



RAPPORT

Schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales

Rapport

Mars 2020

Commune de Machecoul-Saint-Même



CLIENT

RAISON SOCIALE	Commune de Machecoul-Saint-Même
COORDONNÉES	5, Place de l'Auditoire 44087 Machecoul-Saint-Même
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	Mme POTIER Magali Tél. 02.40.02.35.58 environnement@machecoul.fr

SCE

COORDONNÉES	4, rue Viviani – CS26220 44262 NANTES Cedex 2 Tél. 02.51.17.29.29 - Fax 02.51.17.29.99 E-mail : sce@sce.fr
INTERLOCUTEUR <i>(nom et coordonnées)</i>	M. CAILLEAU Jérémie, Chargé d'étude Tél. 02.51.17.29.29 E-mail : jeremie.cailleau@sce.fr

RAPPORT

TITRE	Schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales Rapport de diagnostic
NOMBRE DE PAGES	99
NOMBRE D'ANNEXES	6
OFFRE DE RÉFÉRENCE	P18000036 – Édition 1 – Décembre 2017
N° COMMANDE	Notification – 17/04/2018

SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
180544	15/10/2019	Édition 1	Première émission	JCU	JNI
180544	04/03/2020	Edition 2	Intégration du schéma directeur	JCU	JNI

Sommaire

1. Avant-propos	6
2. Contexte général	7
2.1. Localisation géographique	7
2.2. Evolution démographique	8
3. Contexte environnemental.....	9
3.1. Climat	9
3.2. Relief	11
3.3. Géologie.....	12
3.4. Milieux récepteurs.....	13
3.4.1. Réseau hydrographique communal	13
3.4.1.1. Bassin versant du Falleron.....	13
3.4.1.1.1. <i>Les enjeux</i>	13
3.4.1.2. Bassin versant du Tenu.....	14
3.4.1.2.1. <i>Les enjeux</i>	14
3.5. Milieux naturels et espaces protégés	15
3.5.1. Natura 2000.....	15
3.5.1.1. Marais Bretons	15
3.5.1.2. Lac de Grand-Lieu.....	16
3.5.2. Zones Nationales d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique (ZNIEFF)	16
3.5.3. Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO).....	18
4. Contexte règlementaire.....	18
4.1. Directive Cadre Européenne.....	18
4.2. SDAGE Loire-Bretagne	19
4.3. SAGE « Estuaire de la Loire ».....	22
4.4. SAGE « Marais Breton et bassin versant de la Baie de Bourgneuf »	27
4.5. SCoT du Pays de Retz.....	28
5. Situation actuelle en matière d'assainissement pluvial.....	29
5.1. Réseaux d'eaux pluviales	29
5.2. Les problèmes connus.....	31
5.3. Anomalies constatées lors des reconnaissances.....	32
5.4. Bassins versants et exutoires	33
5.5. Mesures compensatoires existantes	35
6. Etude capacitaire du réseau d'eaux pluviales	37

6.1. Construction du modèle	37
6.1.1. Réseaux et fossés	37
6.1.2. Pertes de charge	37
6.1.3. Bassins d'apports élémentaires	37
6.1.4. Conditions aux limites	38
6.1.4.1. Conditions amont.....	38
6.1.4.2. Conditions aval.....	38
6.1.5. Pluviométrie.....	39
6.1.5.1. Théorie	39
6.1.5.2. Données pluviométriques.....	40
6.1.5.3. Pluies de projet.....	41
6.1.5.3.1. <i>Théorie</i>	41
6.1.5.3.2. <i>Données numériques</i>	42
6.1.6. Modélisation hydrologique.....	43
6.2. Diagnostic des réseaux.....	45
6.2.1. Critère d'analyse hydraulique.....	45
6.2.2. Hypothèse sur le fonctionnement hydraulique et le débit de fuite de bassins de rétention	46
6.2.3. Diagnostic en situation actuelle	48
6.2.3.1. Période de retour : T= 2 ans	49
6.2.3.2. Période de retour : T= 10 ans – Contrainte de niveau haut hivernal	50
6.2.3.3. Période de retour : T= 30 ans	52
6.2.3.4. Période de retour : T= 100 ans	53
6.2.3.5. Débordements suite à une crue exceptionnelle	53
6.2.3.6. Conclusion.....	54
7. Etude qualitative des eaux pluviales	55
7.1. Rejets par temps sec.....	55
7.2. Flux de pollution théoriques rejetés par temps de pluie	56
7.2.1. Origine de la pollution pluviale	56
7.2.2. Méthode de quantification de la pollution pluviale.....	56
7.2.3. Effet cumulatif.....	57
7.2.4. Effet de choc.....	59
7.3. Campagne de prélèvement par temps de pluie.....	60
8. Etablissement du schéma directeur	65
8.1. Niveau de protection retenu	65
8.2. Prescriptions du zonage pluvial et incidences sur le diagnostic futur.....	65

8.2.1. Limitation de l'imperméabilisation	65
8.2.2. Gestion des eaux pluviales sur les zones d'urbanisation future	66
8.2.3. Diagnostic en situation future intégrant les prescriptions du zonage	68
9. Programme d'aménagements sur l'existant	69
9.1. Niveaux de protection retenus	69
9.2. Descriptif des aménagements retenus	70
9.2.1. Secteur 2 : Route de la Forêt	70
9.2.2. Secteur 4 : La Gare	71
9.2.3. Secteur 5	72
9.2.3.1. Boulevard Gilles de Retz	72
9.2.3.2. Rue Marcel Brunelière	73
9.2.3.3. Rue Gustave Eiffel	74
9.2.4. Secteur 6 : Rue Sainte Croix – Rue Saint Nicolas	75
9.2.5. Secteur 7 : Place du Champ de Foire	76
9.2.6. Secteur 8 : Rue du Bourg Saint Martin – Impasse du Gué	77
9.2.7. Secteur 10 : Rue Denis Papin et rue Alfred Nobel	78
9.2.8. Secteur 12 : Rue du Littoral – Rue des Embruns – Rue des Alizés	79
9.3. Programme d'aménagements chiffré	80
9.4. Résultats en situation future aménagée	82
10. Programme d'entretien	83
10.1. Entretien du réseau d'eaux pluviales	83
10.2. Entretien des ouvrages de régulation	83
10.3. Entretien des fossés	84

1. Avant-propos

Depuis le 1er janvier 2016, la commune de Machecoul a fusionné avec sa voisine Saint-Même-le-Tenu, dans le cadre de la loi sur les communes nouvelles, et devient "Machecoul-Saint-Même".

