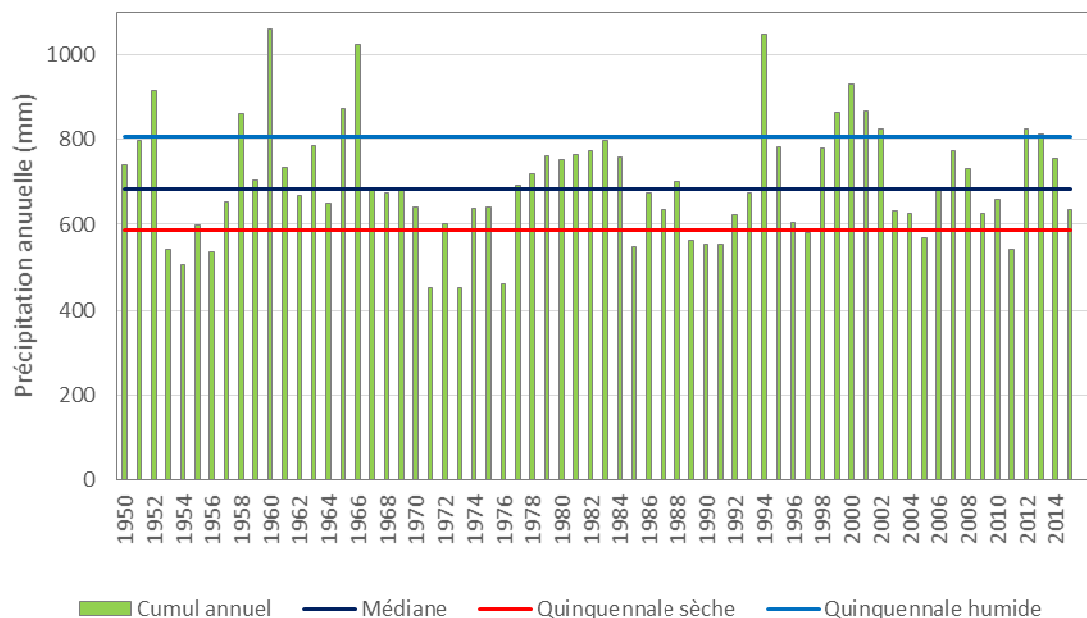
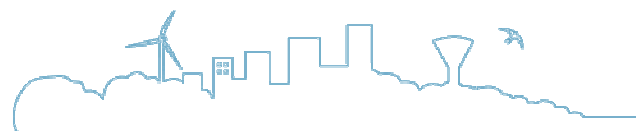


Figure 2-15 : Période de retour des précipitations enregistrées à la station de Sablé-sur-Sarthe sur la période 1950-2015



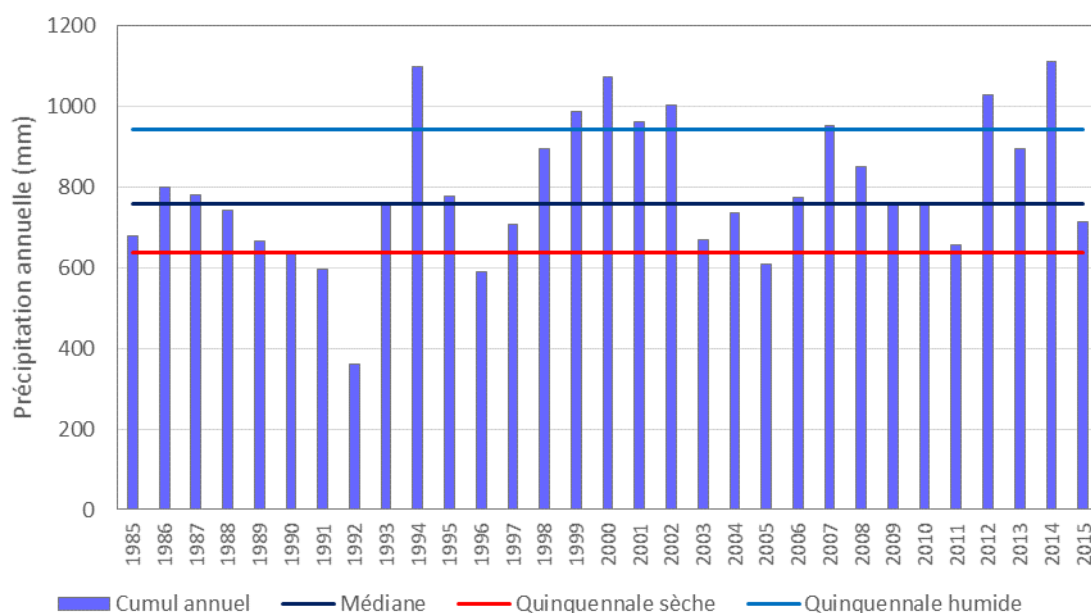


Figure 2-16 : Période de retour des précipitations enregistrées à la station de Tennie sur la période 1985-2015

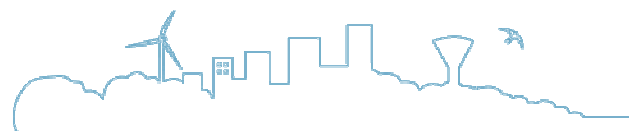
Comme observé sur la carte AURELHY, les graphiques des précipitations annuelles montrent un gradient pluviométrique Nord-Sud sur le territoire. La station de Tennie au Nord du bassin enregistre les plus fortes précipitations, en général comprises entre 700 et 900 mm par an. La station centrale de Sablé-sur-Sarthe enregistre une pluviométrie plus faible comprise en général entre 700 et 800 mm. Enfin la station de Châteauneuf-sur-Sarthe, la plus au Sud enregistre des précipitations annuelles autour de 600 à 700 mm.

A partir des graphiques ci-dessus, les années 1953-1956, 1971-1976, 1985, 1989-1991, 1996-1997, 2004-2005 et 2009-2011 apparaissent comme les années les plus sèches avec une hauteur d'eau précipitée proche ou inférieure à la période de retour quinquennale sèche.

A l'inverse, les années les plus pluvieuses 1951-1952, 1958, 1960, 1965-1966, 1979-1984, 1994, 1999-2002 et 2012-2014 enregistrent des précipitations proches ou supérieures à la période de retour quinquennale humide.

2.3.1.5 Précipitations mensuelles sur l'ensemble de la période disponible

Les précipitations mensuelles moyennes calculées sur l'ensemble de la période disponible au droit des trois stations pluviométriques sont présentées dans la Figure 2-17.



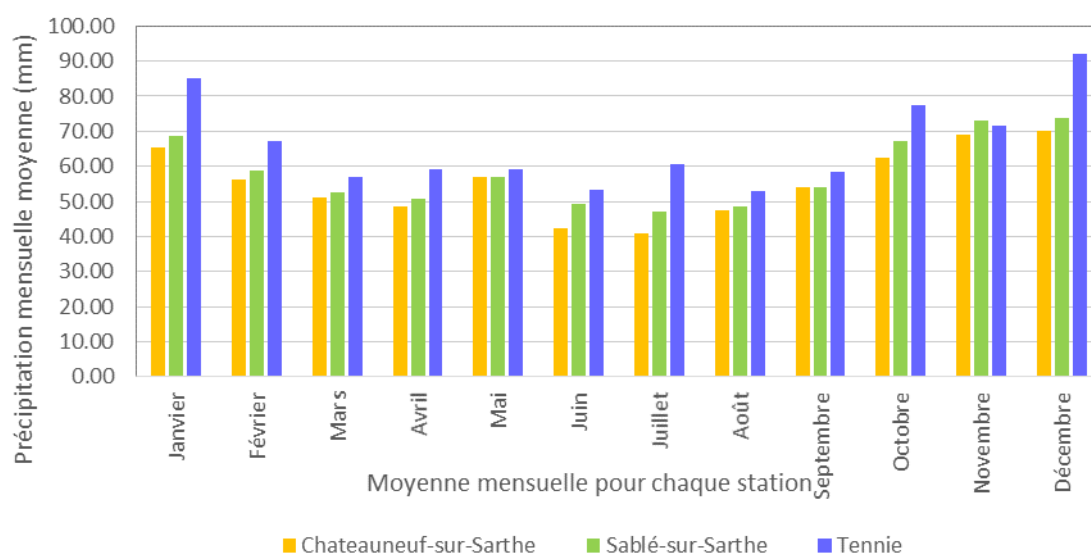


Figure 2-17 : Précipitations mensuelles moyennes pour chaque station

Le pourcentage du volume précipité par mois par rapport à la pluviométrie annuelle moyenne est calculé dans le tableau suivant.

Tableau 2-4 : Pourcentage des précipitations mensuelles moyennes par rapport au cumul moyen annuel

Code	Nom	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
72351002	TENNIE	11%	8%	7%	7%	7%	7%	8%	7%	7%	10%	9%	12%
72264001	SABLE SUR SARTHE	10%	8%	8%	7%	8%	7%	7%	7%	8%	10%	10%	11%
49080001	CHATEAUNEUF SUR SARTHE	10%	8%	8%	7%	9%	6%	6%	7%	8%	9%	10%	11%

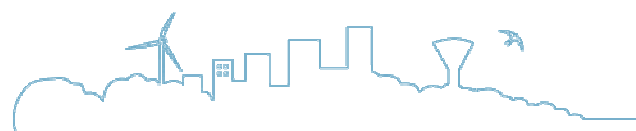
Les variations inter-mensuelles de la pluviométrie sont relativement constantes d'une station à une autre.

Les cumuls de précipitations les plus faibles sont enregistrés sur la période de juin à août, ce qui correspond également à la période de basses eaux, et représentent environ 20% des précipitations annuelles. A l'inverse, la période d'octobre à janvier reçoit plus de 40% du cumul précipité sur l'année.

2.3.2 Évapotranspiration potentielle (ETP)

2.3.2.1 La station retenue

Les données relatives à l'évapotranspiration potentielle (ETP) ont été collectées à la station Météo France du MANS (n°72181001). Les données d'ETP Penman sont récoltées au pas de temps décadaire sur toute la période disponible. Outre caractériser le contexte climatique sur le bassin versant, ces valeurs serviront de données d'entrée pour la modélisation de l'hydrologie désinfluencée, permettront de calculer les pertes par évaporation des plans d'eau et d'estimer les besoins en eau des plantes.



Pour rappel, le calcul de l'ETP tient compte :

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

Les caractéristiques de la station sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 2-5 : Caractéristiques de la station ETP de Le Mans

Station	Code	Période disponible	Nombre d'années de mesure
LE MANS	72181001	1949-2015	66

2.3.2.2 Représentativité de la période d'étude

Comme pour la pluviométrie, le graphique présenté ci-après compare l'ETP annuelle sur la chronique disponible à l'ETP moyenne annuelle sur la totalité de la chronique et à la moyenne mobile sur 10 ans décalée de 5 ans.

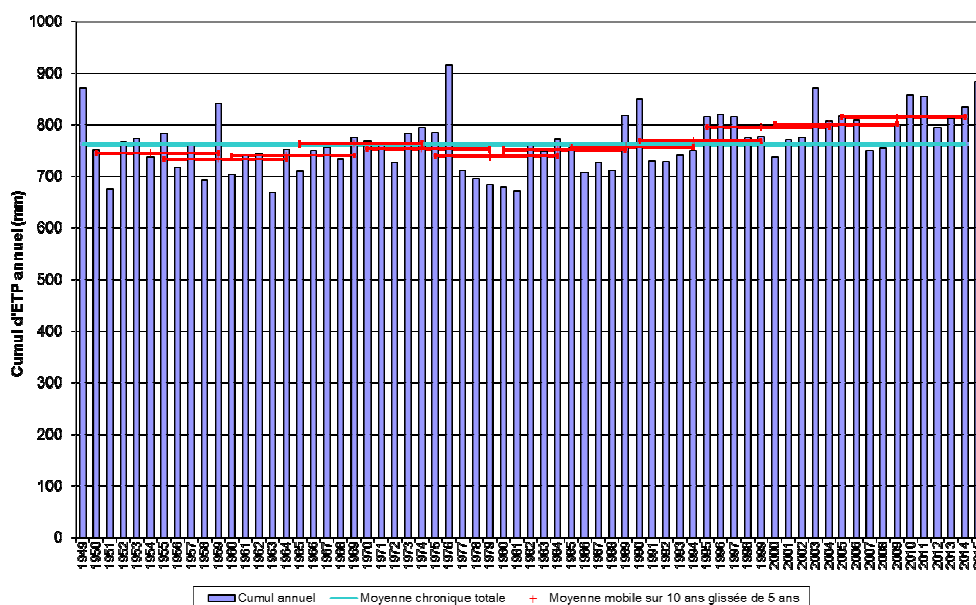
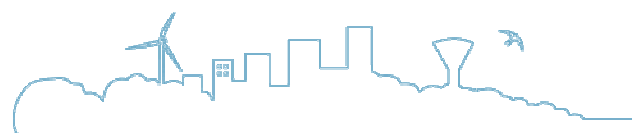


Figure 2-18 : Comparaison des cumuls d'ETP annuels et des moyennes mobiles sur 10 ans à la station de Le Mans

L'ETP est en constante augmentation depuis les années 1980. Depuis les années 1990, sa valeur est restée au-dessus de la moyenne avec une valeur nettement plus importante pour les deux dernières décennies.

L'augmentation de l'ETP constatée ces dernières années est causée principalement par une hausse des jours de fortes chaleurs. Les températures sont plus élevées et les jours « secs » plus importants sans pour autant que le cumul pluviométrique annuel soit remis en cause.



2.3.2.3 ETP annuelles sur l'ensemble de la période disponible

Ci-dessous, est présenté le graphique comparant les précipitations mesurées à Sablé-sur-Sarthe et ETP annuelles mesurées à la station Météo France du Mans. Ainsi, il est possible de visualiser les années en déficit ou excédent pluviométrique au droit de cette station.

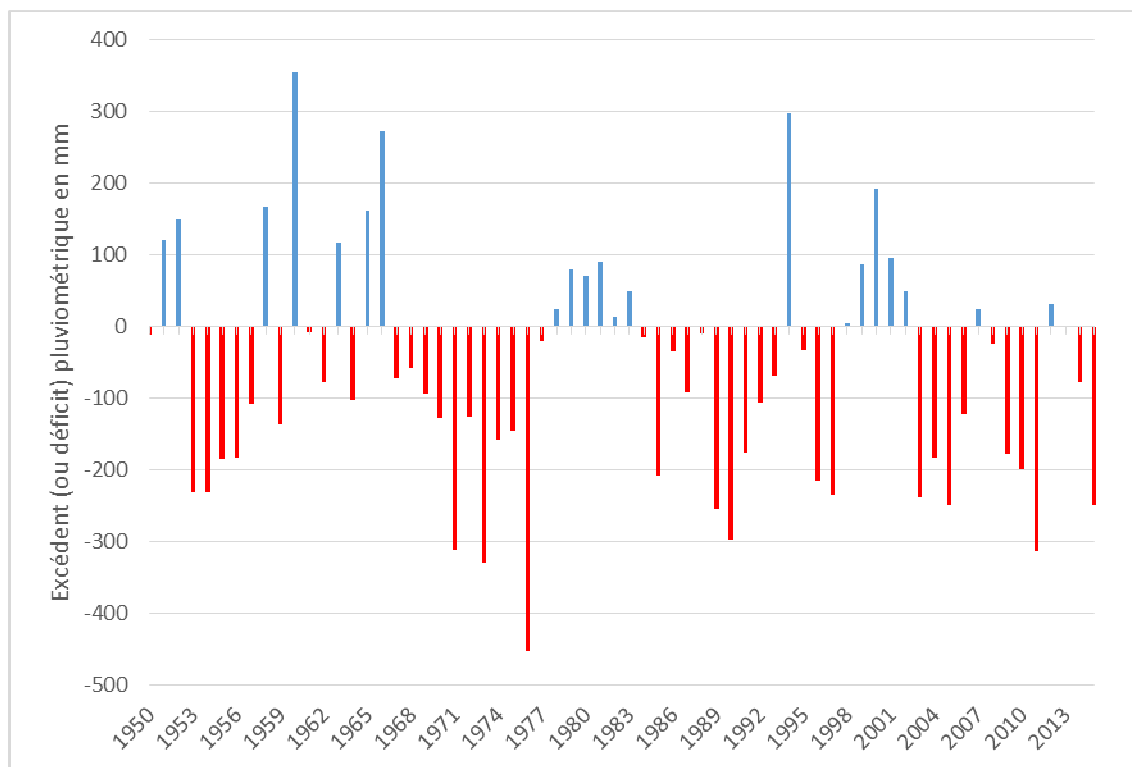
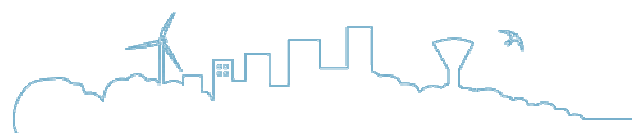


Figure 2-19 : Différence entre les cumuls de précipitation à Sablé-sur-Sarthe et d'ETP à Le Mans sur toute la période disponible

Il apparaît nettement que la zone d'étude est généralement en déficit pluviométrique. De plus, On peut noter une périodicité concernant les années déficitaires et excédentaires. Sur la dernière décennie, les années 2003, 2005, 2011 et 2015 ont été marquées par des déficits très importants.

2.3.2.4 ETP mensuelles

Les valeurs d'ETP mensuelles moyennes calculées sur les 20 dernières années à la station du Mans sont présentées dans la figure suivante. Elles sont présentées avec les données moyennes de pluviométrie mensuelles aux stations étudiées. Ainsi, il est possible d'identifier les mois sur lesquels se concentrent les déficits pluviométriques.



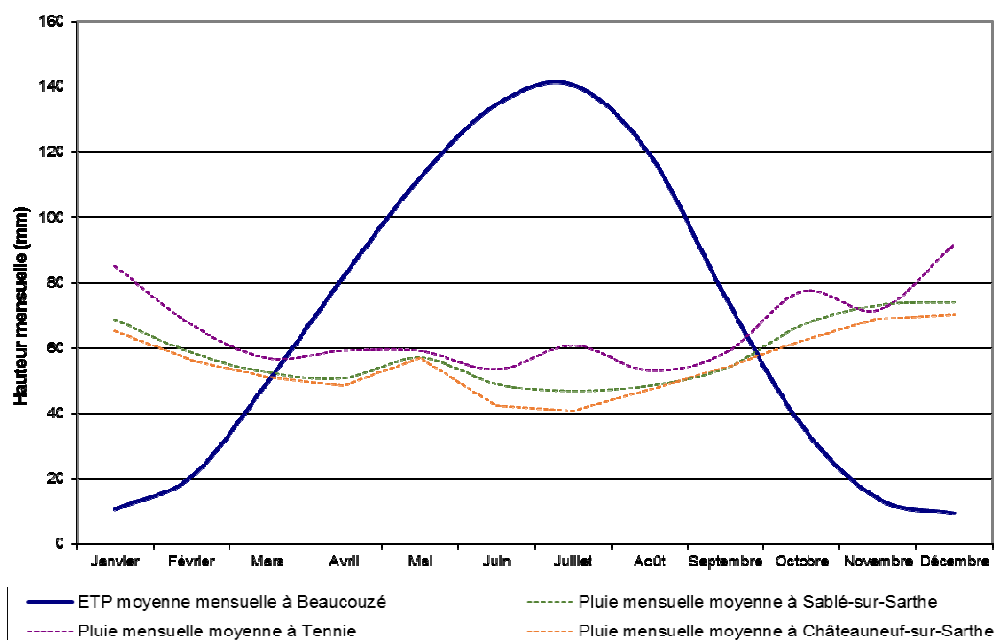
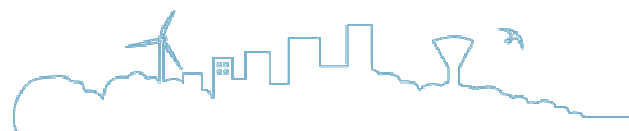


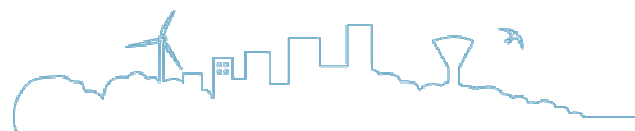
Figure 2-20 : Comparaison des moyennes mensuelles de précipitation sur les trois stations pluviométriques et d'ETP à la station de Le Mans



Figure 2-21 : Excédent ou déficit pluviométrique mensuel moyen aux stations de Châteauneuf-sur-Sarthe, Sablé-sur-Sarthe et Tennie



A partir des graphiques précédents, il apparaît que la période avril-septembre est en déficit pluviométrique. Ce déficit est compris entre 65 et 100mm pour les mois de juin et juillet et août, mois les plus « sensibles » en période d'été.



ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU SARTHE AVAL

3.1 Suivi hydrométrique

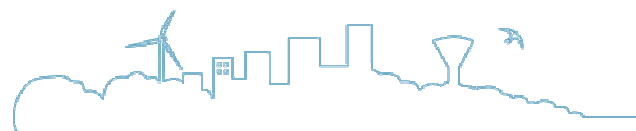
3.1.1 Stations hydrométriques

Sur le territoire du SAGE Sarthe aval, 26 stations hydrométriques gérées par la DREAL Pays de la Loire permettent de suivre l'hydrométrie du bassin versant. En 2016, 20 de ces stations sont encore en activité (gris clair).

Les tableaux suivants présentent les stations débitmétriques et limnimétriques du territoire, Parmi les 20 stations actives, seules 14 d'entre-elles assurent un suivi des débits des cours d'eau. Ce sont ces stations qui seront valorisées dans la suite de l'étude. Outre caractériser le fonctionnement hydrologique du bassin versant, elles serviront de points de calage pour le modèle numérique visant à quantifier le potentiel naturel du bassin versant.

Tableau 3-1 : Stations débitmétriques sur le territoire du SAGE Sarthe aval (source : Banque Hydro)

Code	Nom	Bassin Versant drainé (km ²)	Période disponible
M0500610	La Sarthe à Spay [amont]	5285 km ²	1952-2007
M0500620	La Sarthe à Spay [aval]	5285 km ²	2007-2016
M0504510	Le Roule Crottes à Arnage [Gué Gilet]	76 km ²	1993-2016
M0514010	Le Rhonne à Guécélard [La Soufflardière]	77 km ²	1988-2016
M0524110	Le Fessard à Cérans-Foulletourte [Grand Mineloup]	47 km ²	1992-2008
M0525210	L'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans	59 km ²	1984-2016
M0535010	La Gée à Fercé-sur-Sarthe [Planche Augis]	112 km ²	1984-2016
M0544010	La Vézanne à Malicorne-sur-Sarthe	82 km ²	1992-2016
M0556010	La Claire Onde à Chantenay-Villedieu [Groteau]	7 km ²	1992-2004
M0556030	Le Deux Fonds à Avoise [Gué Avezel]	83 km ²	1992-2016
M0566210	L'Echarbeau à Rouez [Foulleraie]	13 km ²	1981-1985
M0566220	Le Berdin à Tennie	22 km ²	1982-2016



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

Code	Nom	Bassin Versant drainé (km ²)	Période disponible
M0583010	La Vègre à Chevillé [Moulin le Pivot]	360 km ²	1967-1981
M0583020	La Vègre à Asnières-sur-Vègre	401 km ²	1980-2016
M0613010	L'Erve à Voutré [La Crousille]	63 km ²	1998-2016
M0624010	Le Treulon à Auvers-le-Hamon [La Havardière]	143 km ²	1992-2006
M0633010	L'Erve à Auvers-le-Hamon [Moulin la Roche]	380 km ²	1972-2016
M0653110	La Vaige à Bouessay	233 km ²	1980-2016
M0674010	La Taude à Saint-Brice	48 km ²	1981-2016
M0680610	La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou [Beffes]	7380 km ²	1971-2016

Tableau 3-2 : Stations limnimétriques sur le territoire du SAGE Sarthe aval (Source : Banque Hydro)

Code	Nom	Bassin Versant drainé (km ²)	Période disponible
M0500630	La Sarthe à Spay [amont]	5420 km ²	2011-2016
M0520610	La Sarthe à la Suze-sur-Sarthe	5627 km ²	2011-2016
M0630610	La Sarthe à Sablé-sur-Sarthe	7362 km ²	2011-2016
M0633020	L'Erve à Auvers-le-Hamon [Moulin la Roche SPC]	383 km ²	2011-2016
M0720610	La Sarthe à Châteauneuf-sur-Sarthe	7820 km ²	2011-2016
M0730610	La Sarthe à Cheffes	7910 km ²	2011-2016

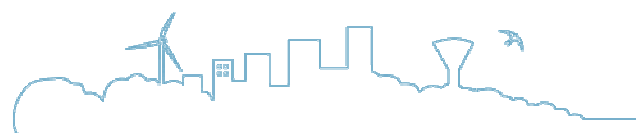
Le territoire du SAGE dispose d'un réseau de suivi inégalement réparti.