La commune de Machecoul-Saint-Même est une commune située au sud-ouest du département de la Loire-Atlantique, au sud de la Loire, au confluent du Pays de Retz, du Pays Nantais et du marais breton.

La commune, chef-lieu de canton de Machecoul, est située à 40 Km au sud-ouest de Nantes et à 15 Km au Nord de Challans en Vendée.

Ce territoire est uniformément plat tout en faisant partie de la dépression de Grandlieu.

La commune fait partie du périmètre d'étude du SAGE « Marais Breton et bassin versant de la baie de Bourgneuf » (5 206 Ha) approuvé par arrêté préfectoral le 19 juillet 2004 et du SAGE « Estuaire de la Loire » (3 193 Ha).

Cette proximité des cours d'eau et du marais accentue la problématique eaux pluviales sur les zones urbanisées. Aujourd'hui, avec l'augmentation de la population et la volonté d'urbanisation, la commune de Machecoul-Saint-Même souhaite disposer d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des eaux pluviales sur la commune.

Cela implique la réalisation d'un Schéma Directeur d'Assainissement des Eaux Pluviales qui intègre également la réalisation d'un Zonage d'Assainissement Pluvial à annexer et intégrer au PLU.

Ce rapport présente les résultats du schéma directeur et inclus des éléments du diagnostic.

Une étude sur des secteurs prioritaires a été effectuée. Seuls les secteurs n'ayant pas fait l'objet de l'étude prioritaire sont abordés dans ce rapport.

2. Contexte général

2.1. Localisation géographique

Machecoul-Saint-Même est une commune de Loire Atlantique, dans la des Pays de la Loire. Elle couvre une superficie de 8 482 Ha et est rattachée à la communauté de communes Sud Retz Atlantique.

Elle est délimitée par les communes de Villeneuve en Retz au nord, Paulx au sud, Bouin à l'ouest et Saint Philbert de Grand Lieu à l'est.



Figure 1 : Plan de localisation de la commune de Machecoul-Saint-Même

2.2. Evolution démographique

Le tableau ci-dessous présente l'évolution de la population et du parc immobilier sur la commune de Machecoul-Saint-Même de 1968 à 2016.

	1968	1975	1982	1990	1999	2009	2016
Population à Machecoul	4240	4549	5060	5072	5424	5872	7597
Population à Saint Même	696	631	781	870	928	1138	
Evolution du nombre de logements à Machecoul	1 388	1 698	2 129	2 345	2 635	3 059	3554
Résidences principales	1 287	1 518	1 857	2 057	2 413	2 810	3 185
Résidences secondaires et occasionnelles	40	86	125	148	111	74	103
Logements vacants	61	94	147	140	111	175	266

Tableau 1: Evolution de la population et du parc immobilier sur la commune de Machecoul Saint-Même de 1968 à 2016 (source : INSEE)

Ce tableau de synthèse met en évidence une forte augmentation de la population résidente sur le territoire communal (+54% depuis 1968), associée à une forte augmentation du nombre de logements (+156%), principalement des résidences principales.

On remarque que l'augmentation du nombre de logements et d'habitants est constante et ne semble pas diminuer au cours des dernières années.

3. Contexte environnemental

3.1. Climat

La commune de Machecoul-Saint-Même présente un climat océanique caractérisé par des hivers doux et une pluviométrie moyenne.

Le climat, et plus précisément la pluviométrie, sur la commune de Machecoul-Saint-Même, se rapproche de celle de Nantes.

On notera qu'il existe toutefois des variations plus locales du climat.

Les données relevées de 1981 à 2010 à la station météorologique de Nantes Bouguenais permettent de caractériser le climat de la zone.

Le tableau suivant présente les caractéristiques principales sur la période considérée.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température moyenne mensuelle (°C)	6	6.4	8.9	11	14.5	17.6	19.6	19.6	17	13.5	9	6.3	12.5
Précipitations Hauteur maximale journalière (mm)	115.1	34.5	46.8	43.6	115.1	70.1	94.9	101.1	78.2	45	66	39	115.1
Précipitations Hauteur moyenne mensuelle (mm)	86.4	69	60.9	61.4	66.2	43.4	45.9	44.1	62.9	92.8	89.7	96.8	819.5

Tableau 2 : Climatologie de la commune de Machecoul-Saint-Même (Référence : Nantes, 1981- 2010)

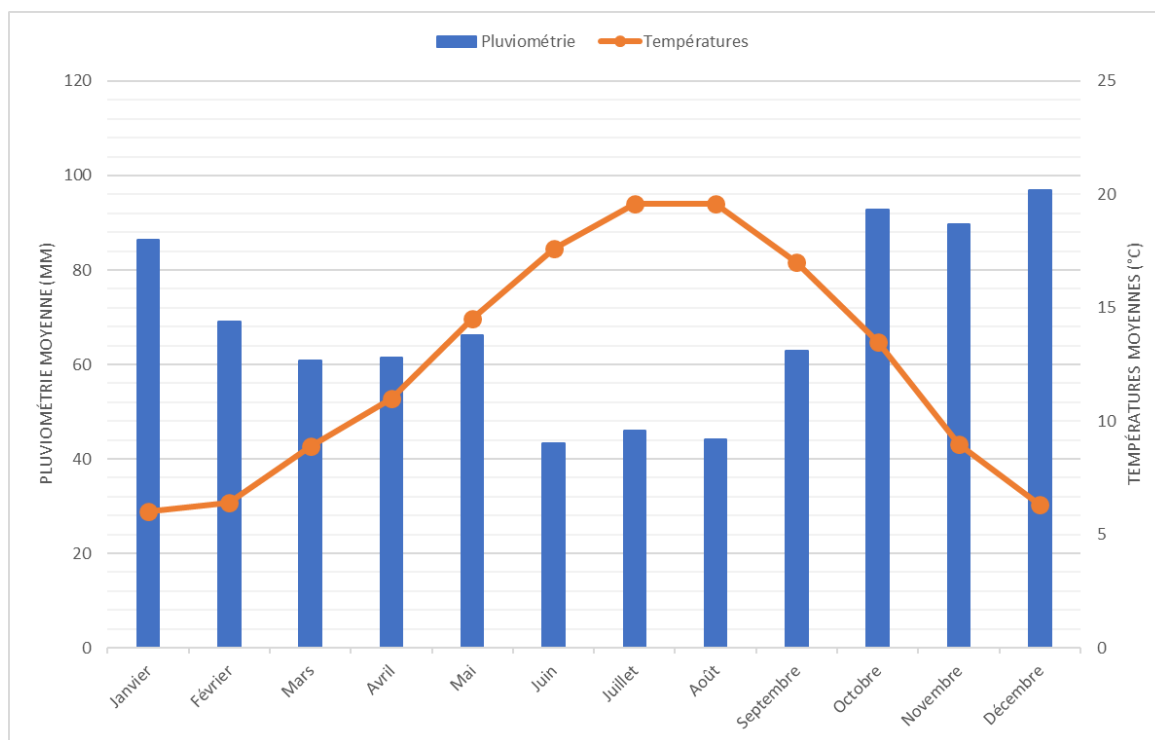


Figure 2 : Climatologie de la commune de Machecoul-Saint-Même (Référence : Nantes, 1981 – 2010)

La hauteur moyenne des précipitations réparties au cours de l'année sur la période 1981-2010 est de 819,5 mm (avec un maximum journalier de 115,1 mm en 1978).

La douceur de la température est une autre caractéristique de ce climat. La température moyenne annuelle est de 12,5°C, avec un minimum de 6°C en Janvier et un maximum de l'ordre de 19,6°C en Juillet et Août.

3.2. Relief

Le territoire communal se caractérise par deux zones bien distinctes en termes de relief :

- ▶ La partie Nord caractérisée par un relief assez marqué, avec des altitudes comprises entre 0 mètres et 50 mètres ;
- ▶ La partie Sud est caractérisée par un relief relativement plat, situé dans une dépression, avec des altitudes comprises entre 0 mètres et 15 mètres.

La carte ci-dessous présente la topographie sur le territoire communal de Machecoul-Saint-Même. Dans l'ensemble, la commune présente un relief peu marqué induisant des pentes de réseau faibles, notamment dans le bourg de Machecoul.

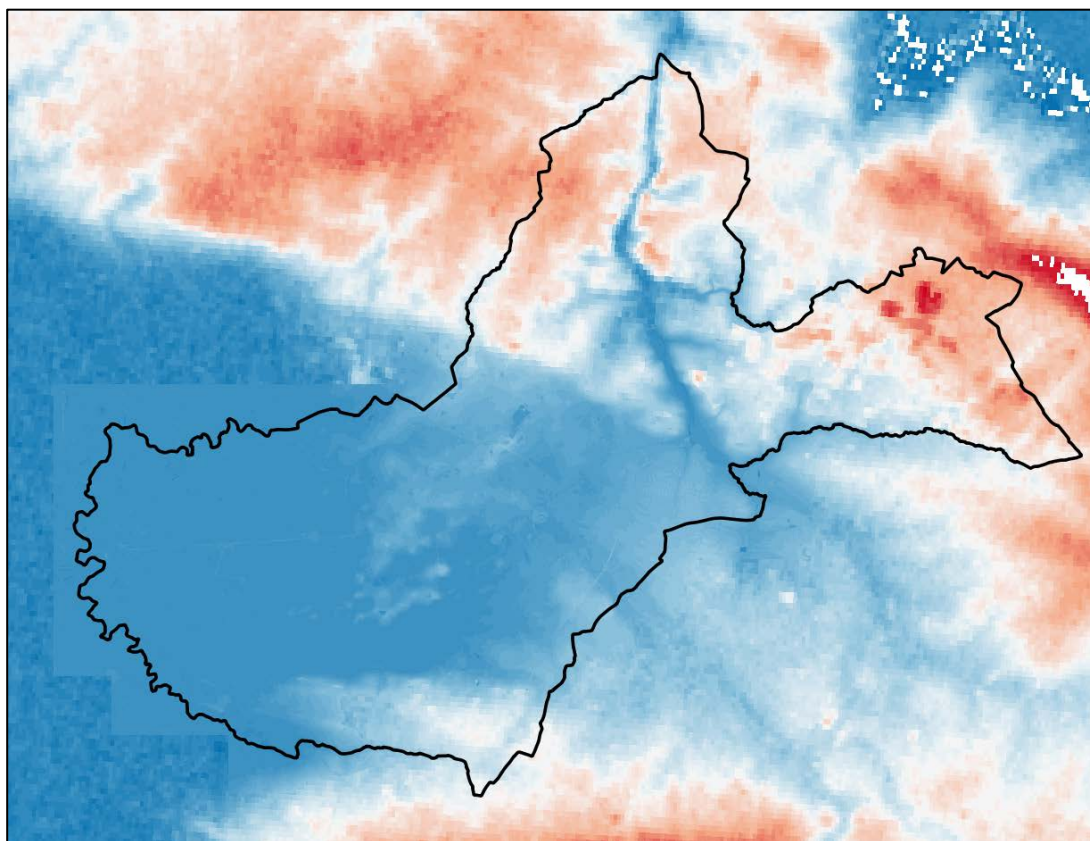


Figure 3 : Topographie sur la commune de Machecoul-Saint-Même (source : ©BD Alti de l'IGN et Litto3D)

3.3. Géologie

L'extrait de la carte géologique au 1/50 000 ème, correspondant à l'emprise de la commune, figure ci-dessous :