L'amont du bassin versant ainsi que les principaux affluents de la Sarthe sont couverts par plusieurs stations hydrométriques. Parmi les plus notables : le Roule Crottes, le Rhonne, l'Orne Champenoise, la Gée, le Deux Fonds, la Vègre, la Vaige et la Taude sont suivis.

A l'inverse l'axe Sarthe est très peu suivi. Deux stations débitmétriques sont recensées ce qui apparaît relativement faible pour caractériser précisément le fonctionnement hydrologique de l'axe principal.

Enfin, l'absence quasi-totale de suivi à l'aval de la station hydrométrique de Saint-Denis d'Anjou est à noter.

La localisation des stations hydrométriques sur le territoire du SAGE Sarthe aval est présentée sur la figure ci-après.



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

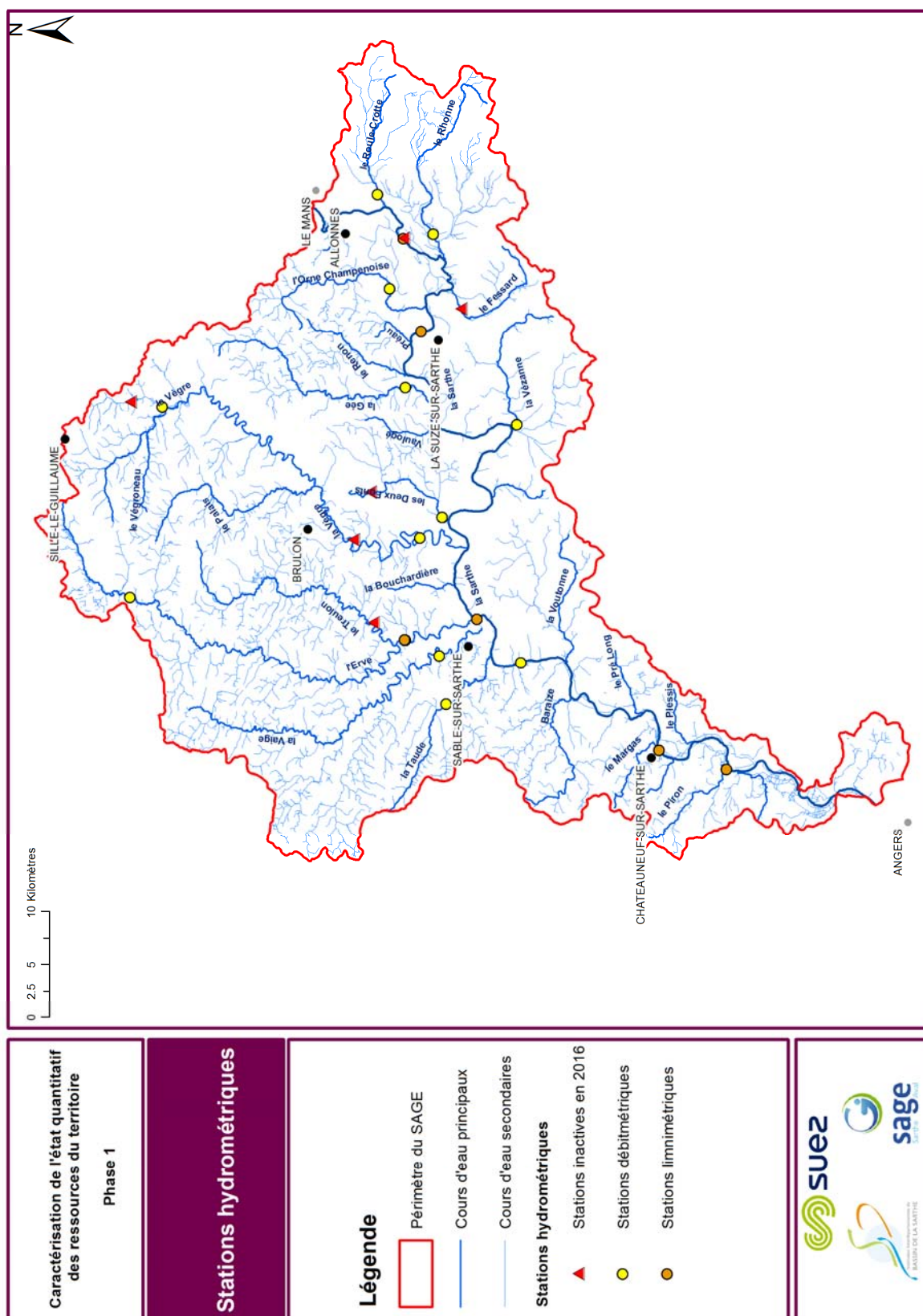


Figure 3-1 : Stations hydrométriques

3.1.2 Débits caractéristiques

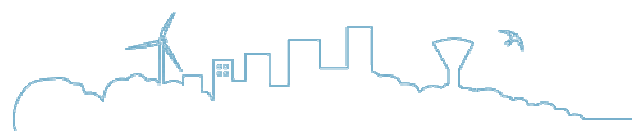
3.1.2.1 Cycle hydrologique

La caractérisation du cycle hydrologique permet de comprendre en partie le fonctionnement du bassin versant de la Sarthe aval sur l'ensemble de l'année (hautes et basses eaux).

Le tableau et les figures ci-dessous présentent les débits moyens mensuels spécifiques (l/s/km²) calculés sur l'ensemble de la période disponible au droit des 14 stations hydrométriques retenues sur le bassin versant.

Tableau 3-3 : Débits moyens mensuels spécifiques interannuels (l/s/km²) aux stations hydrométriques du territoire du SAGE Sarthe aval (Source : Banque Hydro)

Code	Nom	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Qmax/ Qmin
M0500620	La Sarthe à Spay [aval]	13.3	13.2	10.7	7.8	5.6	3.7	2.7	2.3	2.3	3.6	6.1	9.6	5.8
M0504510	Le Roule Crottes à Arnage [Gué Gilet]	9.5	8.8	7.8	5.5	4.3	2.4	1.8	1.1	1.2	2.7	4.2	7	8.6
M0514010	Le Rhonne à Guécélard [La Soufflardière]	5.5	5.4	4.5	3	2.1	1.1	0.8	0.4	0.5	1.1	2.2	3.6	13.8
M0525210	L'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans	11.4	10.3	8.8	6.5	4.7	3.1	2.3	1.8	1.9	3.3	4.8	8.3	6.3
M0535010	La Gée à Fercé-sur-Sarthe [Planche Augis]	11.6	11.3	9.8	7	4.7	3.5	2.6	2	1.9	3.2	4.5	8.7	6.1
M0544010	La Vézanne à Malicorne-sur-Sarthe	8.6	8.5	7.1	4.4	3.4	1.4	0.8	0.6	0.8	1.7	3.1	6.2	14.3
M0556030	Le Deux Fonds à Avoise [Gué Avezel]	9.6	9.8	8.8	6.5	5.4	3.9	2.7	2	2.4	3.2	3.9	6.4	4.9
M0566220	Le Berdin à Tennie	19.5	17.2	13.3	8.6	5.2	3.1	2.2	1.4	1.6	4.1	7.2	13.7	13.9
M0583020	La Vègre à Asnières-sur-Vègre	17.6	14.8	12.5	8.6	6.4	4.5	3.4	2.3	2.3	4.1	6.8	12.6	7.7
M0613010	L'Erve à Voutré [La Crousille]	18.9	17.3	14.4	9.3	7.1	5.3	4.7	4	3.8	6.5	9.4	16.1	5.0
M0633010	L'Erve à Auvers-le-Hamon [Moulin la Roche]	17.8	17.1	12.2	7.7	4.8	2.9	2.1	1.4	1.5	3.4	5.9	11.6	12.7
M0653110	La Vaige à Bouessay	17.8	14.6	10.7	6.4	3.7	1.6	1.1	0.7	0.8	2.6	5.4	12.6	25.4
M0674010	La Taude à Saint-Brice	15	12.8	9.6	5.9	3.4	1.8	1.2	1	0.9	2.3	5.4	9.3	16.7
M0680610	La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou [Beffes]	13.2	13.2	10.7	7.5	5.4	3.5	2.5	2	2.1	3.4	5.3	9.4	6.6



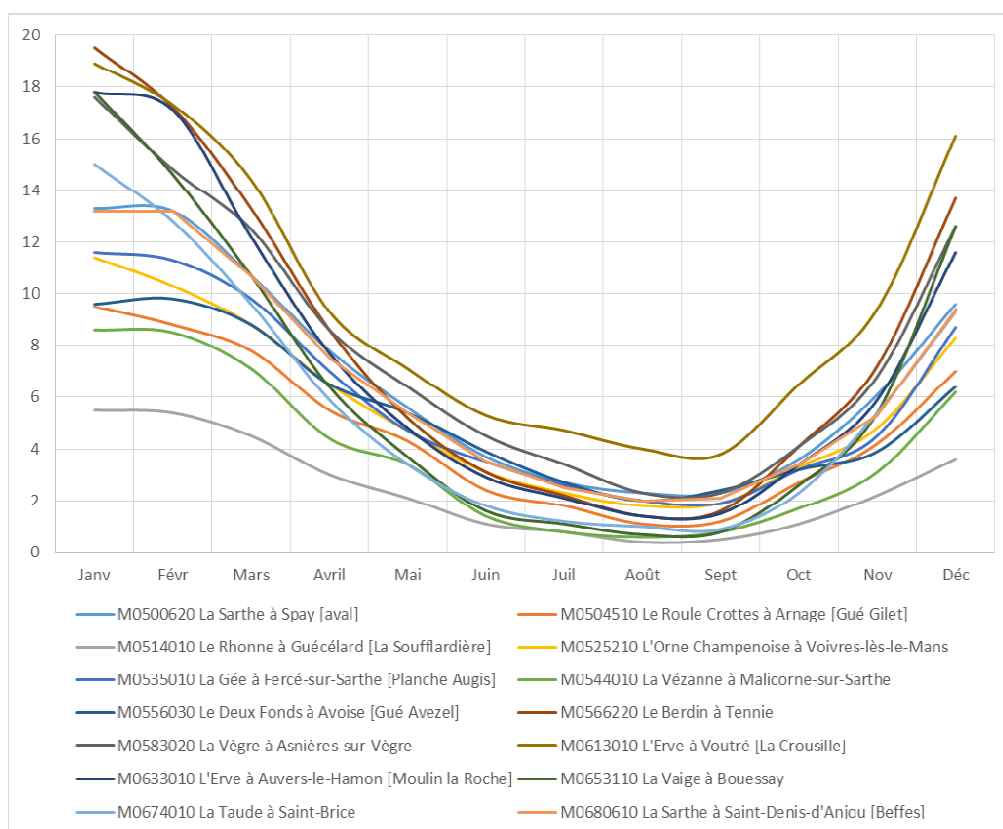


Figure 3-2 : Débits moyens mensuels interannuels spécifiques (l/s/km²)

Le cycle hydrologique du bassin versant de la Sarthe aval correspond à un régime pluvial simple caractérisé par une période de basses eaux, de juillet à septembre, et de hautes eaux de décembre à mars inclus.

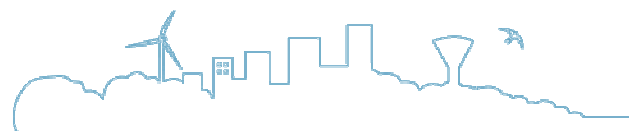
Le régime hydrologique du bassin versant présente des variabilités saisonnières relativement faibles. Les débits spécifiques calculés varient d'un facteur 5 à 25 selon les mois de l'année et les cours d'eau suivis. De manière générale, l'écart de débit le plus important s'observe entre les mois de janvier et ceux d'août.

Ce régime contrasté traduit un soutien des nappes modéré mais existant aux débits des cours d'eau.

Nb : A titre d'exemple, les variabilités saisonnières peuvent atteindre un facteur 40 à 50 sur certains secteurs reposant sur du socle (absence de lien nappe/rivière) et entre 1 et 15 sur des secteurs où le soutien de nappe est important.

Les valeurs de débits spécifiques sont faibles (inférieures ou égales à 1 l/s/km²) pour le Roule-Crotte, Rhonne, la Vaige, la Taude et la Vézanne ce qui laisse penser que les étiages y sont marqués.

Pour les autres cours d'eau suivis les débits indiqués ne laissent pas présager, à ce stade, d'étiage particulièrement sévère.



3.1.2.2 Débits caractéristiques d'étiage

Les débits caractéristiques d'étiage ont été calculés par traitement statistiques sur l'ensemble de la période disponible pour les 14 stations hydrométriques retenues. Les valeurs obtenues sont présentées dans le tableau suivant.

En préalable, il est rappelé que :

- **Le module** correspond au débit moyen inter-annuel du cours d'eau. Il permet de caractériser le régime moyen sur une période de référence ;
- **Le VCN3** est le débit moyen minimal annuel calculé sur trois jours consécutifs. Il permet de caractériser une situation d'étiage sévère sur une courte période ;
- **Le VCN10** est le débit moyen minimal annuel calculé sur dix jours consécutifs ;
- **Le QMNA** est le débit mensuel minimal d'une année hydrologique.

Précisons également que le mois du QMNA est calendaire alors que les jours des VCN sont glissants.

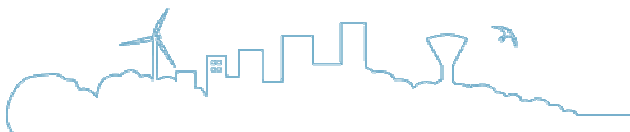


RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

Tableau 3-4 : Débits caractéristiques d'étiage

Code	M0500620	M0680610	M0504510	M0514010	M0525210	M0535010	M0544010	M0556030	M0566220	M0583020	M0613010	M0633010	M0653110	M0674010
Station	La Sarthe à Spay	La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou	Le Roule Crottes à Arnage	Le Rhonne à Guécélard	L'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans	La Gée à Fercé-sur-Sarthe	La Vézanne à Malicorne-sur-Sarthe	Le Deux Fonds à Avoise	Le Berdin à Tennie	La Vègre à Asnières-sur-Vègre	L'Erve à Voutré	L'Erve à Auvers-le-Hamon	La Vaige à Bouessay	La Taude à Saint-Brice
Bassin versant drainé (km²)	5285	7380	76	77	59	112	82	83	22	401	63	380	233	48
Période considérée	2007-2016	1971-2016	1993-2016	1988-2016	1984-2016	1984-2016	1992-2016	1992-2016	1982-2016	1980-2016	1998-2016	1972-2016	1980-2016	1981-2016
Nombre d'années utilisées pour le calcul	9	45	23	28	32	32	24	24	34	36	18	44	36	35
Débits d'étiage (en m3/s)														
Module	35.5	47.7	0.356	0.192	0.329	0.66	0.318	0.445	0.177	3.2	0.612	2.78	1.51	0.273
1/10 module	3.55	4.77	0.0356	0.0192	0.0329	0.066	0.0318	0.0445	0.0177	0.32	0.0612	0.278	0.151	0.0273
1/20 module	1.775	2.385	0.018	0.010	0.016	0.033	0.016	0.022	0.009	0.160	0.031	0.139	0.076	0.014
QMNA2	10	12	0.052	0.007	0.075	0.17	0.028	0.13	0.018	0.74	0.21	0.34	0.033	0.028
QMNA5	7.48	8.5	0.03	0.002	0.048	0.11	0.014	0.075	0.01	0.49	0.15	0.19	0.008	0.016
VCN3 2	6.56	8.3	0.023	0.002	0.051	0.13	0.012	0.095	0.012	0.54	0.17	0.21	0.014	0.021
VCN3 5	4.7	5.7	0.012	0.001	0.031	0.084	0.004	0.052	0.007	0.34	0.13	0.085	0.004	0.011
VCN10 2	7.22	9.1	0.029	0.003	0.058	0.14	0.016	0.1	0.013	0.59	0.18	0.25	0.018	0.022
VCN10 5	5.32	6.4	0.015	0.001	0.036	0.091	0.006	0.056	0.007	0.39	0.13	0.11	0.005	0.012
Q spécifique moyen (l/s/km²)	6.72	6.46	4.68	2.49	5.58	5.89	3.88	5.36	8.05	7.98	9.71	7.32	6.48	5.69
Q spécifique QMNA5 (l/s/km²)	1.42	1.15	0.39	0.03	0.81	0.98	0.17	0.90	0.45	1.22	2.38	0.50	0.03	0.33



Pour le régime moyen, les données de débits sont cohérentes d'amont en aval du bassin versant. Le module croît en fonction de la surface de bassin versant drainée. Il est nécessaire cependant de relativiser la relation linéaire qui semble ressortir du graphique. Les débits mesurés à l'aval du bassin versant pouvant être fortement influencés par les actions anthropiques sur l'amont du territoire.

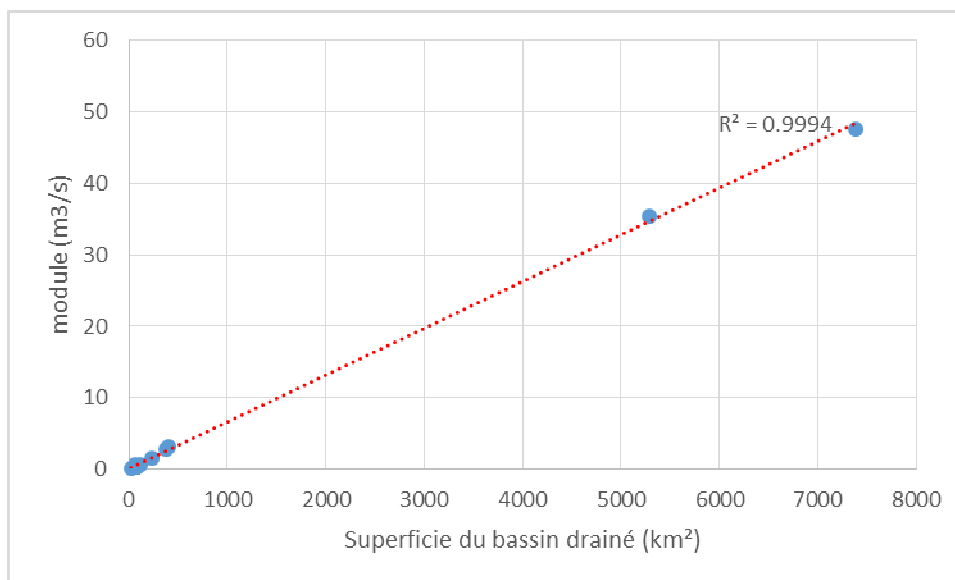


Figure 3-3 : Évolution du module en fonction de la surface du bassin versant des stations hydrométriques

Pour les débits d'étiage, le constat est identique. Les valeurs caractéristiques d'étiage (QMNA, VCN3 et VCN10) augmentent entre les stations hydrométriques en même temps que le bassin versant drainé augmente.

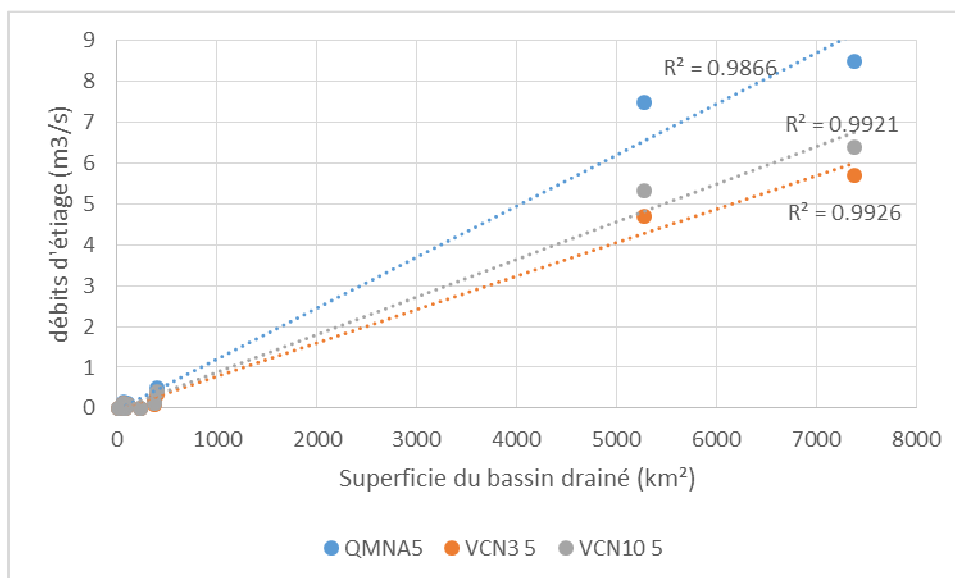
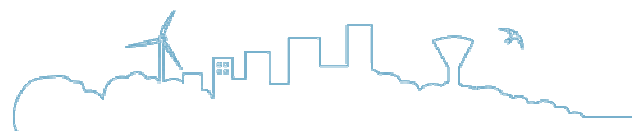


Figure 3-4 : Évolution des débits caractéristiques d'étiage en fonction de la surface du bassin versant des stations hydrométriques



Enfin, le Rhonne et la Vaige se distinguent une nouvelle fois par des débits caractéristiques d'étiage très faibles, de l'ordre de quelques litres seulement.

3.1.2.3 Évolution des débits caractéristiques d'étiage

Afin d'étudier l'évolution des débits caractéristiques d'étiage, une analyse simplifiée de la stationnarité des débits d'étiage a été menée pour chaque station hydrométrique disposant d'une chronique de débits suffisamment longue (dix ans au minimum).

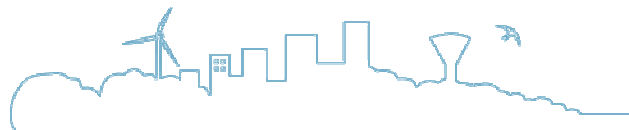
L'objectif de cette analyse était de s'assurer de la représentativité des débits caractéristiques d'étiage obtenus par ajustement statistique par rapport aux écoulements actuels et au régime hydrologique du cours d'eau.

L'analyse a porté sur les QMNA. Les résultats sont présentés dans un graphique synthétisant :

- Les QMNA sur l'ensemble de la période disponible.
- Le QMNA5 de référence calculé par la Banque Hydro.
- Les QMNA5 calculés sur une période de 10 ans glissée de 5 ans.

Toutefois, les résultats doivent être analysés avec précaution car il s'agit ici d'une simple observation de l'évolution d'une variable statistique (le QMNA) sur la période disponible. Si elle ne permet pas de se positionner formellement sur la stationnarité des débits (et de la vitesse d'évolution en cas de non stationnarité), elle permet de visualiser graphiquement les principales évolutions des débits d'étiage au droit des différents points de référence.