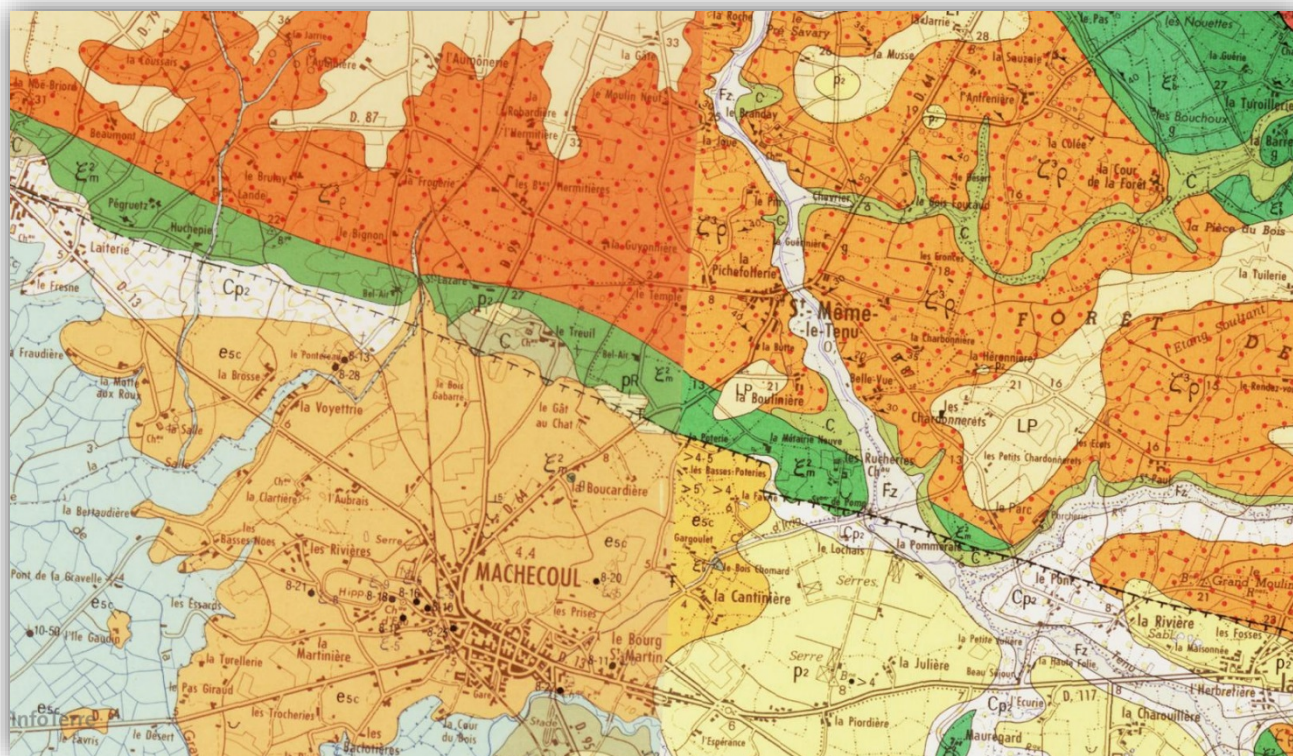


Figure 4 : Carte géologique (source : Infoterre – BRGM)

Le sous-sol de la commune, de type granitique et calcaire, se compose principalement des éléments suivants :



▶ e5c : Lutétien supérieur. Calcaires sableux et dolomitiques à Nummulites



▶ z3p : Rhyolites et méta-arkoses à muscovite ("Porphyroïdes")

3.4. Milieux récepteurs

3.4.1. Réseau hydrographique communal

La commune est parcourue par plusieurs cours d'eau tels que le Falleron ou le Tenu, qui ont des bassins versants de grande taille et donc des apports conséquents. Les deux cours d'eau sont reliés artificiellement par le canal d'irrigation. Le territoire peut être divisé en 2 bassins versants :

- ▶ Le bassin versant du Tenu ;
- ▶ Le bassin versant du bas Falleron.

Un ruisseau est également recensé à l'Ouest du territoire communal :

- ▶ Le loup pendu

3.4.1.1. Bassin versant du Falleron

La surface totale du bassin versant est de 419 km². Il s'étend sur les départements de la Loire Atlantique et la Vendée.

Le principal cours d'eau est le Falleron qui prend sa source à 59 m d'altitude au lieu-dit la Brégeonnée sur la commune de Grand'Landes (85). Après un parcours d'environ 50 km, il se jette dans la baie de Bourgneuf au lieudit le Collet, séparant la Loire Atlantique et la Vendée. Ce fleuve traverse deux paysages totalement différents : le bocage et les marais.

La surface du bassin versant de la partie amont en bocage représente 136 km². Le réseau hydrographique total est d'environ 136,5 km.

Sur la partie aval, la surface de bassin versant est de 283 km², composé 165.5 km² de marais soit 58 % de la surface totale du bassin. Le réseau hydrographique est composé principalement de canaux, avec un maillage relativement dense d'environ 150 ml/ha.

Le Falleron en aval de Machecoul change de faciès. Les différents ouvrages ainsi que la gestion de l'eau lui donnent la configuration d'un canal. Sur la partie aval à hauteur de Bouin, les eaux du Falleron empruntent deux émissaires pour contourner l'île de Bouin et rejoindre la Baie de Bourgneuf : Au nord le Falleron jusqu'au Port du Collet ; Au sud le Dain jusqu'au Port du Bec.

3.4.1.1.1. Les enjeux

- ▶ Un enjeu « Milieux aquatiques » : Après avoir subi des dégradations (reprofilage/recalibrage, non entretien, curage, ...), la qualité des milieux aquatiques des rivières du Marais Breton et la Baie de Bourgneuf est à reconquérir par diverses actions : renaturation, entretien des berges, libre circulation du poisson, ... L'enjeu est d'autant plus important que le marais breton est considéré comme la 3^{ème} zone humide au niveau national.
- ▶ Un enjeu « Eau potable » : 80% de la consommation d'eau provient de 3 réserves d'eau potable extérieures (la nappe alluviale de la Loire, la retenue d'Apremont, la retenue du Jaunay). Les 20 % restants sont produits à partir de trois ressources locales : les étangs du

Gros Caillou et des Gâtineaux, situés à proximité de Pornic, la nappe de Machecoul, la nappe de la Vérie à Challans.

- ▶ Un enjeu « Eau du Golfe du Morbihan » : L'enjeu patrimonial est reconnu internationalement (site RAMSAR). L'estuaire est en outre un secteur à vocations touristique et ostréicole, fortement dépendantes de la qualité de l'eau. L'enjeu quantitatif de la gestion de l'eau dans les marais est de trouver pour chaque saison un niveau d'eau qui permette de satisfaire tous les usages et fonctions du marais.

3.4.1.2. Bassin versant du Tenu

Le bassin versant du Tenu couvre la partie Nord de la commune de Machecoul-Saint-Même. Le Tenu a une longueur de 34,9 km et prend sa source à Touvois, à 39 m d'altitude. Son bassin versant présente une forme allongée et rejoint l'Acheneau entre Port-Saint-Père et Saint-Mars-de-Coutais.

3.4.1.2.1. Les enjeux

Les enjeux du territoire se situent autour de la qualité des eaux et des milieux :

- ▶ Définir les modalités de gestion des milieux humides, en intégrant les impératifs agricoles ;
- ▶ Pérenniser les activités agricoles sur les marais ;
- ▶ Assurer la transparence migratoire des ouvrages ;
- ▶ Surveiller et réduire les phénomènes d'eutrophisation.

3.5. Milieux naturels et espaces protégés

3.5.1. Natura 2000

3.5.1.1. Marais Bretons

Comme l'indique la carte suivante, l'estuaire de la Vilaine est classé comme Site d'Importance Communautaire et intercepte une Zones de Protection Spéciale pour les oiseaux.

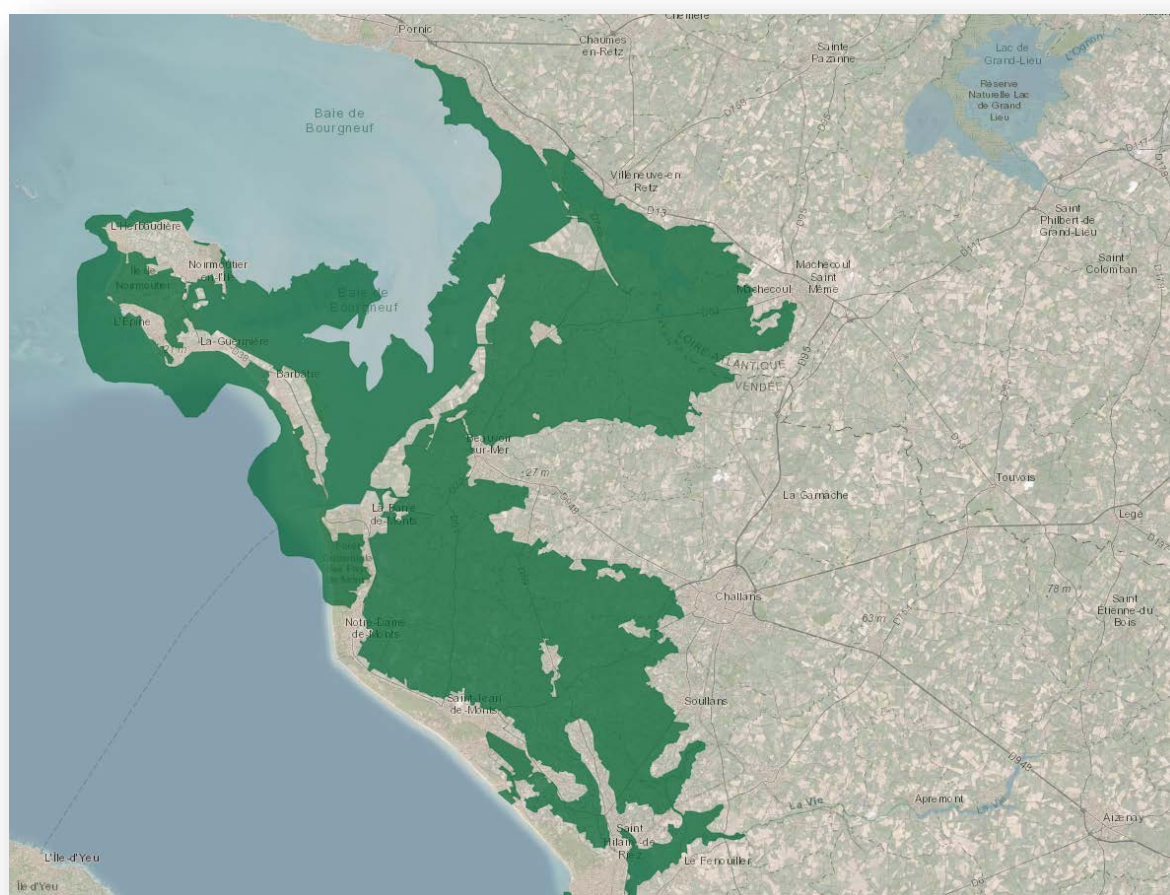


Figure 5 : Localisation su site Natura 2000 « Marais Breton, Baie de Bourgneuf, Île de Noirmoutier et forêt de Monts (source : Natura 2000) »

Site naturel majeur intégré au vaste ensemble de zones humides d'importance internationale de la façade atlantique.

Ces milieux sont les lieux de reproduction, nourrissage et hivernage de nombreuses espèces d'oiseaux d'intérêt communautaire.

Le site est la seule zone de France à accueillir chaque année 7 espèces de limicoles en reproduction, 40 000 anatidés et limicoles en passage ou hivernage.

3.5.1.2. Lac de Grand-Lieu

Comme l'indique la carte suivante, le Lac de Grand Lieu est un Site d'Importance Communautaire. Le tenu est un affluent de l'Acheneau et du lac de Grandlieu.

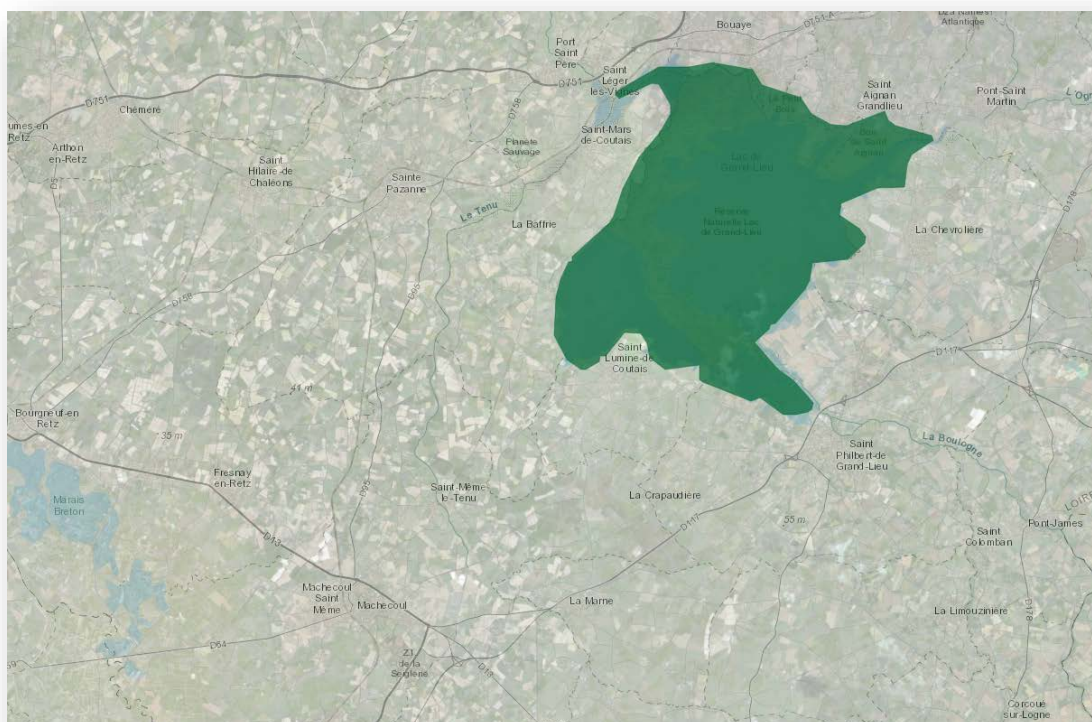


Figure 6 : Localisation du site Natura 2000 « Lac de Grand Lieu » (source : Natura 2000)

Le plus ancien lac naturel français et l'un des plus grands (1er ou 5ème selon la saison). Il possède une physionomie, très particulière en Europe, de lac "tropical" dominé par de la végétation flottante.