Les résultats obtenus pour chaque station sont présentés dans les graphiques ci-dessous :



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

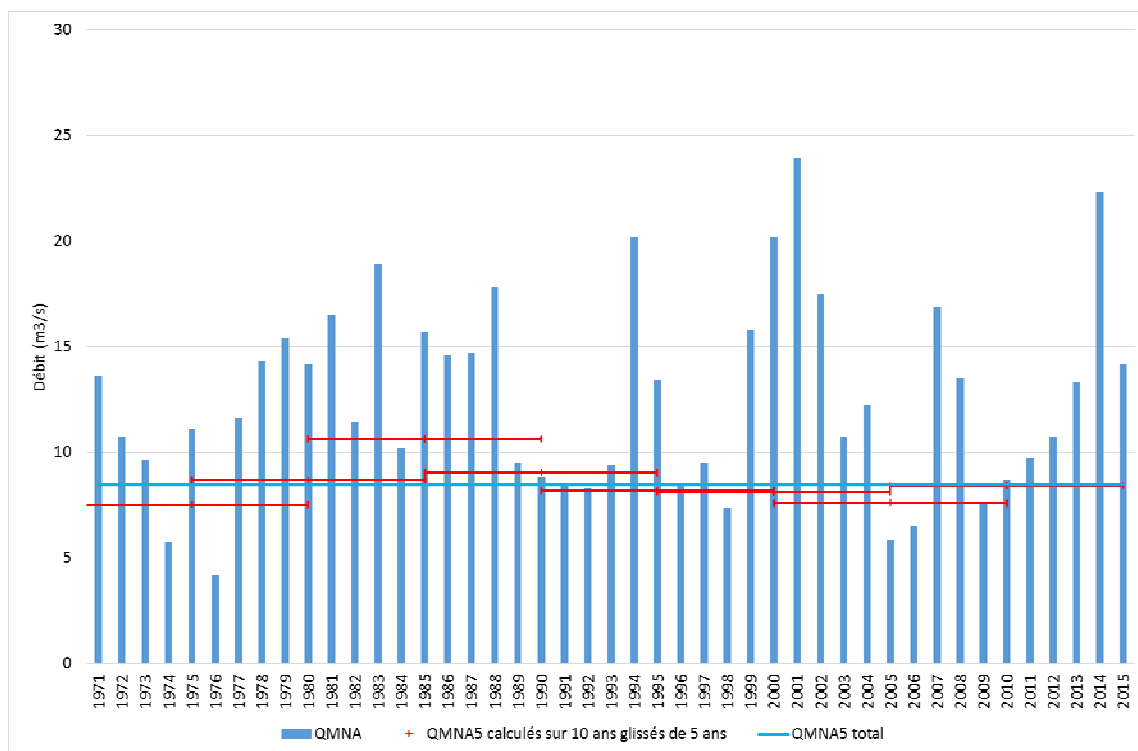


Figure 3-5 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométriques sur la Sarthe à Saint-Denis d'Anjou

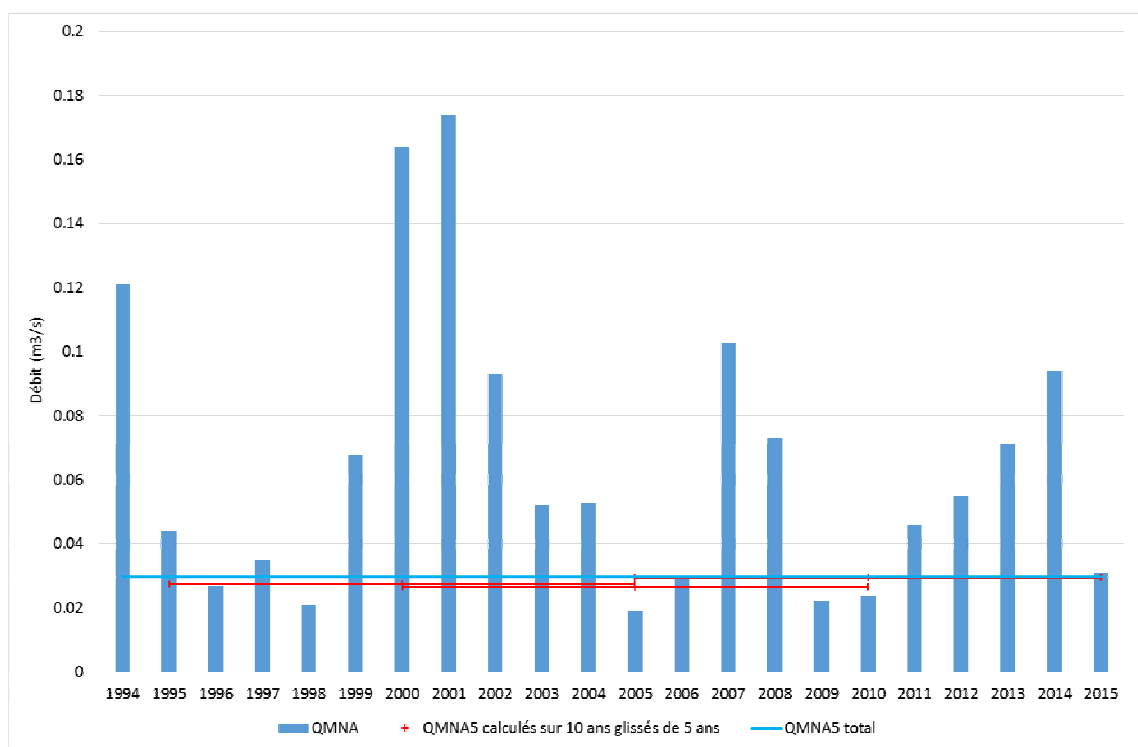
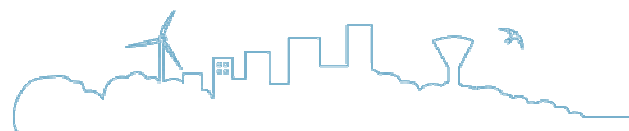


Figure 3-6 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique du Roule Cottes à Arnage



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

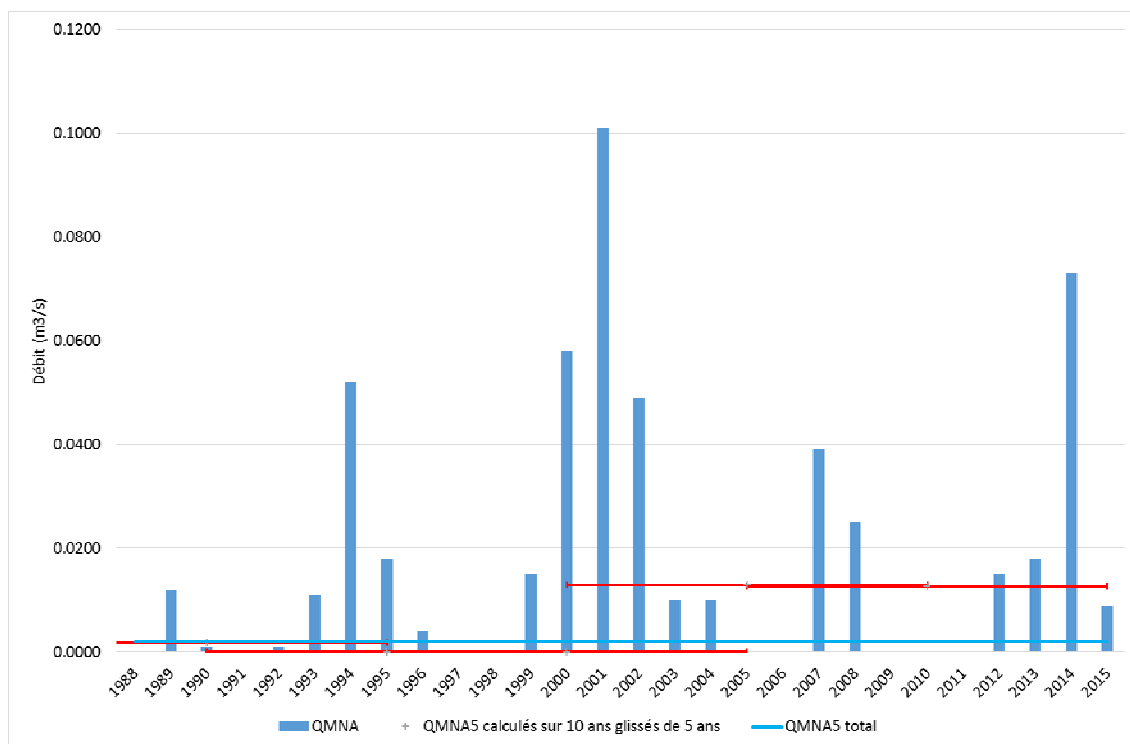


Figure 3-7 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométriques sur le Rhonne à Guécélard

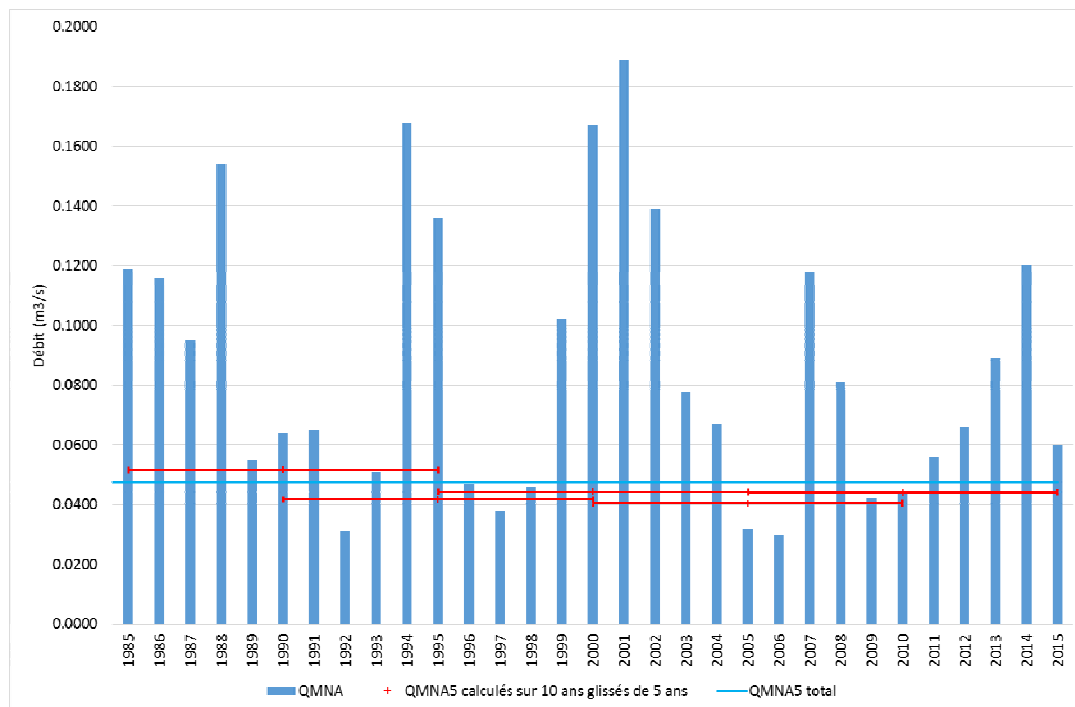
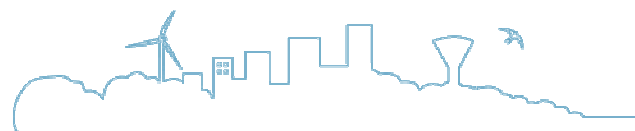


Figure 3-8 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométriques sur l'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans



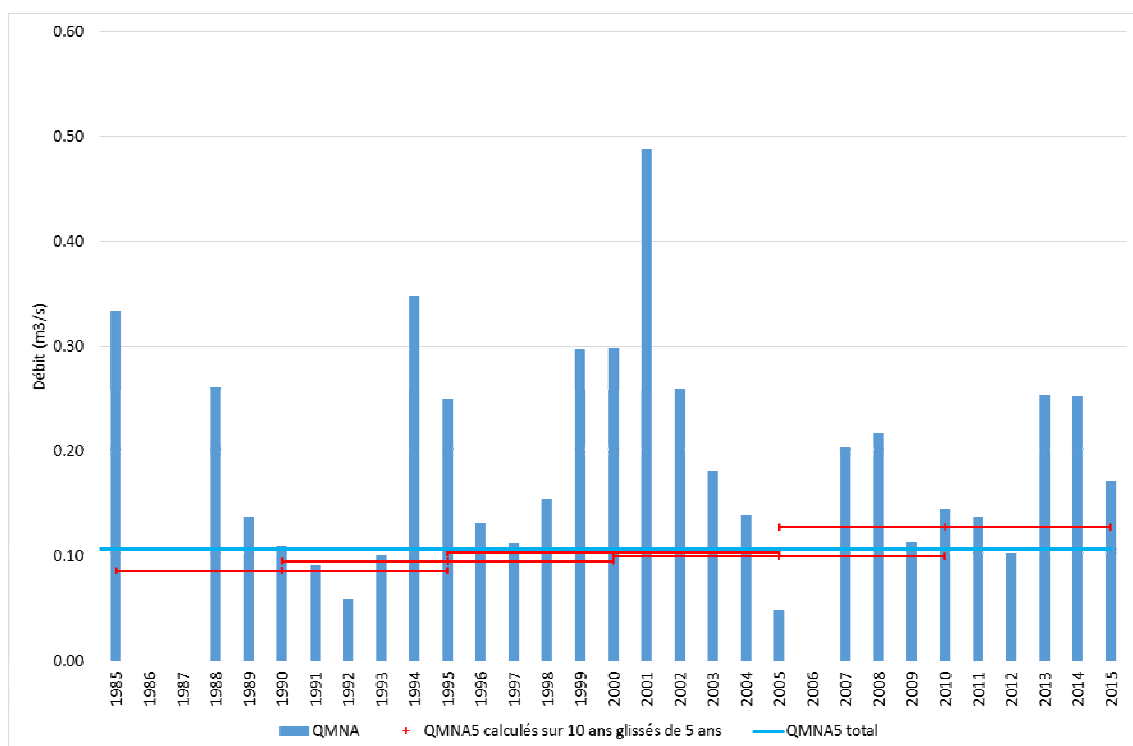


Figure 3-9 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique sur la Gée à Fercé-sur-Sarthe

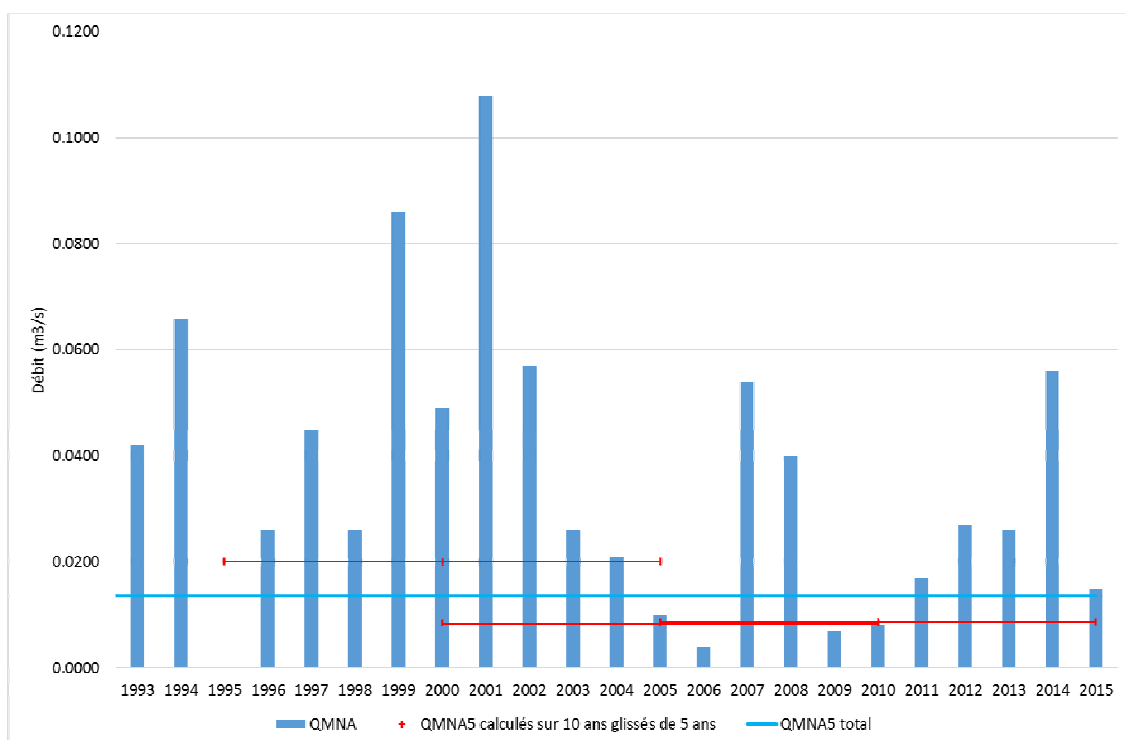
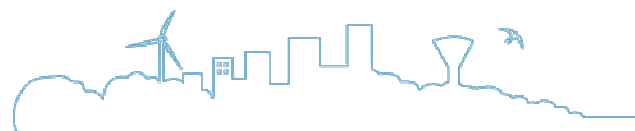


Figure 3-10 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique sur la Vézanne à Malicorne-sur-Sarthe



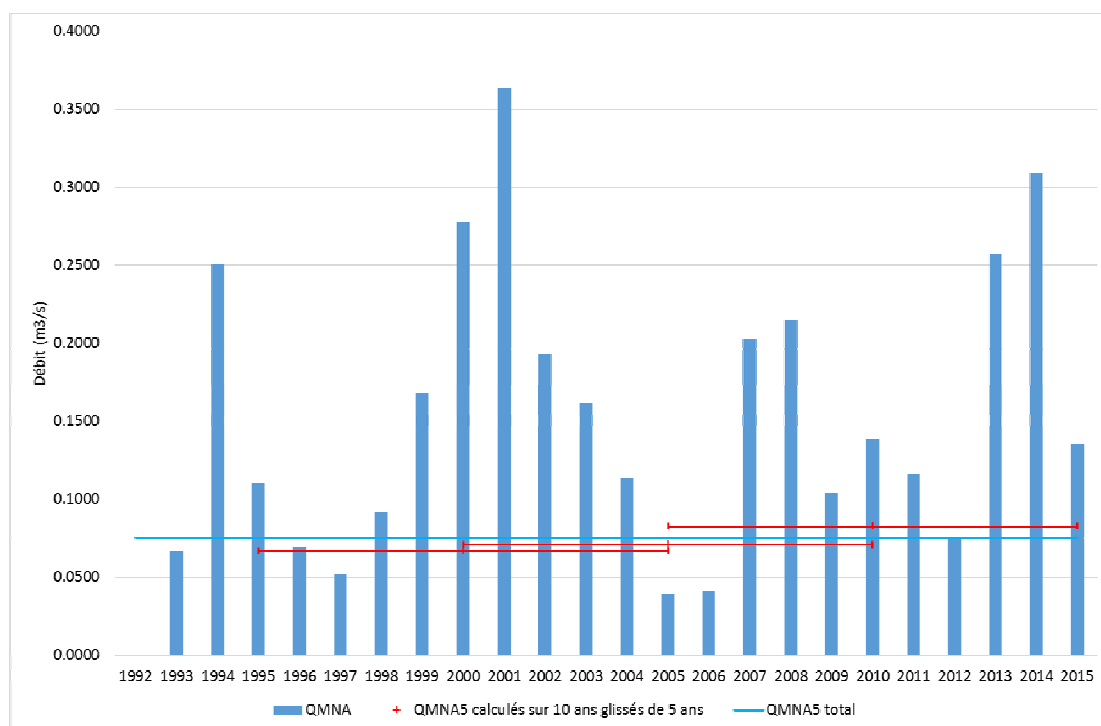


Figure 3-11 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique sur les Deux Fonds à Avoise

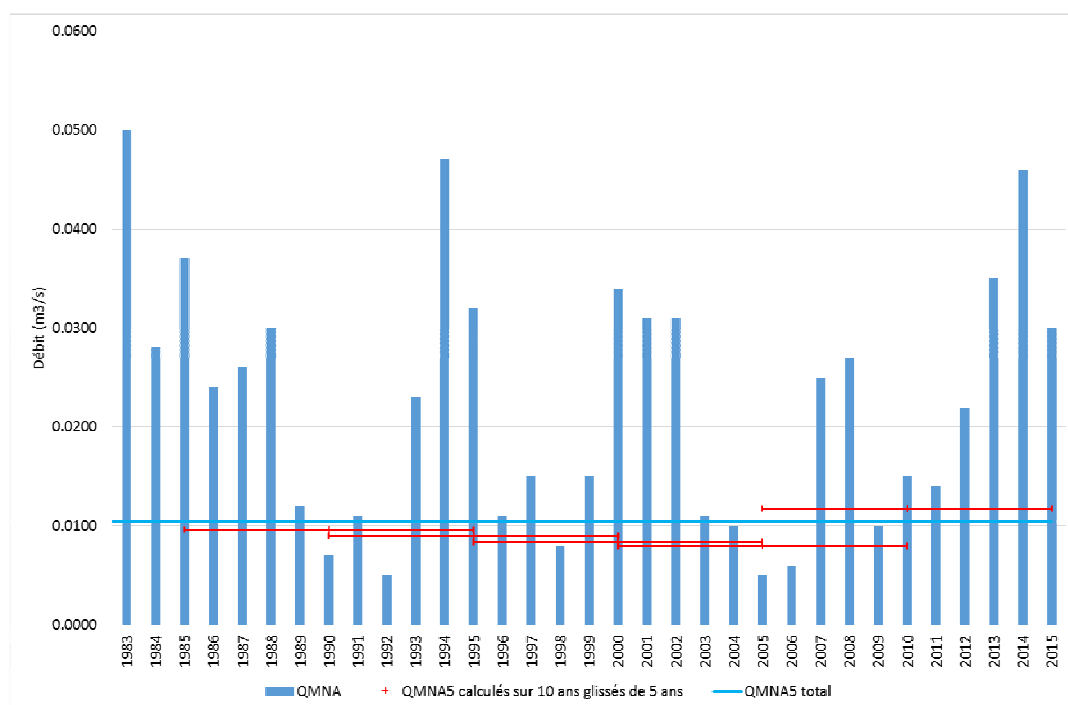
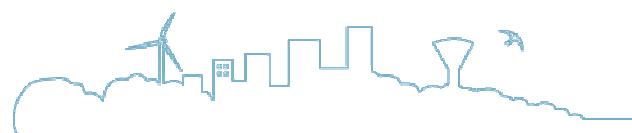


Figure 3-12 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique sur le Berdin, affluent rive gauche de la Vègre, à Tennie



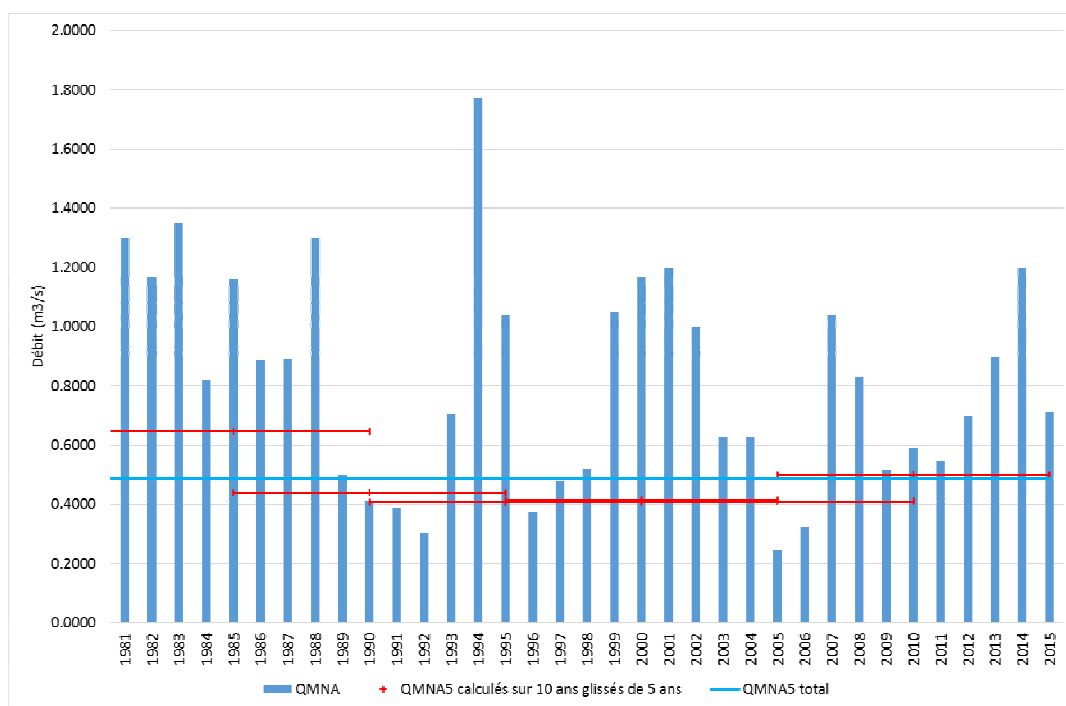


Figure 3-13 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique sur la Vègre à Asnières