C'est une zone humide accueillant régulièrement plus de 20 000 oiseaux d'eau (plus si on inclue les laridés).

3.5.2. Zones Nationales d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique (ZNIEFF)

Les ZNIEFF de type 1 définissent des secteurs de grand intérêt biologique ou écologique.

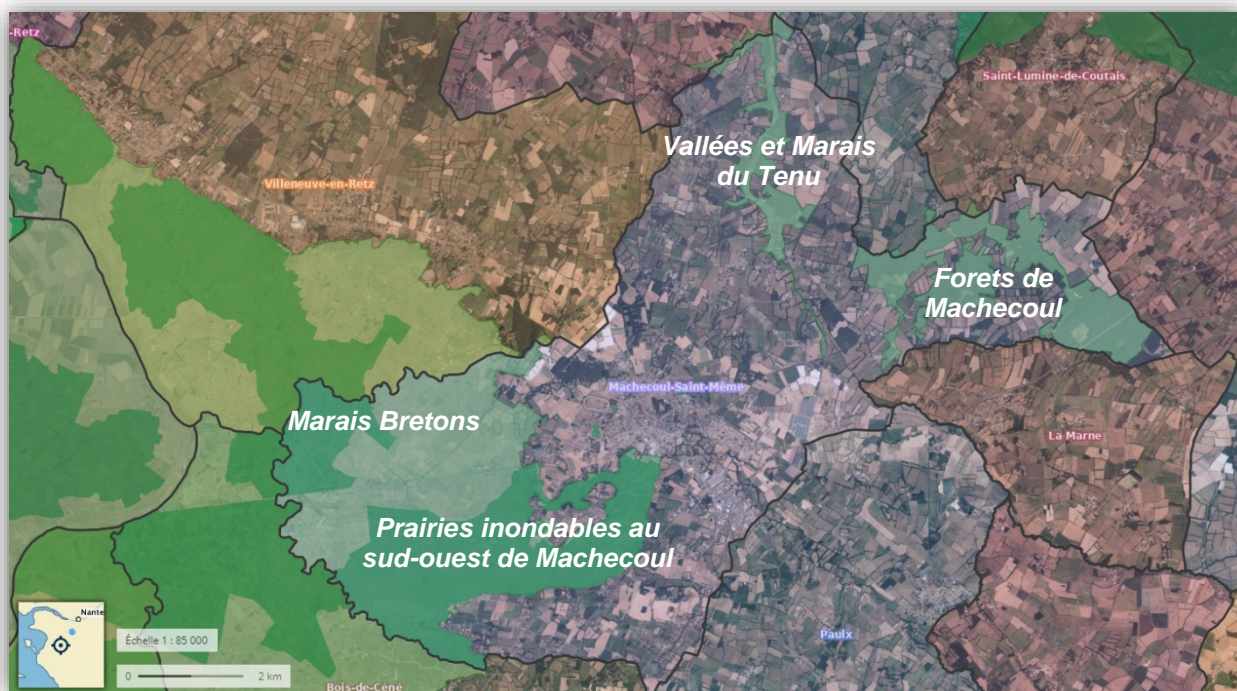
Les ZNIEFF de type 2 concernent de grands ensembles naturels et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.

Remarque : La classification en ZNIEFF est un outil de connaissance qui n'a en lui-même aucune valeur juridique directe. Cependant, la présence d'espèces protégées (faune et/ou flore) rend applicable l'ensemble des dispositions réglementaires visant à leur protection. Ainsi, l'absence de

prise en compte d'une ZNIEFF lors d'une procédure administrative est défavorable à l'aboutissement d'un projet.

Comme le montre la figure suivante, le bourg de Saint-Même est couvert en partie par deux ZNIEFF de type 2 : les « Vallées et Marais du Tenu » et les « Forêts de Machecoul ».

On observe la présence d'une ZNIEFF de Type 1 avec les « Prairies inondables au sud de Machecoul ». Celle-ci fait partie d'une ZNIEFF de Type 2, plus grande : « Les Marais Bretons ».



Dans le bourg de Machecoul, on note également des « Zones calcaires » qui sont des ZNIEFF de type 1.



Figure 7 : ZNIEFF rencontrées sur la commune de Machecoul (Source : Géoportail)

3.5.3. Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)

La réglementation ZICO concerne la protection, la gestion ainsi que l'exploitation des espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage, mais également la protection des œufs, des nids et habitats.

La commune de Machecoul-Saint-Même est concernée par des Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) : les Marais Bretons et la Baie de Bourgneuf sont répertoriés l'ensemble de leur superficie comme ZICO.

4. Contexte réglementaire

4.1. Directive Cadre Européenne

La Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) du 23 Octobre 2000, transposée par la loi n°2004-338 du 21 Avril 2004, fixe des objectifs de résultats en termes de qualité écologique et chimique des eaux pour les états membres.

Ces objectifs sont les suivants :

- ▶ Mettre en œuvre les mesures nécessaires pour prévenir de la détérioration de l'état de toutes les masses d'eau
- ▶ Protéger, améliorer et restaurer toutes les masses d'eau de surface afin de parvenir à un bon état des eaux de surface en 2015
- ▶ Protéger, améliorer et restaurer toutes les masses d'eau artificielles et fortement modifiées en vue d'obtenir un bon potentiel écologique et bon état chimique en 2015
- ▶ Mettre en œuvre les mesures nécessaires afin de réduire progressivement la pollution due aux substances prioritaires et d'arrêter ou de supprimer progressivement les émissions, rejets et pertes de substances dangereuses prioritaires.

Ces objectifs sont définis sur les masses d'eau souterraines comme sur les masses d'eau de surface.

Une masse d'eau de surface constitue « une partie distincte et significative des eaux de surface telles qu'un lac, un réservoir, une rivière, un fleuve ou un canal, une partie de rivière, de fleuve ou de canal, une eau de transition ou une portion d'eaux côtière » (définition DCE 2000/60/CE du 23 Octobre 2000).

A cette notion de « masse d'eau » doit s'appliquer la caractérisation :

- ▶ D'un état du milieu :
 - Etat écologique des eaux de surface (continentales et littorales)
 - Etat chimique des eaux de surface et des eaux souterraines
 - Etat quantitatif des eaux souterraines
- ▶ Des objectifs à atteindre avec des dérogations éventuelles.