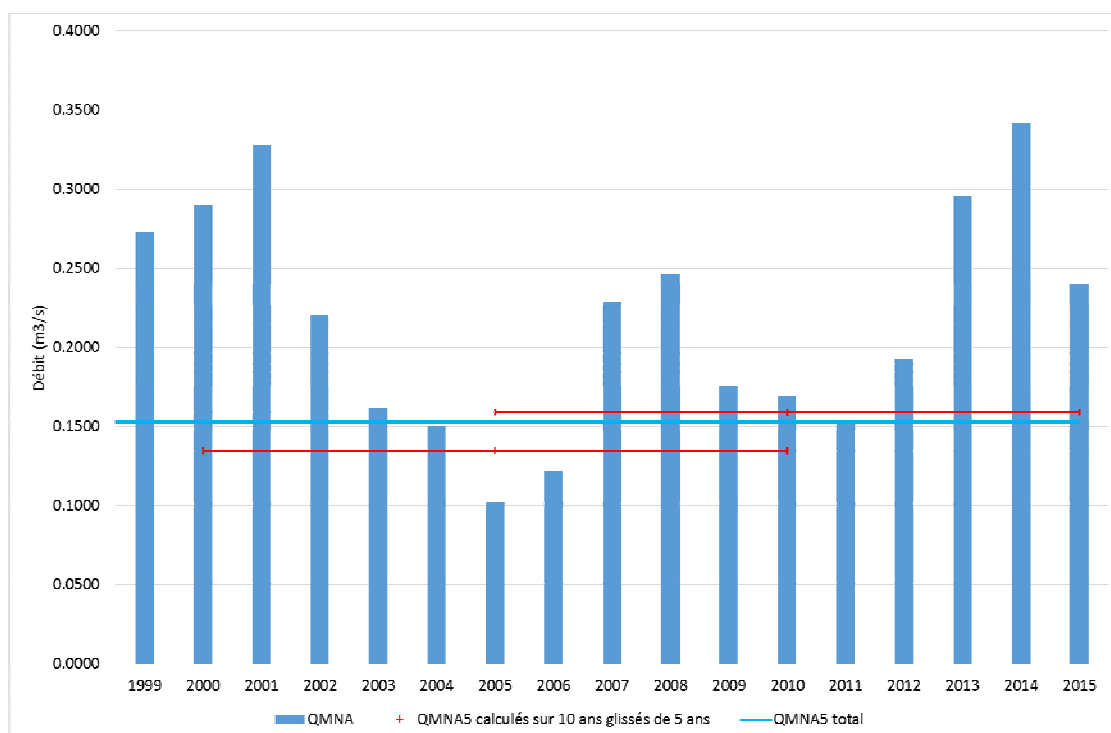
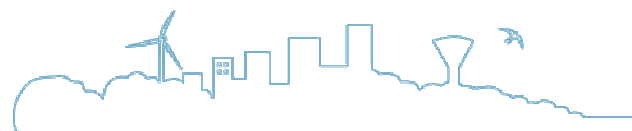


Figure 3-14 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique sur l'Erve à Voutré



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

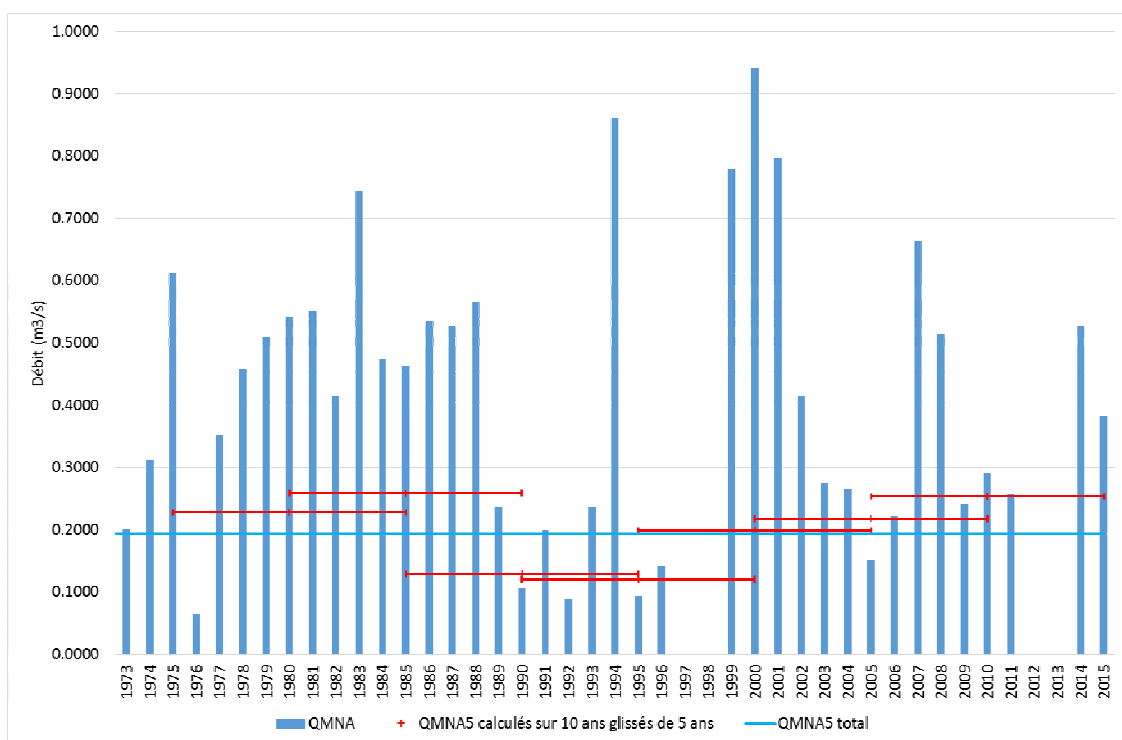


Figure 3-15 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique sur l'Erve à Auvers-le-Hamon

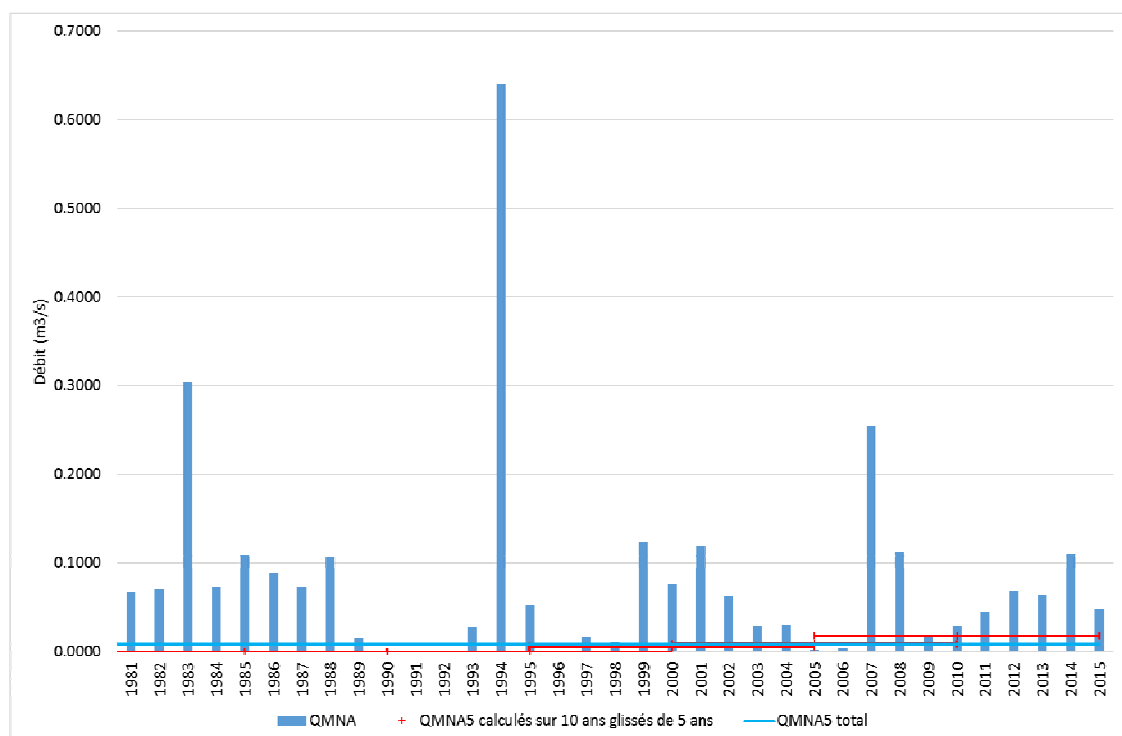
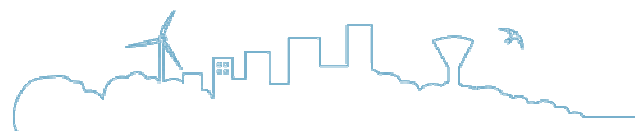


Figure 3-16 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométrique sur la Vaige à Bouessay



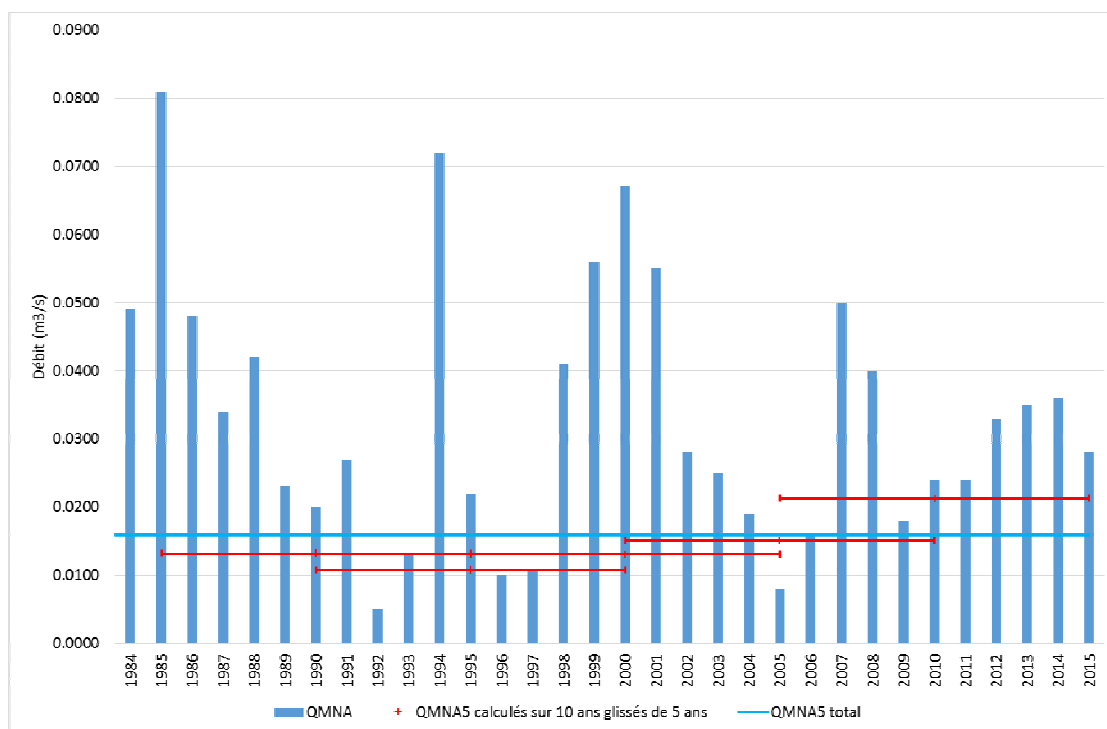
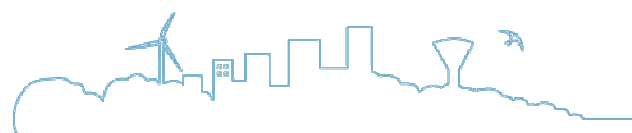


Figure 3-17 : Stationnarité des débits caractéristiques d'étiage à la station hydrométriques sur la Taude à Saint-Brice

A partir des graphiques précédents, plusieurs cas peuvent être distingués :

- **Pas d'évolution notable des débits caractéristiques d'étiage.** Ce constat est valable pour la Sarthe, l'Orne Champenoise (depuis les années 1990), le Berdin, la Vègre, la Vaige, l'Erve (à Auvers-le-Hamon). Les valeurs du QMNA5 calculés sur 10 ans oscillent autour de la valeur de référence sur l'ensemble de la période disponible. A priori, les usages de l'eau sont restés stables sur ces secteurs et il n'y a pas eu de modification majeure de l'hydrologie du bassin versant.
- **Une tendance à la baisse des débits caractéristiques d'étiage.** Ce constat peut être fait avec précaution sur la Vézanne en raison du nombre plus restreint d'années disponibles. Les origines de cette baisse peuvent être multiples : dégradation des conditions naturelles et climatiques, augmentation des pressions de prélèvements....
- **Une tendance à la hausse des débits caractéristiques d'étiage.** Ce cas concerne la Gée et les Deux-Fonds où les valeurs de QMNA5 calculés sur 10 ans augmentent légèrement sur toute la chronique. Une hausse des débits caractéristiques d'étiage est également constatée depuis les années 1990 sur la Taude. Les origines de cette augmentation peuvent être multiples : efficacité des actions portant sur la gestion quantitative de la ressource, amélioration des conditions naturelles et climatiques....
- Enfin les données sont insuffisantes ou présentes de fortes variabilités annuelles sur le Roule-Crotte, le Rhonne et l'Erve à Voutré pour proposer un ajustement fiable des débits caractéristiques d'étiage et pour dégager une tendance d'évolution.



L'inventaire des usages de l'eau et l'analyse des volumes prélevés menés dans les prochaines phases de l'étude, permettra de cerner plus finement les origines de ces évolutions.

3.2 Réseau d'observation des écoulements

3.2.1 Principes des réseaux de suivi des écoulements

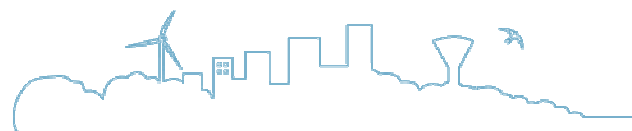
L'ONEMA a développé depuis 2012, un réseau d'observation visuelle de l'écoulement des cours d'eau, appelé un Observatoire National Des Étiages (ONDE). Ce réseau prend le relai du Réseau Départemental d'Observation des Écoulements (RDOE) et du Réseau d'Observation de Crise des Assecs (ROCA), déployés respectivement depuis 1990 et 2004.

Dans chaque département, les agents de l'ONEMA réalisent ainsi, entre mai et septembre, 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'ONEMA, 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 selon :

- **Écoulement visible acceptable** - correspond à une station présentant un écoulement continu, écoulement permanent et visible à l'œil nu.
- **Écoulement visible faible** - correspond à une station sur laquelle il y a de l'eau et un courant visible mais le débit faible ne garantit pas un fonctionnement biologique.
- **Écoulement non visible** - correspond à une station sur laquelle le lit mineur présente toujours de l'eau mais le débit est nul. Cette modalité correspond aux situations où soit, l'eau est présente sur toute la station mais il n'y a pas de courant (grandes zones lenticques), soit il ne reste que quelques flaques sur plus de la moitié du linéaire.
- **Assec** - correspond à une station à sec, où l'eau est totalement évaporée ou infiltrée sur plus de 50% de la station.
- **Observation impossible** – en raison de conditions exceptionnelles (accessibilité de la station, modification des conditions environnementales propres à la station, etc.), l'observateur ne peut réaliser l'observation propre à l'écoulement du cours d'eau lors de son déplacement sur la station.



3.2.2 Stations de suivis des écoulements sur la zone d'étude

Depuis 2012, le territoire du SAGE est couvert par 15 stations ONDE. Les caractéristiques des stations sont présentées dans le tableau suivant.

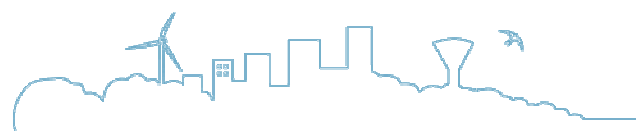
Tableau 3-5 : Caractéristiques des stations de suivi des écoulements ONDE sur le territoire du SAGE Sarthe aval

Dépt.	Code	Station	Commune
72	M0514011	Le Rhonne	TELOCHE
72	M0535011	La Gée	COULANS-SUR-GEE
72	M0544011	La Vezanne	MALICORNE-SUR-SARTHE
72	M0556031	Les deux Fonds	TASSE
72	M0566221	La Vègre	EPINEU-LE-CHEVREUIL
72	M0566222	La Vègre	ROUESSE-VASSE
53	M0613011	Le Gast (route de Chammes) - Affluent en rive droite de l'Erve	ST-JEAN-SUR-ERVE
53	M0613012	L'Erve à Vimarcé	VIMARCE
53	M0624011	Le Treulon à Blandouet	BLANDOUET
72	M0633011	Le Bussard - Affluent en rive gauche de l'Erve	AUVERS-LE-HAMON
53	M0640001	La Vaige à Vaiges	VAIGES
53	M0674011	La Taude à Grez-en-Bouère	GREZ-EN-BOUERE
72	M0690001	La Fontaine sans Fond - Affluent de la Voutonne	PRECIGNE
49	M0710001	Ruisseau d'écorse	MORANNES
49	M0730611	Ruisseau du Piron	CHEFFES

Avant 2012, le territoire du SAGE était couvert par 24 stations RDOE et ROCA. Les observations des écoulements ont été réalisées entre 1990 et 2011.

Les cartes suivantes présentent la localisation des stations ONDE, RDOE et ROCA.

Précisons que les stations de la Vègre à Ballée, la Vègre à Chammes, la Vaige à Bouessay et la Taude à Saint-Brice ne figurent pas sur la carte des réseaux RDOE/ROCA. Les coordonnées géographiques n'étaient pas précisées. Toutefois, elles ont bien été valorisées dans l'analyse.



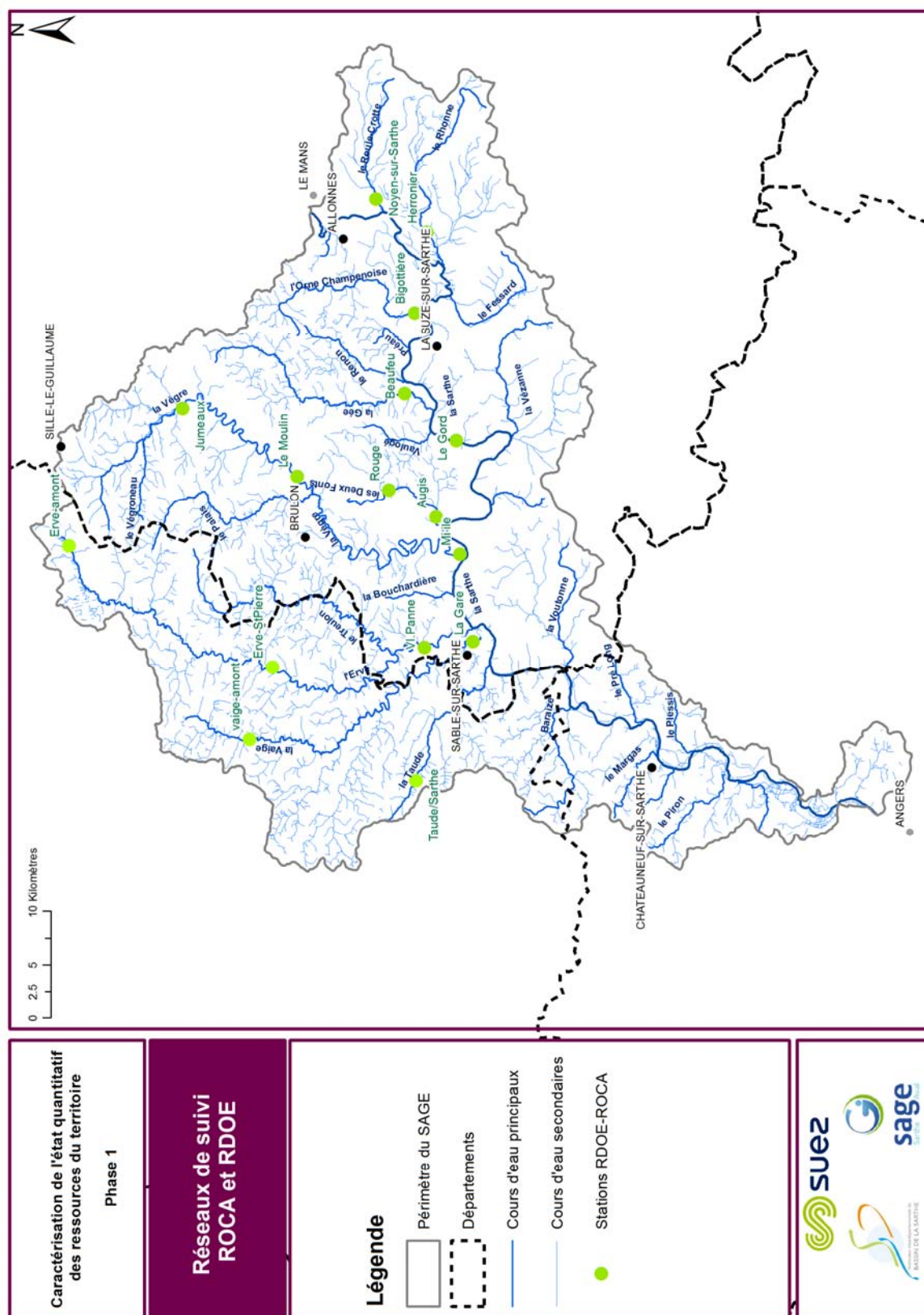
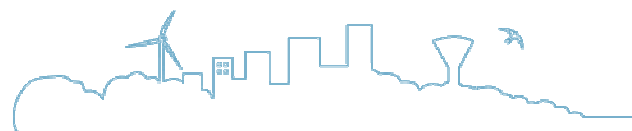


Figure 3-19 : Stations de suivi des écoulements ONDE du bassin versant de la Sarthe aval prises en compte dans l'analyse



3.2.3 Analyse des écoulements

Les résultats des observations réalisées par l'ONEMA de 2012 à 2015 pour chaque station de suivi du réseau ONDE sur le territoire du Sarthe aval sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 3-6 : Synthèse des perturbations des écoulements constatées sur les différentes stations du réseau ONDE

Dépt.	Code ONDE	Station	Nombre d'obs.	Observations			
				Absence de données	Assec	Ecoulement non visible	Ecoulement visible
72	M0514011	Le Rhonne	24	0	0	0	24
72	M0535011	La Gée	24	0	0	0	24
72	M0544011	La Vezanne	24	0	0	0	24
72	M0556031	Les deux Fonds	24	0	0	0	24
72	M0566221	La Vègre	24	0	0	0	24
72	M0566222	La Vègre à Rouesse-Vasse	24	0	7	0	17
72	M0633011	Le Bussard	24	0	0	0	24
72	M0690001	La Fontaine sans Fond	24	0	0	0	24
53	M0613011	Le Gast (route de Chammes)	21	0	3	5	13
53	M0613012	L'Erve à Vimarcé	21	0	0	0	21
53	M0624011	Le Treulon à Blandouet	21	0	1	5	15
53	M0640001	La Vaige à Vaiges	21	0	0	0	21
53	M0674011	La Taude à Grez-en-Bouère	21	0	0	1	20
49	M0710001	Ruisseau d'écorse	22	2	10	0	10
49	M0730611	Ruisseau du Piron	25	0	1	1	23

De manière générale, la majorité des cours d'eau présentent peu de perturbations des écoulements et ne subissent que rarement des assecs. Les cours d'eau présentent généralement un écoulement visible lors des inspections des agents de l'ONEMA.

Toutefois, la Vègre amont (Rouessé-Vassé) et le Ruisseau d'écorse se distinguent par une sensibilité importante en période d'étiage avec des assecs observés régulièrement (respectivement dans 29% et 50% des observations). Le Gast (affluent de l'Erve) et le Treulon sont également sensibles à l'étiage avec des perturbations observées respectivement dans 38% et 29% des cas.

Concernant les résultats des réseaux RDOE/ROCA, les observations réalisées par l'ONEMA de 1990 à 2011 sont présentées dans le tableau suivant :

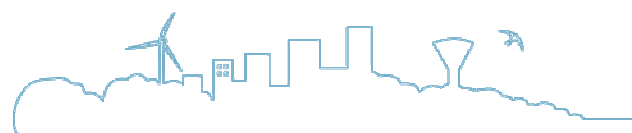


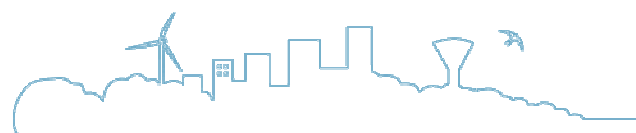
Tableau 3-7 : Synthèse des perturbations des écoulements constatées sur les différentes stations du réseau RDOE/ROCA

Dépt.	Code RDOE (ou réf. point)	Station	Observations				
			Nombre d'obs.	Assec	Ecoulement non visible	Ecoulement visible	Pourcentage d'assecs
53	4530020	Erve Vimarcé	63	0	0	63	0%
53	4530026	Erve St Pierre/Erve	48	0	0	48	0%
53	4530068	Erve Ballée	8	0	0	8	0%
53	4530070	Erve Chammes	8	0	0	8	0%
53	4530024	Vaige à Vaiges	62	0	2	60	0%
53	4530170	Vaige à Bouessay	7	0	0	7	0%
53	4530027	Taude à Grez-en-Bouere	62	30	9	23	48%
53	4530155	Taude à St-Brice	8	0	0	8	0%
53	3530160	Treulon à Blandouet	7	1	0	6	14%
53	4530159	Treulon à Epineu-le-Seguain	8	0	0	8	0%
53	4530098	Gast à St-Jean-sur-Erve	7	1	3	3	14%
72	4720044	La Sarthe à Noyen-sur-Sarthe – Le Gord	23	2	1	20	9%
72	4720062	La Sarthe à Noyen-sur-Sarthe	5	0	0	5	0%
72	4720045	La Vaige à Sablé - La Gare	23	4	4	15	17%
72	4720046	L'Erve à Auvers	23	0	0	23	0%
72	4720047	La Vègre à Tennie - Jumeaux	23	0	0	23	0%
72	4720048	La Vègre à Loué – Le Moulin	23	0	0	23	0%
72	4720049	La Vègre à Avoise	23	0	0	23	0%
72	4720050	Les Deux Fonds à Chatenay	23	0	1	22	0%
72	4720051	Les Deux Fonds à Avoise	23	0	1	22	0%
72	4720052	La Gée à Fercé	23	0	0	23	0%
72	4720053	L'Orne Champenoise à Roeze	23	2	2	19	9%
72	4720060	Le Rhonne à Guécélard - Bigottiere	23	6	1	16	26%
72	4720061	Le Roule-Crotte à Arnage - Herronier	23	3	1	19	13%

Les cours d'eau du territoire de la Sarthe aval apparaissent globalement peu affectés en période d'étiage. Les écoulements étaient majoritairement visibles lors des inspections de terrain des agents de l'ONEMA de 1990 à 2011.

Se distinguent toutefois,

- la Taude à Grez-en-Bouère pour laquelle des assecs ont été constatés dans près de la moitié des observations. Le cours d'eau est donc particulièrement sensible à l'étiage.



- Des perturbations des écoulements ainsi que des assecs ont également été fréquemment observés pour la Vaige, le Rhonne, le Roule-crotte, le Gast (affluent de l'Erve).

3.3 Analyse des situations de crise

3.3.1 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 unités de gestion (ou 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.

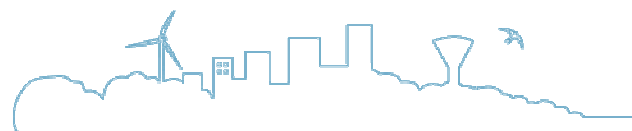
L'analyse de l'historique de ces arrêtés permet de caractériser les phénomènes d'étiage sur le bassin versant et de suivre les mesures de restriction ou d'interdiction des prélèvements afin de limiter leur impact sur la masse d'eau.

Les arrêtés-cadres ainsi que les arrêtés sécheresses ont été collectés et étudiés pour la période 2005-2015, 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 des 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.
- 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.

3.3.2 Zone d'application et valeurs seuils

La gestion de la crise sur le territoire du SAGE Sarthe aval est régie par les derniers arrêtés cadre départementaux suivants :



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

- Maine-et-Loire : dernier arrêté cadre en date du 19 mai 2014 ;
- Mayenne : dernier arrêté cadre en date du 8 janvier 2015 ;
- Sarthe : dernier arrêté cadre en date du 26 décembre 2011 ;

Dans les arrêtés cadres départementaux, des unités de gestion (ou zones d'alerte) sont définies. Sur chaque unité des seuils de gestion sont mis en place au niveau d'une ou plusieurs stations hydrométriques de référence. Les stations de référence sur le territoire du SAGE Sarthe aval sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 3-8 : Bilan de la gestion des crises d'étiage sur le bassin versant du Sarthe aval

Département	Unité de gestion (ou zone d'alerte)	Station de suivi	Débits seuils (l/s)			
Maine-et-Loir	SARTHE	Sarthe à Beffes	Alerte	Alerte renforcée	Coupure	Crise
			9000	7000	5500	5000
Mayenne	SARTHE AVAL	Vaige à Bouessay	Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Crise
			95	45	15	6
Sarthe			Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Crise
	LES DEUX-FONDS	Les Deux-Fonds à Avoise	120	80	50	40
	GEE	La Gée à Fercé-sur-Sarthe	200	100	70	40
	AFFLUENTS DE LA SARTHE MEDIANE	L'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans	65	50	40	25
	SARTHE AVAL	La Sarthe à Beffes	9000	7000	5500	5000
	VEGRE	La Vègre à Asnières-sur-Vègre	960	640	480	320

3.3.3 Historique des arrêtés sécheresse

Les historiques des arrêtés sécheresse sur le périmètre du SAGE Sarthe aval sont présentés dans les tableaux suivants. L'historique des arrêtés sécheresse donne ainsi un aperçu de la gestion de crise sur le territoire et conflits d'usages existants.

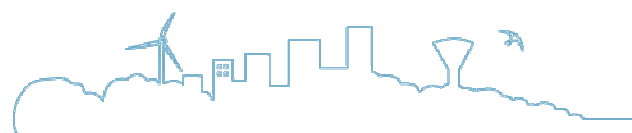
3.3.3.1 Suivi dans le département du Maine-et-Loire

Dans le Maine-et-Loire, la station hydrométrique de la Sarthe à Beffes sert de référence pour le bassin du Sarthe aval. Les situations de crise mesurées à cette station sont précisées ci-après sur la période 2004-2015.

Entre 2004 et 2014 l'arrêté sécheresse définissait seulement trois seuils de gestion : **Vigilance**, **Restriction** et **Interdiction**, contre 4 à présent dans le dernier arrêté en date.

Tableau 3-9 : Historique des arrêtés sécheresse du Maine-et-Loire depuis 2004

2004	10 août	15 sept				
La Sarthe						
2005	18 juil.	22 août	7 nov			
La Sarthe						



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

2006	19 juil.	25 juillet	22 août	3 oct		
La Sarthe						
2007	Pas d'arrêté sécheresse					
2008	Pas d'arrêté sécheresse					
2009	25 août	30 sept				
La Sarthe						
2010	21 juil.	1 ^{er} sept				
La Sarthe						
2011	5 juil.	19 juillet				
La Sarthe						
2012	28 août	25 sept				
La Sarthe						
2013	Pas d'arrêté sécheresse					
2014	Pas d'arrêté sécheresse					
2015	Pas d'arrêté sur les débits mais alerte sur le réseau eau potable sur l'ensemble du département entre le 28 juillet et le 18 août					

La Sarthe est peu impactée en période d'étiage. Les débits franchissent rarement les seuils définis dans les arrêtés cadre et peu de mesures de restriction des usages sont prises.

Le seuil de restriction n'a été franchi que deux fois depuis 2004 et le seuil de crise n'a jamais été atteint.

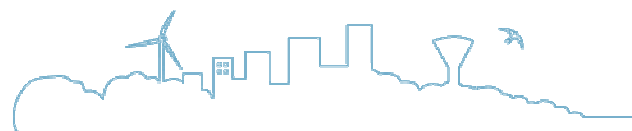
Enfin, aucun arrêté sécheresse n'a été pris sur le département depuis 2012.

3.3.3.2 Suivi dans le département de Mayenne

Dans Mayenne, les débits sont suivis à la station de Bouessay sur la Vaige. L'historique des situations de crise est présenté ci-dessous entre 2004 et 2015.

Tableau 3-10 : Historique des arrêtés sécheresse de la Mayenne depuis 2004

2004	2 août	6 août	31 août			
La Vaige						
2005	15 juin	22 juin	10 nov.			
La Vaige						
2006	21 juin	18 juil.	5 oct			
La Vaige						
2007	Pas d'arrêté sécheresse					
2008	Pas d'arrêté sécheresse					
2009	6 août	25 août	31 oct			
La Vaige						
2010	9 juil.	30 juil.	10 oct			
La Vaige						
2011	25 mai	1 ^{er} juil.	31 oct.			
La Vaige						
2012	21 août	9 oct.				
La Vaige						
2013	21 août	17 oct.				
La Vaige						
2014	Pas d'arrêté sécheresse					
2015	22 juillet	25 août				
La Vaige						



La Vaige semble particulièrement impactée en période d'étiage. Le département de la Mayenne, fait paraître des arrêtés sécheresse quatre années sur cinq et impose des mesures de restrictions voir d'interdiction des usages de l'eau. La période de restriction des usages apparaît relativement longue et peut s'étendre certaines années sur plusieurs mois consécutifs. Les périodes les plus critiques couvrent en général les périodes de juin à octobre.

3.3.3.3 Suivi dans le département de la Sarthe

Le département de la Sarthe dispose d'un réseau de suivi sur les affluents de la Sarthe aval. Les stations de référence se situent à Avoise sur les Deux-Fonds, Fercé-sur-Sarthe sur la Gée, Voivres-lès-le-Mans sur l'Orne Champenoise et Asnières-sur-Vègre sur la Vègre. La Sarthe est également suivie à Beffes.

Les historiques d'arrêtés sécheresse sur le département de la Sarthe n'ont pas encore été transmis par la DDT. L'analyse sera faite ultérieurement.

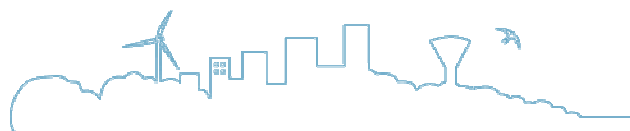
3.3.4 Analyse du franchissement des débits seuils

Une analyse comparative des chroniques de débits journalières avec les valeurs de débits seuils définis dans les arrêtés cadre départementaux a été réalisée.

L'objectif ici est de mettre en évidence sur la sensibilité des cours d'eau à l'étiage. Cette analyse a ainsi permis d'extraire le nombre de jours de dépassement de ces valeurs seuils par mois et par année ainsi que la période de l'année la plus critique pour les débits.

Les chroniques de débits mesurées aux stations de référence des arrêtés cadre ont été valorisées :

- La Sarthe à Beffes,
- La Vaige à Bouessay,
- Les Deux-Fonds à Avoise,
- La Gée à Fercé-sur-Sarthe,
- L'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans,
- La Sarthe à Beffes,
- La Vègre à Asnières-sur-Vègre.



- Analyse des dépassements sur la Vaige :

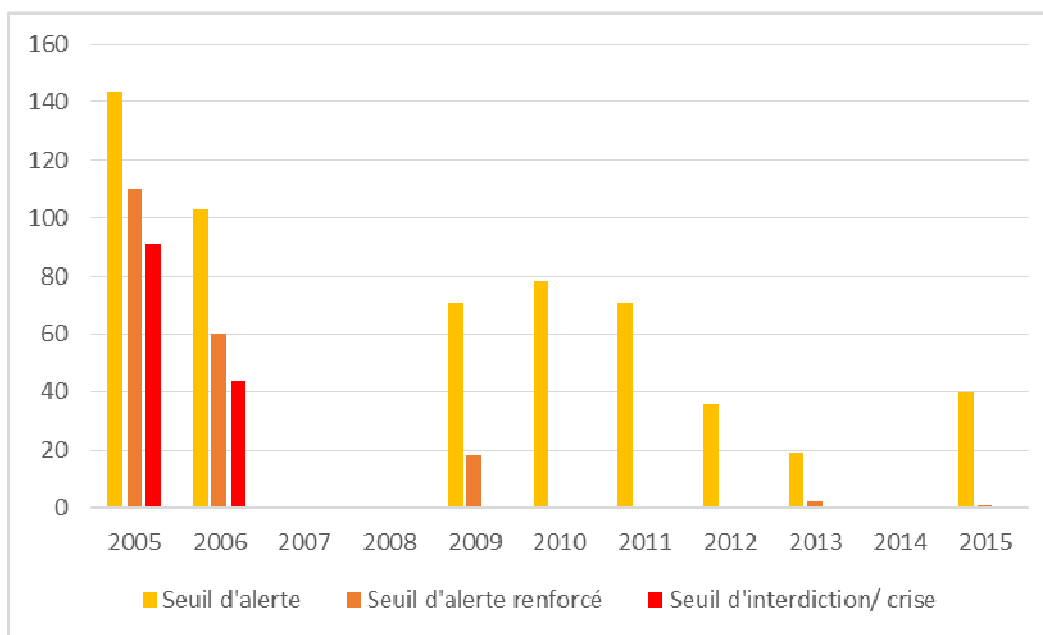


Figure 3-20 : Nombre de jours de dépassement des seuils de surveillance sur la Vaige à Bouessay

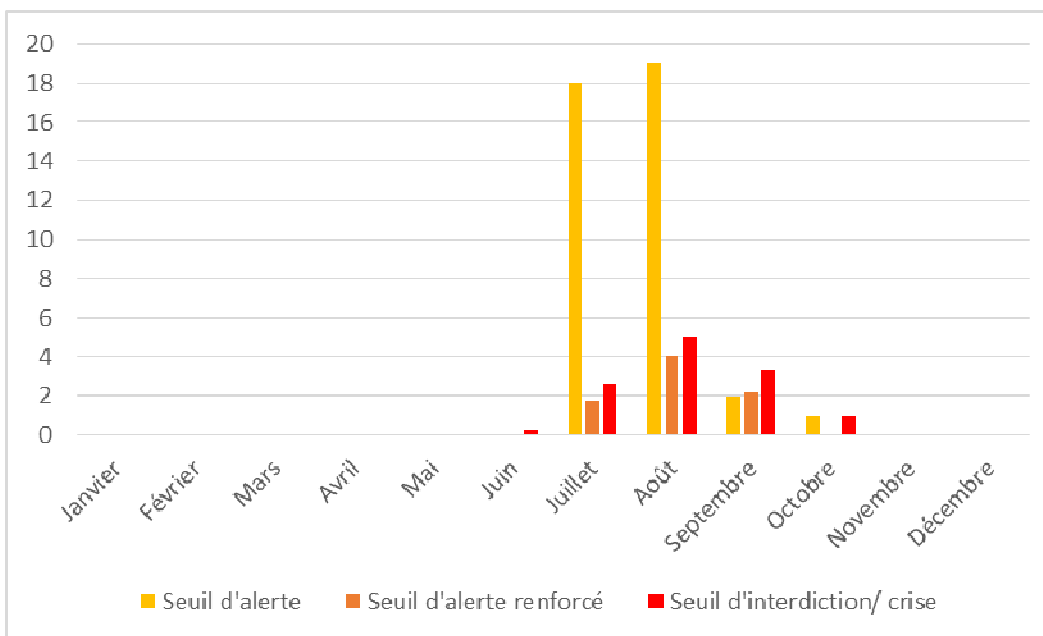
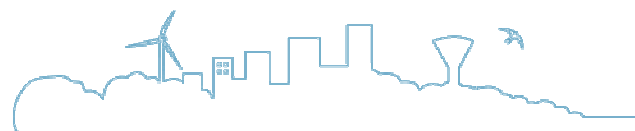


Figure 3-21 : Répartition des dépassements des seuils de surveillance dans l'année sur la Vaige à Bouessay



- Analyse sur les Deux Fonds :

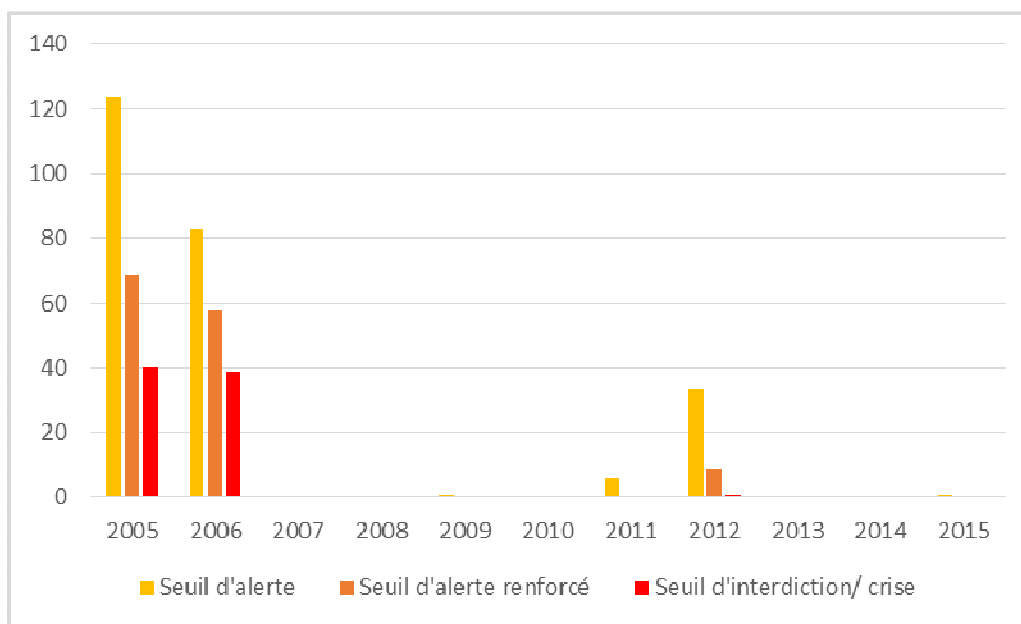


Figure 3-22 : Nombre de jours de dépassement des seuils de surveillance sur les Deux Fonds à Avoise

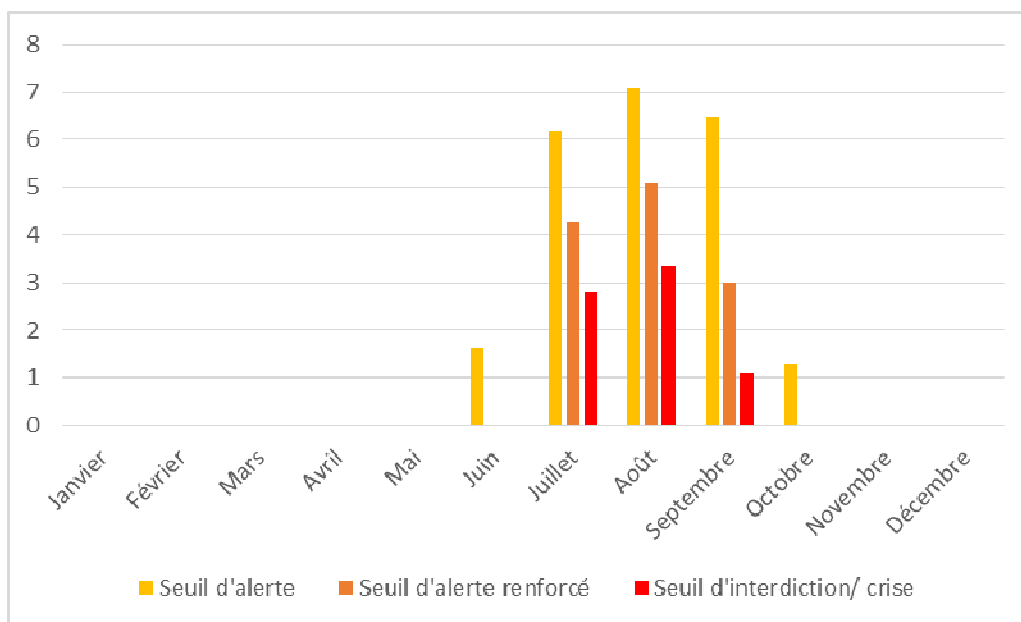
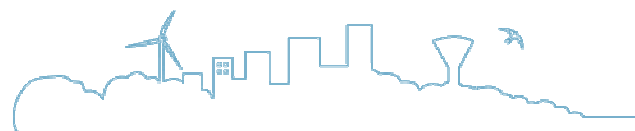


Figure 3-23 : Répartition des dépassements des seuils de surveillance dans l'année sur les Deux Fonds à Avoise



- Analyse sur la Gée :

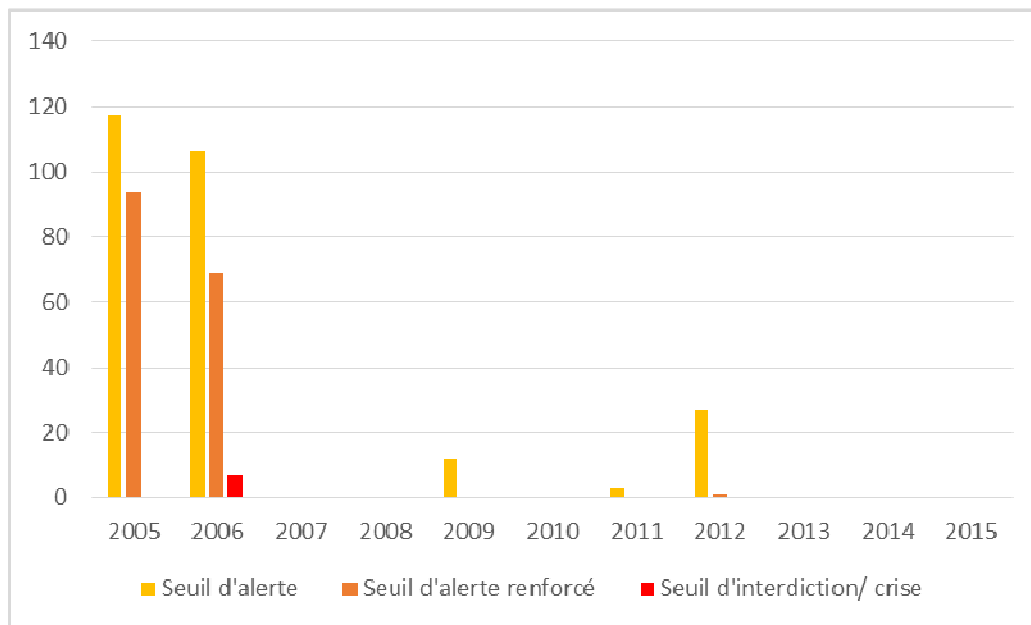


Figure 3-24 : Nombre de jours de dépassement des seuils de surveillance sur la Gée à Fercé-sur-Sarthe