Cette caractérisation de l'état des masses d'eau a été réalisée en partie par l'Agence de l'Eau dans le cadre de l'état des lieux du bassin Loire-Bretagne, adopté le 3 Décembre 2004. Elle est cependant affinée dans le cadre de la deuxième étape de la mise en œuvre de la DCE, à savoir la définition du programme d'action, cette deuxième phase étant en cours.

A noter que la mise en place de la DCE constitue la base des nouvelles orientations inscrites dans la révision du SDAGE.

4.2. SDAGE Loire-Bretagne

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne sur la période 2010-2015, institué par la Loi sur l'eau de janvier 1992, visait à atteindre 7 objectifs vitaux parmi lesquels on retiendra les suivants dans le cadre de la présente étude :

- ▶ La sauvegarde et la mise en valeur des milieux humides ;
- ▶ La préservation et la restauration des écosystèmes littoraux ;
- ▶ L'amélioration de la qualité des eaux de surface ;
- ▶ Une meilleure gestion et un retour aux rivières vivantes ;
- ▶ Savoir mieux vivre avec les crues.

Le SDAGE a fait l'objet d'une révision en 2015, pour la période 2016-2021, et a été adopté le 4 novembre 2015.

Le SDAGE 2016-2021 s'inscrit dans la continuité du SDAGE 2010-2015 pour permettre aux acteurs du bassin Loire-Bretagne de poursuivre les efforts et les actions entreprises. Pour atteindre l'objectif fixé de 61 % des eaux en bon état d'ici 2021, il apporte deux modifications de fond :

- ▶ Le rôle des commissions locales de l'eau (CLE) et des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) est renforcé.
- ▶ La nécessaire adaptation au changement climatique est mieux prise en compte : il s'agit de mieux gérer la quantité d'eau et de préserver les milieux et les usages. Priorité est donc donnée aux économies d'eau, à la prévention des pénuries, à la réduction des pertes sur les réseaux, à tout ce qui peut renforcer la résilience des milieux aquatiques.

Autre évolution, le SDAGE s'articule désormais avec d'autres documents de planification encadrés par le droit communautaire :

- ▶ Le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) défini à l'échelle du bassin Loire-Bretagne ;
- ▶ Les plans d'action pour le milieu marin (PAMM) définis à l'échelle des sous-régions marines.

Le SDAGE du bassin Loire-Bretagne préconise en particulier la sauvegarde et la mise en valeur des zones humides comme un objectif vital pour le bassin. Il prévoit que des dispositions seront prises dans le sens de la directive européenne du 21 mai 1992 sur les habitats naturels et se propose de repérer les zones humides, faciliter leur suivi, assurer la cohérence des politiques publiques qui y sont menées, informer et sensibiliser les partenaires locaux concernés et la population.

D'autre part, le SDAGE du bassin Loire-Bretagne préconise également la préservation et la restauration des écosystèmes littoraux afin de reconquérir l'ensemble des usages naturels du littoral :

- ▶ En établissant des indicateurs de qualité littoraux et en mettant en place un véritable suivi du littoral ;
- ▶ **En réduisant de façon drastique la pollution bactériologique au droit de certains usages (baignage, pêche,...), notamment par un traitement adapté des rejets de stations d'épuration ;**
- ▶ **En agissant fortement au niveau de bassins versants prioritaires pour y réduire les apports de nutriments (notamment d'azote), générateurs des phénomènes d'eutrophisation marine ;**

- ▶ En imposant dans les projets d'aménagements littoraux une prise en compte accrue de la pollution aquatique.

Il préconise aussi l'amélioration de la qualité des eaux de surface en poursuivant l'effort de réduction des flux polluants rejetés.

Parmi les préconisations formulées, les points suivants concernent directement les rejets d'eaux pluviales et les préconisations liées à l'urbanisme (zonage) :

« 3D-1 - Prévenir le ruissellement et la pollution des eaux pluviales dans le cadre des aménagements

Les collectivités réalisent, en application de l'article L.2224-10 du code général des collectivités territoriales, **un zonage pluvial** dans les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement. Ce plan de zonage pluvial offre une vision globale des aménagements liés aux eaux pluviales, prenant en compte les prévisions de développement urbain et industriel.

Les projets d'aménagement ou de réaménagement urbain devront autant que possible :

- ▶ Limiter l'imperméabilisation des sols ;
- ▶ Privilégier l'infiltration lorsqu'elle est possible ;
- ▶ Favoriser le piégeage des eaux pluviales à la parcelle ;
- ▶ Faire appel aux techniques alternatives au « tout tuyau » (noues enherbées, chaussées drainantes, bassins d'infiltration, toitures végétalisées...) ;
- ▶ Mettre en place les ouvrages de dépollution si nécessaire ;
- ▶ Réutiliser les eaux de ruissellement pour certaines activités domestiques ou industrielles.

Il est fortement recommandé de retranscrire les prescriptions du zonage pluvial dans le PLU, conformément à l'article L.123-1-5 du code de l'urbanisme, en compatibilité avec le SCoT lorsqu'il existe.

3D-2 - Réduire les rejets d'eaux de ruissellement dans les réseaux d'eaux pluviales

Le rejet des eaux de ruissellement résiduelles dans les réseaux séparatifs eaux pluviales puis dans le milieu naturel sera opéré dans le respect des débits acceptables par ces derniers et de manière à ne pas aggraver les écoulements naturels avant aménagement.

Dans cet objectif, les SCoT ou, en l'absence de SCoT, les PLU et cartes communales comportent des prescriptions permettant de limiter cette problématique. A ce titre, il est fortement recommandé que les SCoT mentionnent des dispositions exigeant, d'une part des PLU qu'ils comportent des mesures relatives à l'imperméabilisation et aux rejets à un débit de fuite limité appliquées aux constructions nouvelles et aux seules extensions des constructions existantes, et d'autre part des cartes communales qu'elles prennent en compte cette problématique dans le droit à construire. En l'absence de SCoT, il est fortement recommandé aux PLU et aux cartes communales de comporter des mesures respectivement de même nature. **À défaut d'une étude spécifique précisant la valeur de ce débit de fuite, le débit de fuite maximal sera de 3 l/s/ha pour une pluie décennale.**

3D-3 - Traiter la pollution des rejets d'eaux pluviales

Les autorisations portant sur de nouveaux ouvrages permanents ou temporaires de rejet d'eaux pluviales dans le milieu naturel, ou sur des ouvrages existants faisant l'objet d'une modification notable, prescrivent les points suivants :

- ▶ Les eaux pluviales ayant ruisselé sur une surface potentiellement polluée par des macropolluants ou des micropolluants sont des effluents à part entière et doivent subir les étapes de dépollution adaptées aux types de polluants concernés. Elles devront subir à **minima une décantation avant rejet** ;
- ▶ Les rejets d'eaux pluviales sont interdits dans les puits d'injection, puisards en lien direct avec la nappe ;
- ▶ La réalisation de bassins d'infiltration avec lit de sable sera privilégiée par rapport à celle de puits d'infiltration. »

Le Schéma d'Aménagement et Gestion des Eaux (SAGE) constitue la stratégie locale et collective d'aménagement et de gestion équilibrée de la ressource en eau à l'échelle d'un bassin versant.