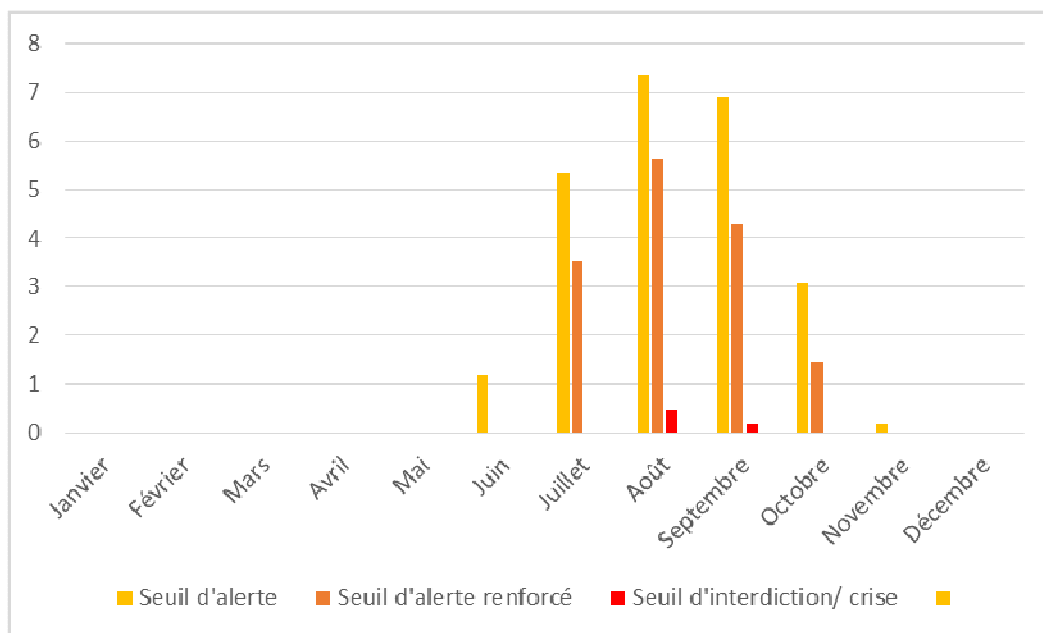
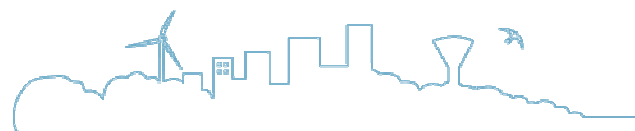


Figure 3-25 : Répartition des dépassements des seuils de surveillance dans l'année sur la Gée à Fercé-sur-Sarthe



- Analyse sur l'Orne Champenoise :

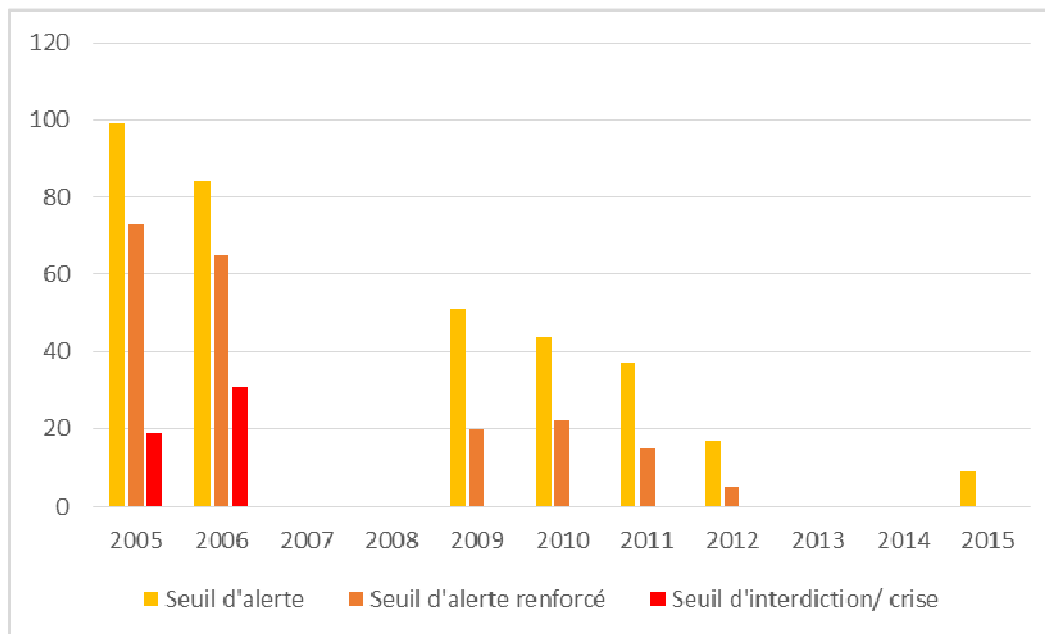


Figure 3-26 : Nombre de jours de dépassement des seuils de surveillance sur l'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans

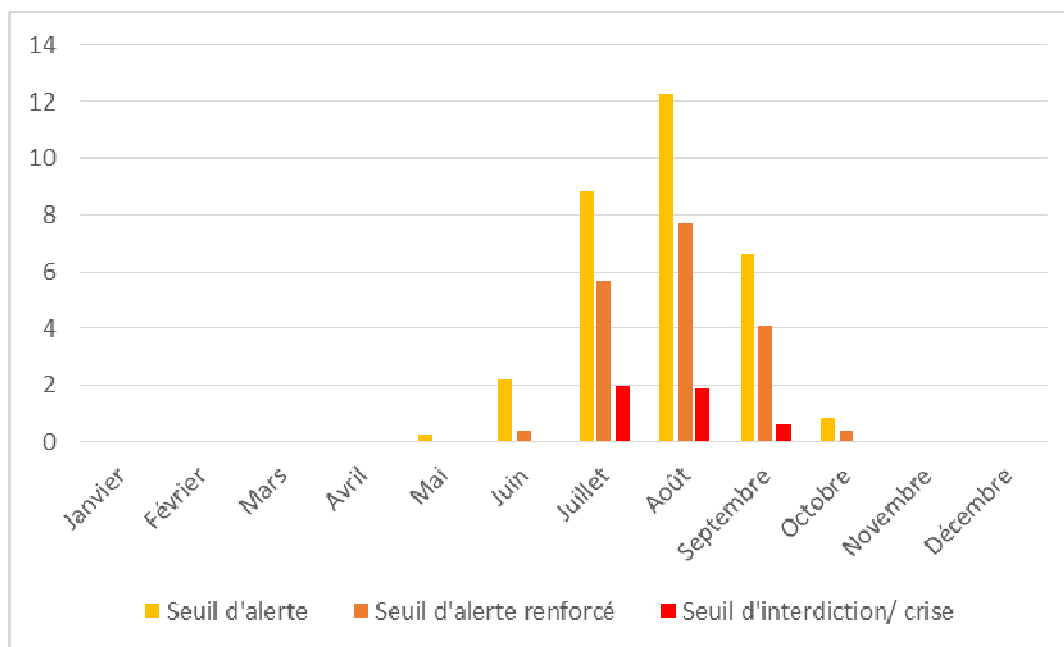
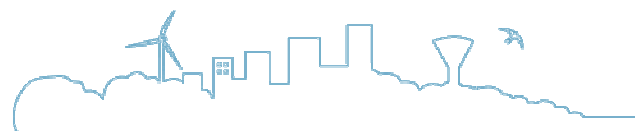


Figure 3-27 : Répartition des dépassements des seuils de surveillance dans l'année sur l'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans



- Analyse sur la Vègre :

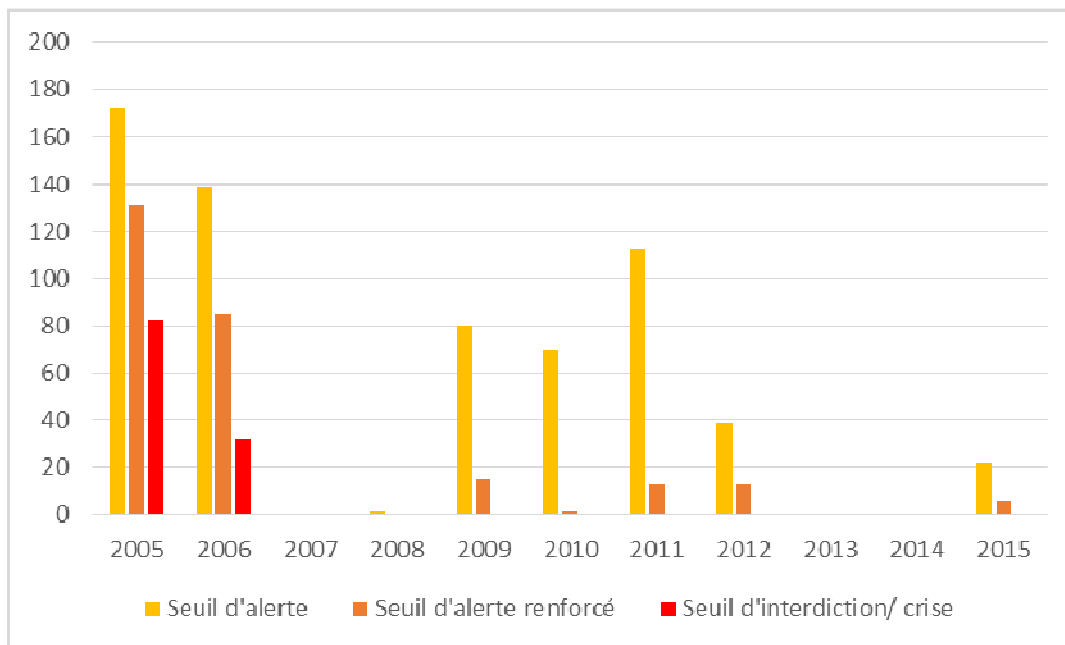


Figure 3-28 : Nombre de jours de dépassement des seuils de surveillance sur la Vègre à Asnières-sur-Vègre

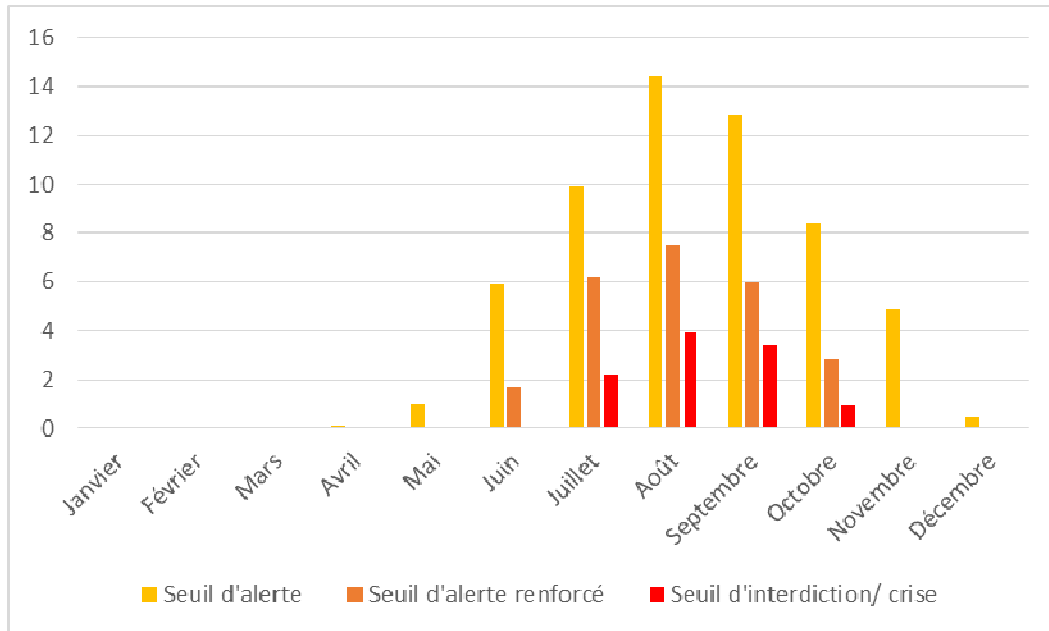
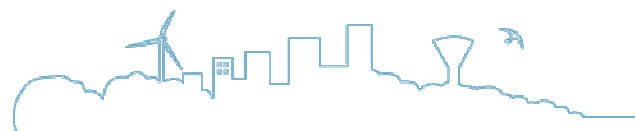


Figure 3-29 : Répartition des dépassements des seuils de surveillance dans l'année sur la Vègre à Asnières-sur-Vègre



- Analyse sur la Sarthe :

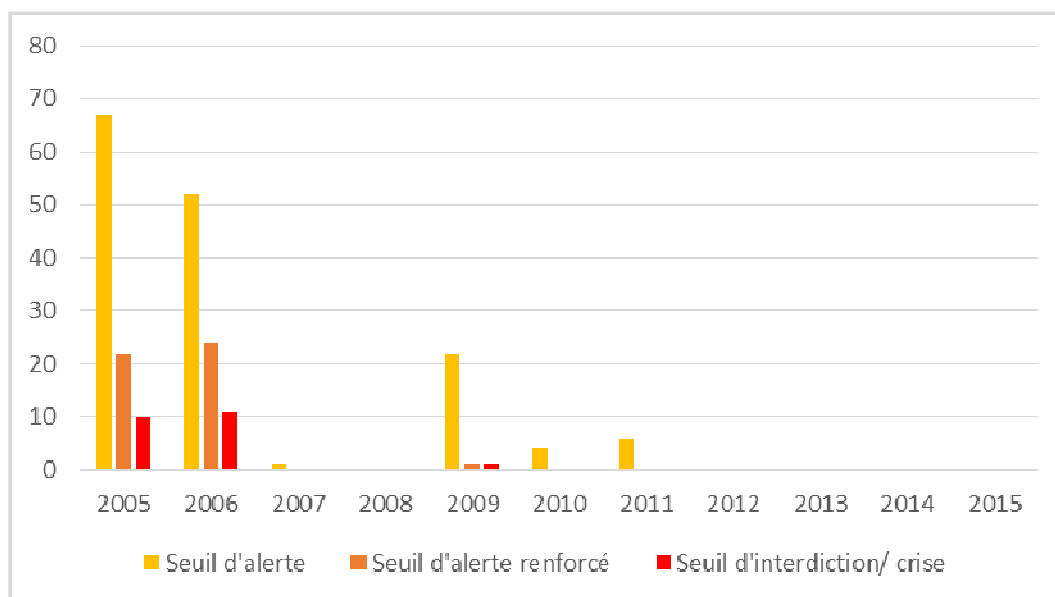


Figure 3-30 : Nombre de jours de dépassement des seuils de surveillance sur la Sarthe à Beffes

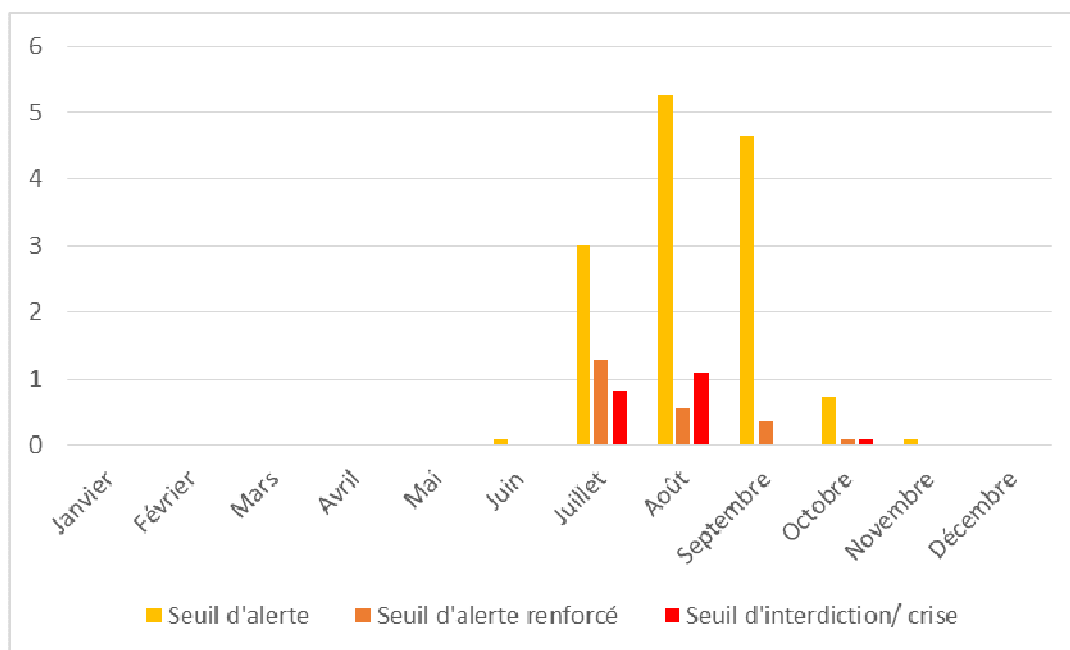
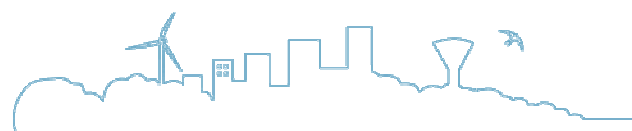
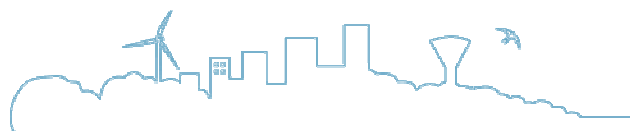


Figure 3-31 : Répartition des dépassements des seuils de surveillance dans l'année sur la Sarthe à Beffes



A partir des tableaux et des graphiques précédents, plusieurs constats peuvent être faits sur le périmètre du SAGE Sarthe aval :

- La Sarthe apparaît relativement préservée en période d'étiage. Les débits franchissent rarement les seuils fixés dans les arrêtés cadre. Les années 2005 et 2006 ressortent comme particulièrement sèches en période d'étiage avec un franchissement du seuil de crise. Toutefois, le nombre de jours de franchissement reste très restreint. Enfin, depuis 2007, la Sarthe ne semble pas soumise à des situations de crise importantes.
- La Vaige semble particulièrement impactée en période d'étiage. Les seuils de gestion sont franchis 8 années sur 11. Les franchissements s'étalent sur une période longue de 5 mois entre juillet et novembre.
- L'Orne Champenoise et la Vègre semblent également touchées avec des dépassements constatés 7 années sur 11. La période la plus critique pour l'Orne Champenoise se situe entre juin et octobre. Pour la Vègre, des dépassements des seuils sont constatés sur une période particulièrement longue de mai à octobre.
- Sur les Deux Fonds et la Gée, les seuils de surveillance sont dépassés un nombre significatif de jours 4 années sur 11. La période impactée s'étend sur 5 mois entre juin et octobre. Ces cours d'eau apparaissent donc sensibles à l'étiage.
- Enfin, les années 2007 et 2008 ont été exceptionnellement peu sèches presque aucun dépassement des seuils de surveillance n'a été observé (et aucun arrêté sécheresse n'a été pris sur le territoire sur ces deux années).



ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DU SARTHE AVAL

4.1 Suivi piézométrique

4.1.1 Points de suivi quantitatif

Sur la base des données disponibles sur le portail ADES, 13 points de suivi quantitatifs ont été recensés sur le territoire du SAGE Sarthe Aval.

La liste des points de suivi et des masses d'eaux souterraines associées est fournie en annexe 1. L'ensemble des piézomètres situé sur le périmètre du SAGE du Sarthe aval et recensés sur le portail ADES sont reportés sur la Figure 4 1.

Les principaux aquifères (Cénomaniens, Jurassique, de socle) apparaissent relativement bien suivis en termes de nombre de points et de répartition spatiale.

Néanmoins le nombre de point de suivi peut être très sensiblement réduit selon l'étendue des zones hydrographiques étudiées.

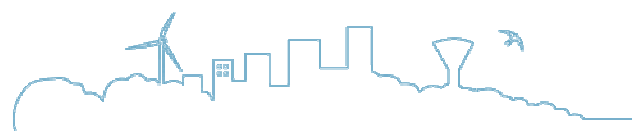
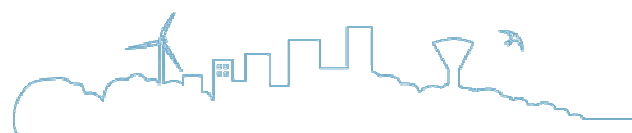


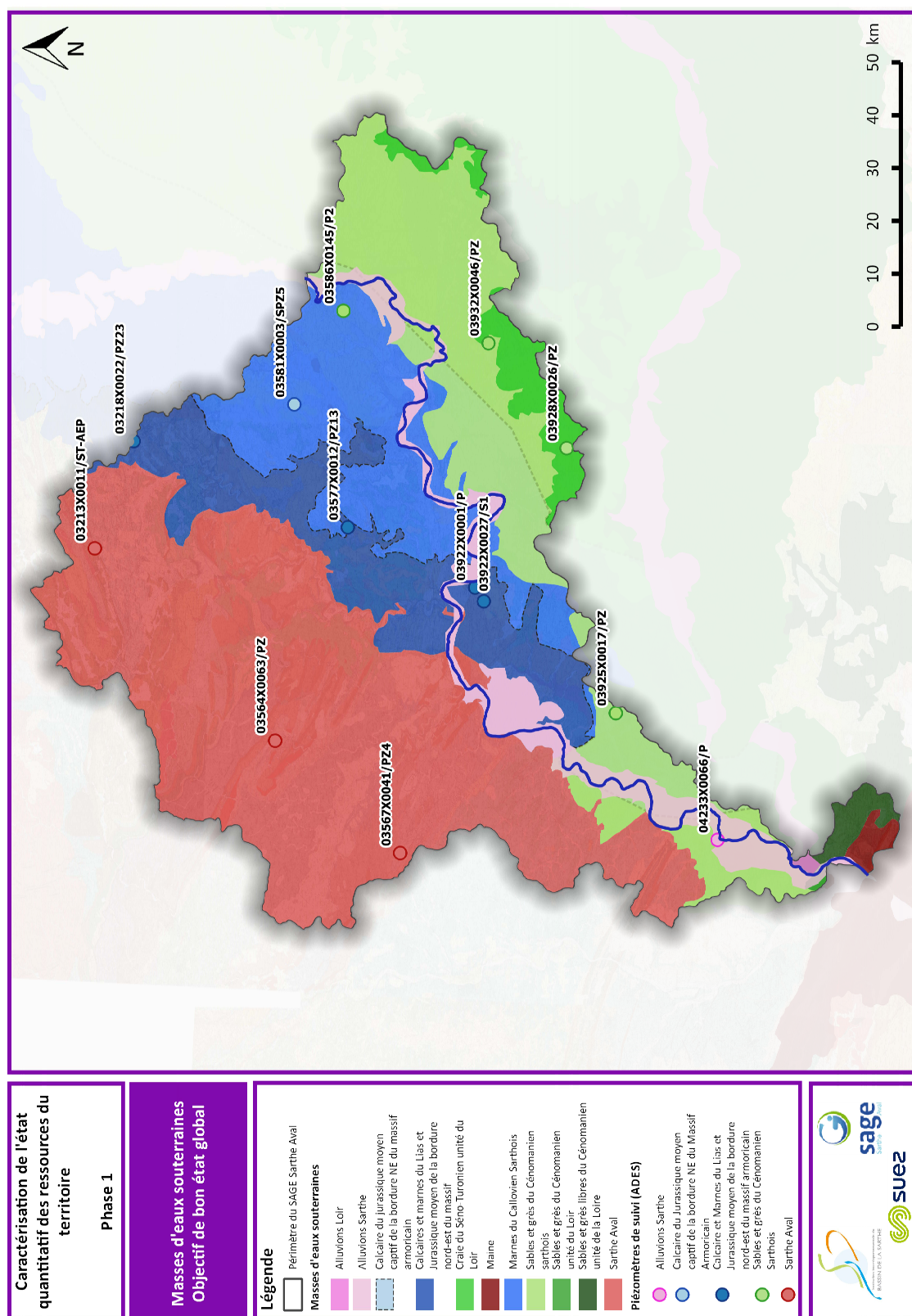
Tableau 4-1 : Aquifères captés par les points de suivi

Code	Masse d'eau	Superficie dans le SAGE (km ²) et % de la superficie du SAGE	Type	Etat hydraulique	Nombre de point de suivi
FRGG020	Sarthe Aval	1212,0 (44,5 %)	Socle	Libre	3
FRGG079	Calcaire et Marnes du Lias et Jurassique moyen de la bordure nord-est du massif armoricain	384,7 (14,1 %)	Dominante sédimentaire	Libre	4
FRGG080	Sables et grès du Cénomanién <i>unité du Loir</i>	7,2 (0,3 %)	Dominante sédimentaire	Libre et captif, majoritairement captif	4
FRGG081	Sables et grès du Cénomanién Sarthois	682,7 (25,1 %)	Dominante sédimentaire	Libre et captif, majoritairement libre	-
FRGG090	Craie du Séno-Turonien <i>unité du Loir</i>	85,8 (3,2 %)	Dominante sédimentaire	Libre et captif, majoritairement captif	-
FRGG105	Maine	16,6 (0,6 %)	Socle	Libre	-
FRGG111	Alluvions Loir	2,8 (0,1 %)	Alluvial	Libre	-
FRGG113	Alluvions Sarthe	191,3 (7 %)	Alluvial	Libre	1
FRGG120	Calcaire du Jurassique moyen captif de la bordure NE du Massif Armoricain	614,1 (22,6 %)	Dominante sédimentaire	Captif	1
FRGG121	Marnes du Callovien Sarthois	391,8 (14,4 %)	Imperméable localement aquifère	Libre	-
FRGG122	Sables et grès libres du Cénomanién <i>unité de la Loire</i>	25,0 (0,9 %)	Dominante sédimentaire	Libre	-



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire



4.1.2 Analyse des chroniques piézométriques

Dans ce chapitre, l'ensemble des chroniques piézométriques sont présentées par formation aquifère.

Les périodes d'observation débutent généralement au début des années 1990, soit environ 20 ans d'observation. Cependant 4 ouvrages présentent des périodes d'observation plus réduites (03564X0063/PZ, 03922X0001/P, 03925X0017/PZ et 04233X0066/P).

Le tableau présenté en annexe 1 indique pour chaque point de suivi la période couverte par les données disponibles.

4.1.2.1 Les aquifères de socle

Sur le périmètre d'étude, trois points de suivi des nappes de socle sont inventoriés :

- 03213X0011/ST-AEP – la Touche : formation des schistes et calcaires du Cambrien (?)
- 03564X0063/PZ – la Clémencière : Calcaires du Carbonifère
- 03567X0041/PZ4 – La Bougaudière : Calcaires du Carbonifère

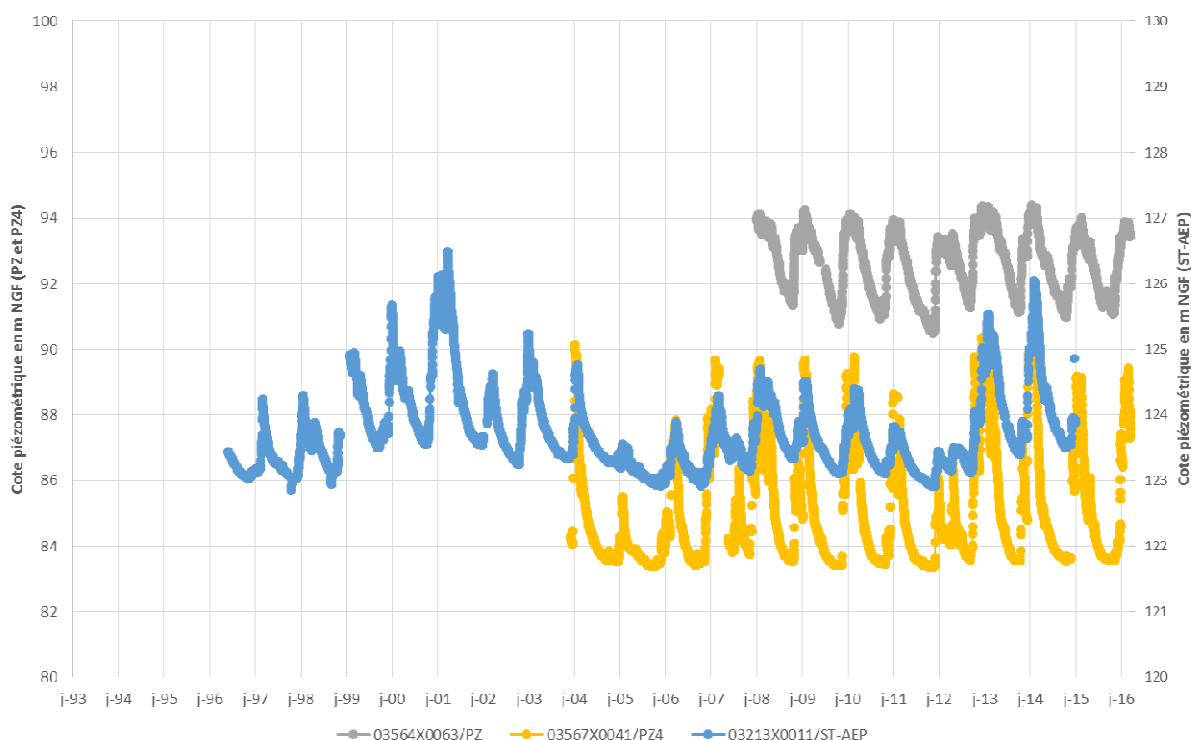
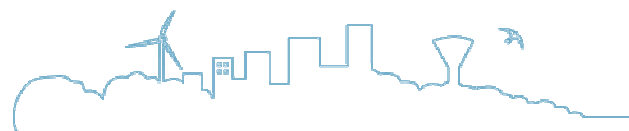


Figure 4-2 : Variations des niveaux des aquifères de socle dans le bassin versant Sarthe aval

Comme évoqué précédemment, dans les terrains de socle, la productivité des aquifères est étroitement liée à la présence et à l'épaisseur des altérites et au degré de fracturation des niveaux sous-jacents.



4.1.2.2 La nappe des formations jurassiques

Les formations aquifères du Lias et du Jurassique moyen ont leurs niveaux suivis par 5 points sur le périmètre du SAGE.

Le piézomètre « 03581X0003/SPZ5, Les Croix de Menueau » capte un niveau de calcaires **captifs** à double porosité d'interstices et de fissures. Les variations piézométriques de l'aquifère des calcaires du dogger sont d'amplitude faible de l'ordre de 2 à 4 m.

Les 4 autres piézomètres captent les calcaires **libres** du Lias ou du Dogger.

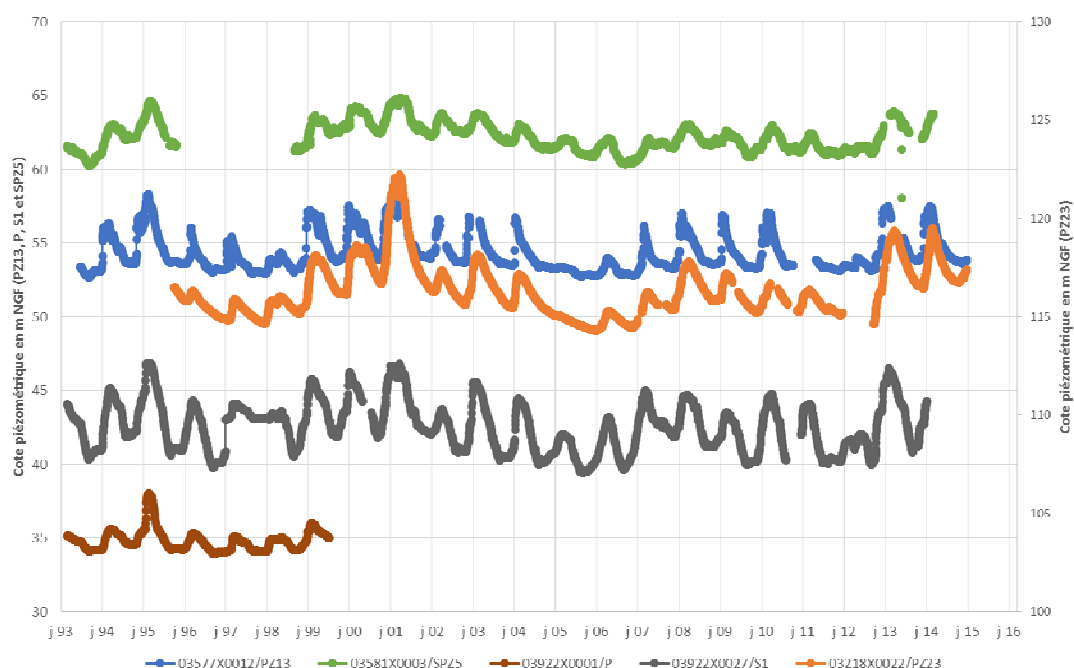
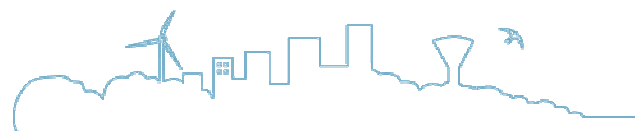


Figure 4-3 : Variations des niveaux des aquifères du Jurassique dans le bassin versant Sarthe aval

4.1.2.3 La nappe des sables du Cénomanién

Les variations piézométriques de l'aquifère des sables et grès du Cénomanién dans sa partie libre sont d'amplitude faible de l'ordre de 2 mètres en moyenne et peuvent aller jusqu'à 4 mètres. Les points de suivi ne semblent pas présenter de niveaux influencés par des pompes proches



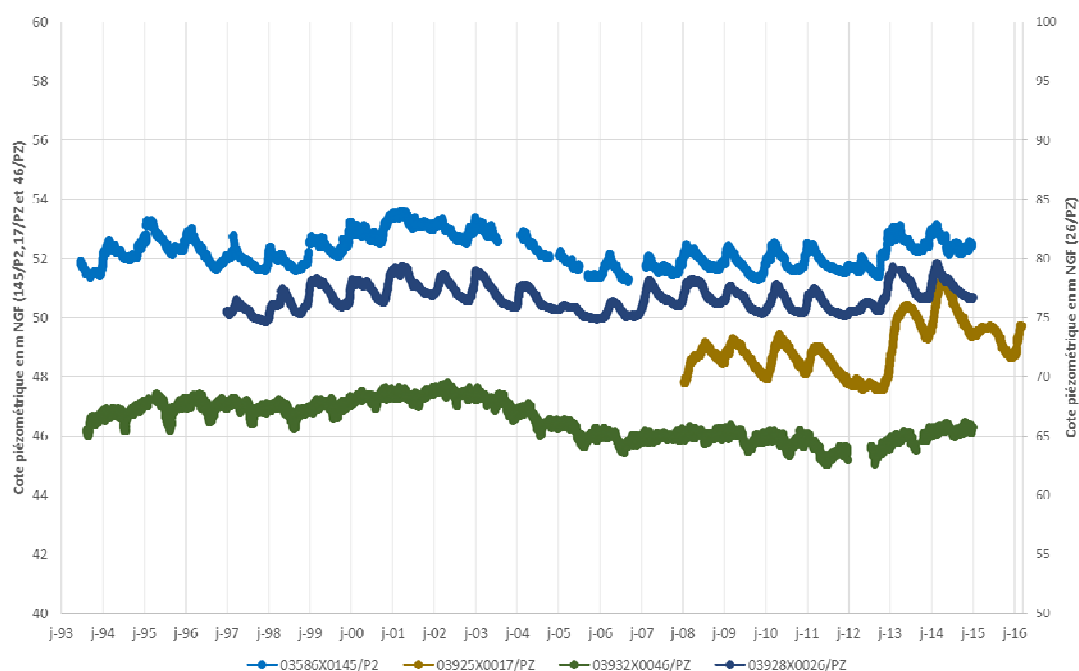


Figure 4-4 : Variations des niveaux de la nappe du Cénomanien dans le bassin versant Sarthe aval

Notons que le suivi des niveaux du piézomètre 03925X0017/PZ débute en 2008, soit seulement 8 ans d'observation.

4.1.2.4 La nappe des alluvions de la Sarthe

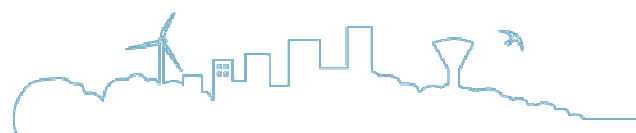
Un seul point de suivi est disponible sur le périmètre d'étude pour la nappe des alluvions. Ce suivi étant récent (novembre 2014), la période d'observation est insuffisante.

4.2 Relation nappe/rivière

4.2.1 Description générale des échanges nappe rivière

Les eaux souterraines du bassin aval de la Sarthe comptent les réservoirs aquifères principaux suivants :

- La nappe des sables et grès du Cénomanien, que draine l'Huisne jusqu'à la confluence avec la Sarthe au Mans ;
- Les nappes de calcaires jurassiques, où siège un aquifère de faible capacité mais à circulation rapides des eaux souterraines ;
- Les nappes du socle, qui ne possèdent pas d'aquifère de grande extension mais peuvent être également le lieu de transferts rapides des eaux souterraines.



La nappe alluviale du Sarthe aval est par nature le lieu privilégié des échanges entre le cours d'eau et les autres nappes libres plus profondes. Elle est directement alimentée par la Sarthe aval, avec cependant un temps de réaction. Mais elles drainent aussi les nappes latérales.

L'aquifères des sables et grès du Cénomanien affleure dans le bassin aval de la Sarthe à la faveur des vallées qui entaillent la craie cénomanienne. Cette nappe est ainsi drainée par les cours d'eau et peut être alimentée directement ou indirectement par la nappe de la craie du Turonien à travers les marnes à Ostracées.

En zone d'affleurement, les cours d'eau drainent les nappes de calcaires jurassiques.

4.2.2 Quantification de la contribution des nappes

4.2.2.1 Méthode de séparation des écoulements

La séparation des écoulements a pour objectif d'identifier différentes composantes de l'écoulement total observé en une station de mesure de débit.

Les chroniques de débits de 14 stations hydrométriques du territoire d'étude ont été traitées à l'aide du filtre numérique développé par Chapman. Ce filtre permet la séparation de l'hydrogramme en deux composantes :

1. la composante associée aux **basses fréquences correspondant à l'écoulement lent** (flux d'infiltration) ;
2. la composante associée aux **hautes fréquences correspondant à l'écoulement rapide** (flux provenant du ruissellement).

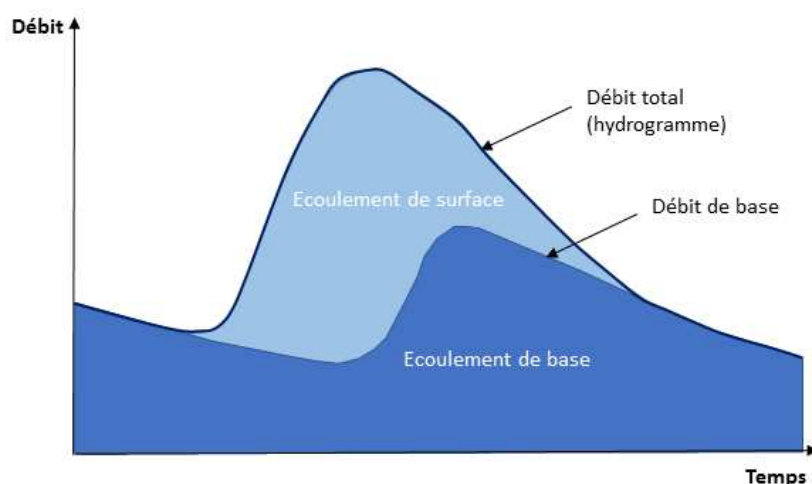
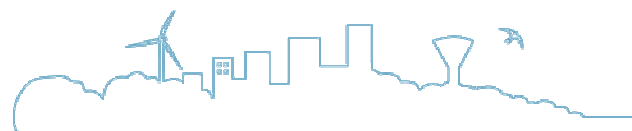


Figure 4-5 : Schéma de la séparation d'hydrogramme (Brodie et al., 2007)

Cette technique de filtrage, développée par Chapman pour l'identification des composantes liées aux eaux souterraines dans les écoulements naturels, utilise un filtre numérique décrit par l'équation suivante :

$$Q_k = \frac{3\alpha - 1}{3 - \alpha} Q_{k-1} + \frac{1 - \alpha}{3 - \alpha} (Y_k + Y_{k-1})$$

Y_k : débit de la rivière au jour k / Q_k : débit de base au jour k / $\alpha = 0.925$



4.2.2.2 Estimation du « Base Flow Index »

L'indice des basses eaux (« Base Flow Index ») est un indice mesurant, sur une période donnée, la proportion du débit total du cours d'eau par le débit de base (rapport entre le volume provenant de l'écoulement de base et le volume total mesuré).

Le « Base Flow Index » (BFI) est révélateur de l'existence de stocks d'eau plus ou moins important. Cet indicateur varie entre 0 et 100 %. **Plus il est élevé, plus la contribution des stocks d'eau est importante.** Sur un bassin pluvial, un BFI proche de 100% est donc révélateur d'une forte composante souterraine sur les débits du cours d'eau.

L'approche consiste à étudier les valeurs de percentiles des débits de base « BaseFlowIndex » évalués sur la période couverte pour permettre d'observer l'évolution de la contribution de la nappe dans le temps.

Le BFI des dix premiers percentiles correspond au BFI moyen des 10 % des valeurs les plus faibles. Les percentiles 20, 50 et 80 ont été extraits afin de comparer les stations entre elles. Pour chaque station, la période de mesure couverte est indiquée.

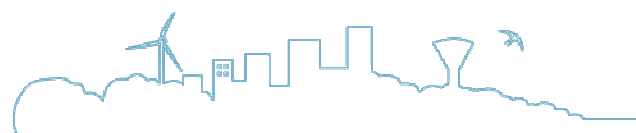
La décomposition de l'hydrogramme de chaque station, sur la période 2000-2015, est présentée en annexe 3.

Le Tableau 4-2 et la Figure 4-6 présentent les valeurs de percentiles des BFI calculés sur la période de données disponibles pour les 14 stations hydrométriques retenues sur le bassin versant.

Tableau 4-2 : Estimation de la médiane et des percentiles 20 et 80 des valeurs de « BaseFlowIndex » pour les principales stations

Station	Dénomination	Période couverte	Valeur du percentile 50	Valeur du percentile 20	Valeur du percentile 80
1	La Sarthe à Spay	2007 - 2016	0.55	0.43	0.66
2	La Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou	1971 - 2016	0.54	0.43	0.66
3	Le Roule Crottes à Arnage	1993 - 2016	0.58	0.43	0.74
4	Le Rhonne à Guécélard	1988 - 2016	0.58	0.40	0.80
5	L'Orne Champenoise à Voivres-lès-le-Mans	1984 - 2016	0.56	0.45	0.67
6	La Gée à Fercé-sur-Sarthe	1984 - 2016	0.54	0.45	0.72
7	La Vézanne à Malicorne-sur-Sarthe	1992 - 2016	0.57	0.41	0.76
8	Le Deux Fonds à Avoise	1992 - 2016	0.52	0.47	0.57
9	Le Berdin à Tennie	1982 - 2016	0.58	0.43	0.73
10	La Vègre à Asnières-sur-Vègre	1980 - 2016	0.55	0.44	0.76
11	L'Erve à Voutré	1998 - 2016	0.54	0.46	0.62
12	L'Erve à Auvers-le-Hamon	1972 - 2016	0.57	0.43	0.75
13	La Vaigé à Bouessay	1980 - 2016	0.64	0.41	0.91
14	La Taude à Saint-Brice	1981 - 2016	0.58	0.45	0.74

D'une manière générale, on constate que les percentiles 50 montre un BFI moyen proche de 0,56 ce qui tend à indiquer que la contribution des nappes est importante pour toutes les



principales stations du secteur d'étude.

La Figure 4-6 permet de visualiser les valeurs de percentiles des BFI de chaque station. Cette représentation est disponible de manière plus détaillée en annexe 4.

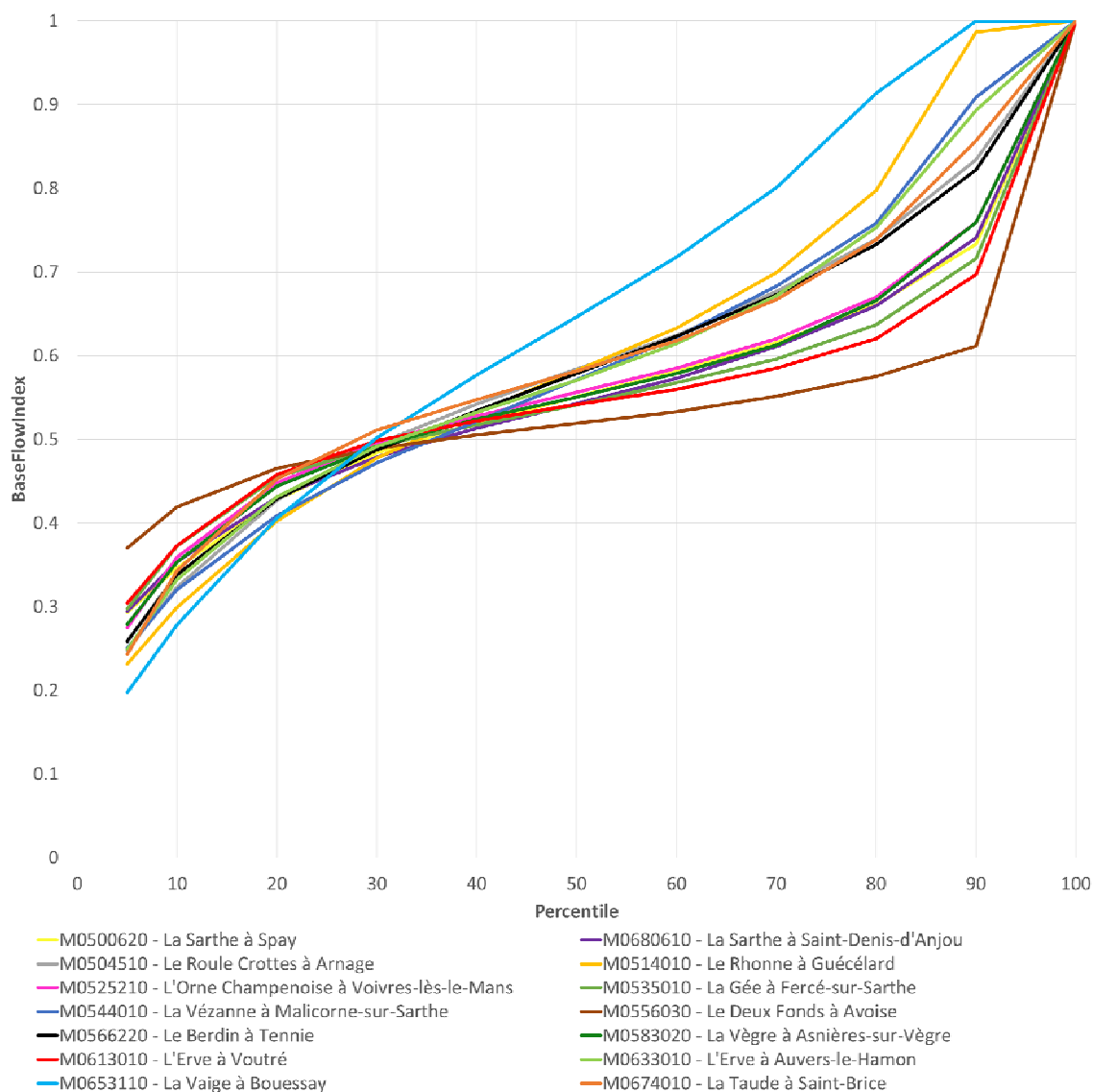
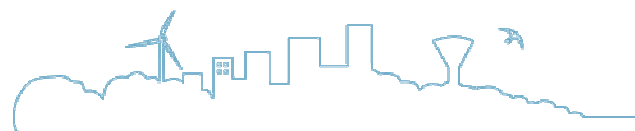


Figure 4-6 : Evolution des valeurs de percentiles des débits de base « BaseFlowIndex »

Les variations des valeurs de percentiles des débits de base indiquent que les comportements diffèrent par station, notamment :

- sur le Deux Fonds à Avoise, la contribution des eaux souterraines à l'écoulement de surface est constante avec des valeurs des percentiles 20 et 80 de respectivement 0,47 et 0,57 ;
- sur la Vaigie à Bouessay, la contribution des eaux souterraines à l'écoulement de surface est plus variable avec des amplitudes de valeurs plus importantes entre 0,41 et



0,91 pour les percentiles 20 et 80.

Pour apporter une analyse plus fine de ces différences, une approche par les débits moyens interannuels de base est présentée ci-après.

4.2.2.3 Approche par débit de base moyen interannuel

Après avoir séparé les débits de base de l'écoulement total sur chaque station retenu, **la moyenne de ces débits a été calculée sur chaque mois**. Les variations des débits moyens interannuels de base de chaque station sont présentées en annexe 5.

L'étude de ces graphiques indique que la contribution des apports souterrains aux débits des cours d'eau semble équivalente à celle du ruissellement. Bien que surestimés, les apports souterrains déterminés par séparations d'hydrogramme sont importants.

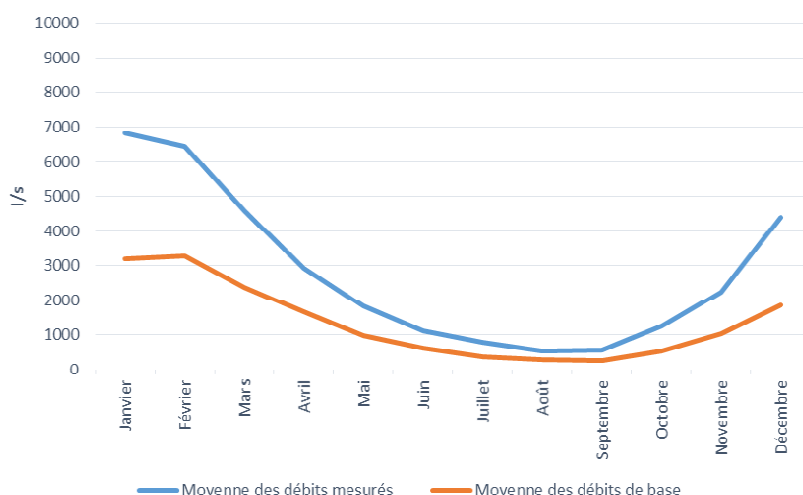


Figure 4-7 : Variations des débits moyens interannuels de base de la station de la Vaige à Bouessay

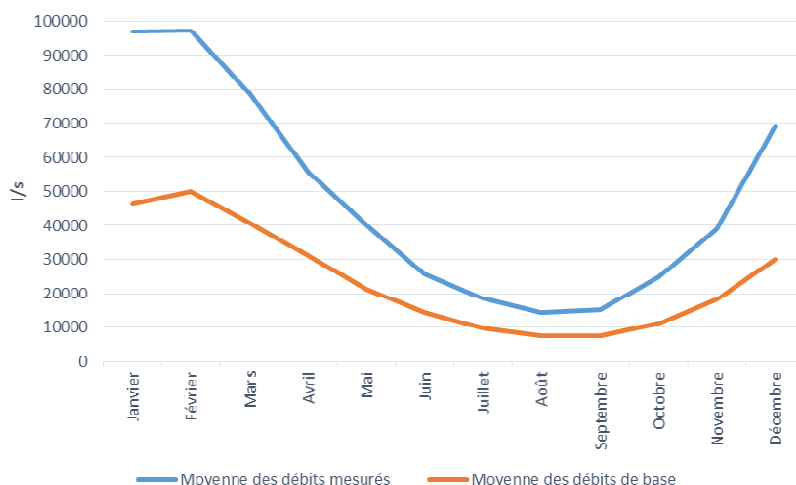
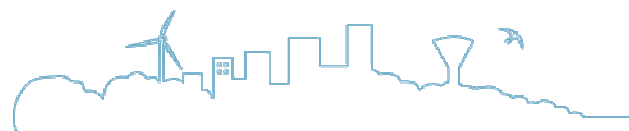


Figure 4-8 : Variations des débits moyens interannuels de base de la station de la Sarthe à Saint-Denis-d'Anjou

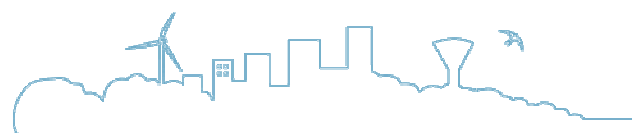
La Figure 4-7 et la Figure 4-8 permettent par ailleurs d'observer un comportement différent en période estivale. Les courbes de débits moyens totaux et de débits moyens de base obtenues



sur la station de la Vaige sont resserrées à la différence des courbes obtenues sur la station de la Sarthe plus éloignées. Sur la période estivale, lorsque le débit total se rapproche du débit de base, cela traduit une forte contribution des eaux souterraines et une faible part de ruissellement.

Ce comportement est visible sur les stations de la Vaige, de la Vézanne, de la Taude, du Berdin et du Rhonne. De plus les valeurs du percentile 80 de BFI observées sur ces stations sont élevées, exprimant une contribution plus importante de la nappe par rapport aux eaux superficielles. L'analyse faite à partir des deux approches fournit donc des résultats concordants.

Notons que ces stations sont majoritairement situées en contexte de socle ou en amont du bassin, ce qui illustre un fonctionnement spécifique sur ces secteurs avec une faible part de ruissellement sur les périodes estivales.



PROPOSITION DE DECOUPAGE EN SOUS UNITE DE GESTION

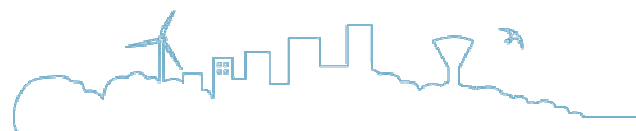
Le périmètre du SAGE Sarthe aval a été découpé en plusieurs sous-bassins versants qui correspondront aux unités sur lesquelles une stratégie de gestion quantitative de la ressource en eau sera définie en fin de mission.

Les sous-bassins versants ont été définis selon les critères suivants :

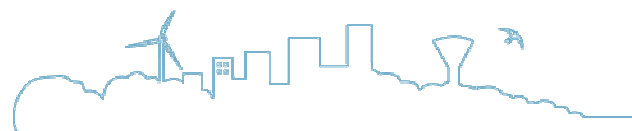
- La cohérence avec les masses d'eau décrites dans le SDAGE Loire-Bretagne,
- La proximité avec une station hydrométrique,
- La disponibilité d'un piézomètre représentatif sur le sous bassin concerné pour l'analyse des aquifères,
- Les usages de l'eau. Il s'agit de répartir et cerner correctement les usages de l'eau en présence sur le bassin versant ainsi que les principales pressions anthropiques qui s'exercent sur la ressource en eau.

Les critères précédents ont permis d'aboutir à un premier découpage du périmètre du SAGE Sarthe aval en 12 unités de gestion. Pour faciliter la suite de l'étude, ces unités de gestion seront nommées :

- **La Sarthe et ses affluents de l'amont du bassin versant jusqu'à l'amont de la confluence avec l'Orne Champenoise ou « Sarthe aval » amont ;** Sur le secteur amont, la Sarthe et ses affluents ont un comportement hydrologique homogène et sont donc intégrés à la même unité de gestion. Cette unité est contrôlée par les stations hydrométriques du Rhonne à Guécélard et du Roule-Crotte à Arnage. Elle intègre également le Fessard.
- **La Sarthe de l'aval de la confluence avec l'Orne Champenoise et la station hydrométrique de Beffes ou « Sarthe aval » médian 1 ;** Cette unité de gestion s'étend de la confluence de l'Orne Champenoise avec la Sarthe jusqu'à la station hydrométrique de Beffes à Saint-Denis d'Anjou qui servira de point de calage pour la quantification du potentiel naturel du bassin. Elle intègre également le Préau, le Renon, la Vauloge et la Buchardière.
- **L'Orne Champenoise et ses affluents ;** L'analyse menée précédemment a mis en évidence des situations de tensions quantitatives sur ce cours d'eau. Ainsi, il semble intéressant de l'identifier comme unité de gestion d'autant plus qu'une station hydrométrique est présente à l'exutoire de la masse d'eau à Voivres-lès-le-Mans.



- **La Gée et ses affluents ;** La Gée apparaît comme un affluent important de la Sarthe sur sa partie amont. Ainsi ce découpage permettra d'affiner les connaissances sur le cours d'eau et les pressions existantes. La station hydrométrique de Fercé-sur-Sarthe servira de point de calage pour la quantification du potentiel naturel du bassin.
- **La Vézanne et ses affluents ;** Cette unité de gestion a été proposée compte tenu des faibles débits caractéristiques du cours d'eau. L'existence d'une station hydrométrique à Malicorne-sur-Sarthe permet d'envisager un découpage sur ce secteur en unité de gestion afin d'affiner les connaissances sur le cours d'eau et les pressions de prélèvements existantes.
- **Les Deux Fonds et ses affluents ;** Cette unité de gestion a été proposée compte tenu des pressions quantitatives s'exerçant sur le cours d'eau. D'autre part, les Deux Fonds dispose d'une station hydrométrique en son exutoire, à Avoise. Elle servira à caler le modèle et caractériser les écoulements sur ce secteur.
- **La Vègre et ses affluents ;** La Vègre est l'un des affluents principaux de la Sarthe. Il apparaît ainsi essentiel de l'identifier comme une unité de gestion. D'autre part, ce cours d'eau semble rencontrer des problématiques quantitatives en période d'étiage d'après l'analyse menée précédemment. Ce découpage permettra d'affiner les connaissances sur le secteur et caractériser les pressions (prélèvements / rejets) existantes. La station hydrométrique d'Asnières-sur-Vègre servira de point de calage pour la quantification du potentiel naturel du bassin.
- **L'Erve et ses affluents ;** de même que la Vègre, l'Erve est un affluent majeur de la sarthe. Il apparaît ainsi essentiel de l'identifier comme une unité de gestion. La station hydrométrique d'Auvers le Hamon située après la confluence avec le Treulon servira à caler le modèle et caractériser les écoulements sur ce secteur.
- **La Vaige et ses affluents ;** La vaige subit des perturbations fréquentes des écoulements en période d'étiage et ressort comme un cours d'eau en déséquilibre quantitatif. La possibilité de l'identifier comme unité de gestion a donc été saisie. La station hydrométrique de Bouessay proche de l'exutoire servira de point de calage pour la quantification du potentiel naturel du bassin.
- **La Taude et ses affluents ;** Cette unité de gestion a été proposée compte tenu des pressions quantitatives importantes s'exerçant sur le cours d'eau. En effet, l'analyse du réseau de suivi des écoulements menée précédemment a montré que ce secteur été impacté en période d'étiage. D'autre part, la Taude dispose d'une station hydrométrique, à Saint-Brice. Elle servira à caler le modèle et caractériser les écoulements sur ce secteur
- **La Sarthe et ses affluents de l'aval de la station hydrométrique de Beffes jusqu'à la confluence avec la Baraize ou « Sarthe aval » médian 2 ;** Cette unité de gestion comprend la Sarthe et ses affluents (Baraize et Voutonne). Très peu d'informations sont disponibles sur ces cours d'eau et aucune station n'est présente sur ce tronçon. Ainsi, ce découpage permettra d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrologique et les pressions existantes.



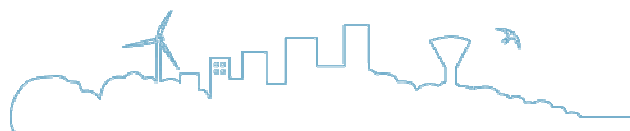
- **La Sarthe et ses affluents de l'aval de la confluence avec la Baraize jusqu'à l'aval du bassin versant ou « Sarthe aval » aval.** Cette unité de gestion comprend la Sarthe et ses affluents (Pré-Long, Margas, Plessis et Piron). De même que précédemment, ces cours d'eau à l'aval du bassin versant sont très peu suivis et peu d'informations sont disponibles sur leur état quantitatif. ce découpage permettra d'améliorer les connaissances sur le fonctionnement hydrologique et les pressions existantes à l'aval du bassin versant.

Au-delà de ces éléments, précisons que les unités proposées doivent avoir un caractère « opérationnel ». En effet dans l'absolu, il est possible de subdiviser encore davantage le périmètre du SAGE Sarthe aval.

Toutefois l'objectif de l'étude est de définir des volumes prélevables, des débits et niveaux piézométriques objectifs sur chaque unité de gestion. Il conviendra ainsi aux acteurs du territoire de s'assurer du respect des valeurs indiquées et de disposer, *de facto*, de moyens pour pouvoir les contrôler.

D'autre part, cette étude vise à proposer un programme d'actions ciblé par unité de gestion pour résorber les déficits quantitatifs. Ainsi, il convient de s'assurer qu'une marge de manœuvre existe sur chaque unité pour améliorer la situation.

La première proposition de découpage soumise aux acteurs et présentée ci-dessous.



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

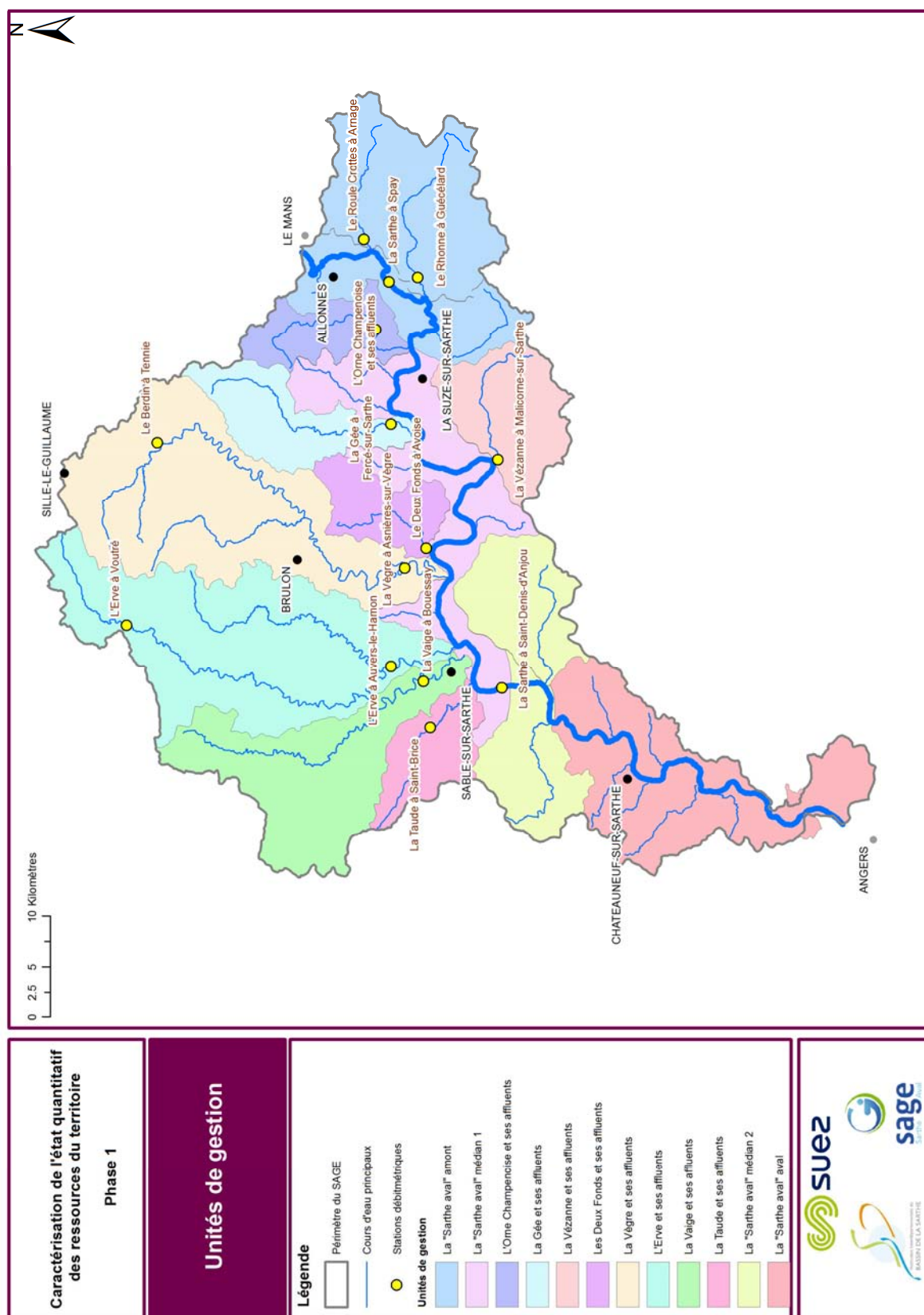


Figure 5-1: Découpage en unités de gestion – Confrontation localisation stations hydrométriques

Fi

RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

Lors de la réunion du Bureau de CLE du 07 juin 2016, les acteurs ont souhaité que le découpage proposé soit mis en regard du contexte géologique sur la zone d'étude. En effet, au-delà des critères cités précédemment, il convient de s'assurer que les unités de gestion aient un comportement hydrogéologique similaire.

Afin d'éclairer l'analyse, la carte suivante superpose les unités de gestion retenue avec le contexte géologique.



RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

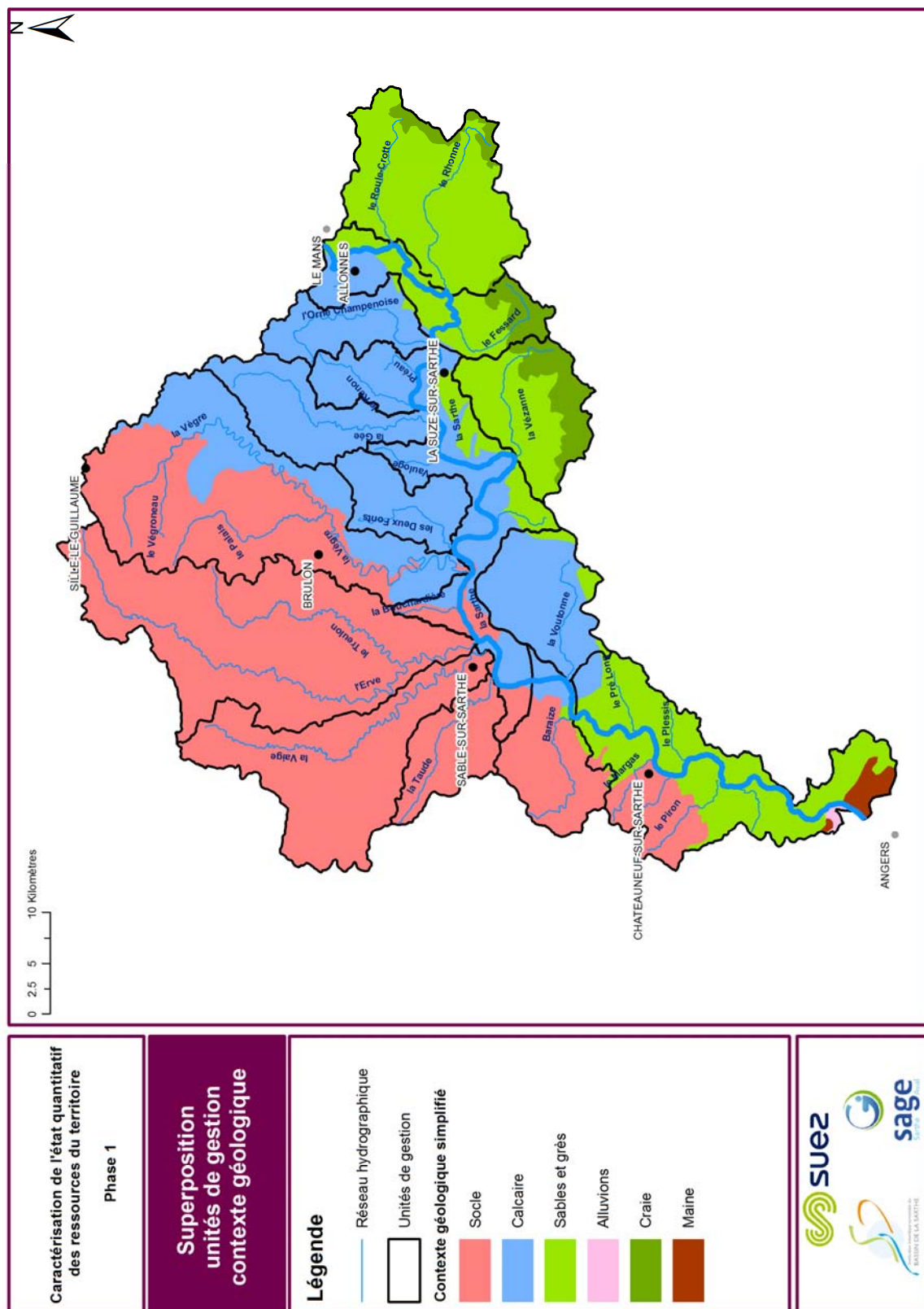


Figure 5-2: Superposition contexte géologique / unités de gestion

RAPPORT PHASE 1

Caractérisation de l'état quantitatif des ressources du territoire

De manière générale, le découpage proposé respecte bien les masses d'eau souterraines. Ainsi, les unités s'étendent majoritairement sur un contexte géologique de :

- Socle pour la Taude, la Vaige et l'Erve ;
- Sable et grès pour la Sarthe amont, la Vézanne et la Sarthe aval,
- Calcaire pour l'Orne Champenoise, la Gée, les Deux Fonds et la Sarthe médian.

La question peut se poser en revanche pour la Vègre et la Sarthe médian 2. En effet, ces unités de gestion se situent sur deux contextes géologiques distincts : socle et calcaire.

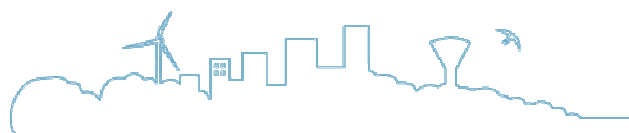
Ainsi pour l'unité « Sarthe médian 2 », il est proposé de distinguer la Voutonne de la Baraize. En effet, la Baraize s'écoule sur un contexte de socle alors que la Voutonne s'écoule sur un contexte calcaire. La difficulté résidera ici en l'absence de point de calage à l'exutoire de ces masses d'eau. Les résultats du modèle seront ainsi à manipuler avec précaution car « non calés ».

Pour la Vègre, un sous découpage simple de cette unité de gestion ne peut être proposé pour tenir compte des différences de contexte géologique. L'unité de gestion est maintenue telle quelle mais une vigilance sera apportée lors de la construction et l'exploitation du modèle. Par ailleurs, le chevauchement reste à la marge sur la frange Est de l'unité de gestion. Le contexte de socle prévaut largement sur celui calcaire. Ainsi, il est probable que cette différence de comportement hydrogéologique ne nuise pas à la fiabilité des résultats obtenus en sortie de modèle, d'autant plus que l'échelle d'analyse de l'étude reste macroscopique.

Enfin, suite à la réunion du Bureau de CLE du 06 septembre 2016, les acteurs ont souhaité découper l'unité de gestion de l'Erve en 2 nouvelles unités : l'Erve et le Treulon afin de prendre en compte les différences de fonctionnement hydrologique.

Ainsi, le découpage définitif se compose de 14 unités de gestion intitulées :

- **La Sarthe amont,**
- **La Sarthe médian,**
- **La Sarthe aval,**
- **L'Orne Champenoise,**
- **La Gée,**
- **La Vézanne,**
- **Les Deux Fonds,**
- **La Vègre,**
- **L'Erve,**
- **Le Treulon,**
- **La Vaige,**
- **La Taude,**
- **La Voutonne,**
- **La Baraize.**



BIBLIOGRAPHIE

S. KUKLAN, J.C. et O. LIMASSET (1968) – Ressources en eaux souterraines du département de la Sarthe, note préliminaire, projet de programme d'étude. Rapport BRGM/69SGL020BPL, 42 p.

ROUX JC. (2006) - Aquifères & eaux souterraines en France, Tome 1. Ouvrage collectif sous la direction de Jean-Claude Roux. BRGM éditions.

MARDHEL V., PINAULT JL., STOLLSTEINER P., ALLIER D. (2007) – Etudes des risques d'inondation par remontées de nappes sur le bassin de la Maine, contribution des eaux souterraines aux phénomènes d'inondation. Rapport BRGM/RP-55562-FR, 156 p.

Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux Sarthe Aval, Etat des Lieux. Rapport validé par la CLE le 21 juin 2013, 250 p.

Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux Loire-Bretagne, 2016-2021. Adopté par le comité de bassin le 4 novembre 2015, 360 p.

SIGES Pays de la Loire (<http://sigespal.brgm.fr/>)

SIGES Centre-Val de Loire (<http://sigescen.brgm.fr/>)