La commune de Machecoul-Saint-Même voit son territoire inclus partiellement dans le périmètre de deux SAGE :

- ▶ SAGE « Marais Breton et bassin versant de la baie de Bourgneuf »
- ▶ SAGE « Estuaire de la Loire »

4.3. SAGE « Estuaire de la Loire »

Le SAGE de l'Estuaire de la Loire, approuvé par arrêté préfectoral le 9 septembre 2009. Il a fait l'objet d'une révision en 2015. Le nouveau SAGE « Estuaire de Loire » a été adopté le 4 novembre 2015. La structure porteuse de ce SAGE est le Syndicat Loire Aval (SYLOA).

Le périmètre du SAGE « Estuaire de la Loire », comme le demande le SDAGE « Loire-Bretagne », est constitué de l'intégralité du bassin versant aval de la Loire. La surface totale de ce périmètre est de 3855 km² (dont 17.2% de zones humides) et s'étend sur 162 communes.

Ce SAGE reprend les objectifs majeurs fixés par la CLE en 2009 à savoir :

- ▶ Cohérence et organisations ;
- ▶ Qualité des milieux ;
- ▶ La prévention des inondations ;
- ▶ Gestion quantitative de la ressource ;
- ▶ Qualité des eaux

Le but de la révision était de renforcer les thématiques identifiées en 2009 et d'en dégager de nouvelles, en cohérence avec la révision du SDAGE :

Nouvelles thématiques :

- ▶ Changement climatique ;
- ▶ L'estuaire et le littoral

Thématiques renforcées :

- ▶ Les têtes de bassin versant ;
- ▶ Les espaces de mobilités ;
- ▶ La continuité écologique au travers de la définition du taux d'étagement et / ou de fractionnement ;
- ▶ Les pesticides : thématique renforcée ajoutée suite aux échanges des commissions territoriales et thématiques menées lors de l'élaboration du diagnostic

Le **SAGE Estuaire de la Loire élaboré en 2009** stipule :

« Article 11 – Règles concernant les incidences de projets d'aménagement sur le risque inondation et l'atteinte du bon état écologique (en lien avec les dispositions I 5, I 6, I 10, QM 14 et QM 15 du PAGD)

Dans les secteurs où le risque inondation est particulièrement avéré ou connaissant régulièrement des désordres hydrauliques et en particulier dans les bassins versants de l'Erdre amont et de l'ensemble Brivet - Brière, les nouveaux projets ne pourront conduire à la réalisation :

- ▶ d'aménagements provoquant une réduction des zones naturelles d'expansion de crues ;
- ▶ d'opérations, travaux, etc. sur les lits mineurs et majeurs qui auraient pour conséquence :
 - d'augmenter la vitesse d'écoulement ;
 - de réduire le temps de concentration.

Cet article est notamment applicable aux projets, aménagements, installations ... visés aux articles L.214-1 et L.511-1 du code de l'environnement.

NB : cet article permet de prendre en compte la contribution des méandres, la capacité de stockage des lits mineurs et majeurs des cours d'eau au ralentissement et à la diminution des pointes de crues. Ces aspects devront être pris en compte lors de la réalisation des diagnostics et travaux prévus au PAGD (QM 14 et QM 15). »

« Article 12 – Règles spécifiques concernant la gestion des eaux pluviales (en lien avec les dispositions QE 7 et I 12 du PAGD)

Les aménagements, projets, etc. visés aux articles L.214-1 et L.511-1 du code de l'environnement auront pour objectif de respecter un **débit de fuite de 3 l/s/ha pour une pluie d'occurrence décennale**.

En aucun cas ce débit de fuite ne pourra être supérieur à 5 l/s/ha.

Dans les secteurs où le risque inondation est particulièrement avéré (secteur où un PPRI est prescrit, zones où l'on possède une vision historique d'épisodes de crues importantes), les projets visés aux articles sus cités devront être dimensionnés sur une **pluie d'occurrence centennale**.

Enfin, tout nouveau projet d'aménagement (également visés aux articles sus cités) devra satisfaire aux objectifs de gestion des eaux pluviales à l'échelle du bassin versant si ces derniers ont été définis en application de la **recommandation CO 3 du PAGD** (Discussion entre les collectivités sur les enjeux propres à chaque bassin versant). »

« PAGD - Disposition I 12 : Schémas directeurs de gestion et de régulation des eaux pluviales

La CLE demande que les communes urbaines réalisent un schéma directeur de gestion des eaux pluviales.

Dans un objectif d'amélioration de la gestion des eaux pluviales ces schémas comprendront :

- ▶ des règles de régulation prenant en compte les prescriptions des MISE de la région des Pays de la Loire. Pour une pluie d'occurrence décennale, un débit de fuite de 3 l/s/ha sera recherché ; il ne pourra en aucun cas être supérieur à 5 l/s/ha ;
- ▶ **un bilan du fonctionnement et des règles d'entretien des réseaux existants ;**
- ▶ **une planification des travaux de régulation et de traitement des zones déjà urbanisées** pour répondre aux règles de régulation des eaux pluviales. Ces travaux seront réalisés à l'occasion de réfections de voiries, réaménagement des centres bourgs, extensions,

etc.). Ils pourront avoir pour objectif de « dés-imperméabiliser » certaines zones, de faciliter / privilégier l'infiltration naturelle, etc. ;

► **les éléments nécessaires à l'appréhension de la régulation des eaux pluviales à l'échelle du bassin versant** (voir CO3) ;

► **sur le plan qualitatif :**

- **des dispositifs de traitements adaptés** en fonction des risques liés à l'occupation des sols et des enjeux (conchyliculture, baignade, alimentation en eau, écosystèmes) ;
- **des programmes d'entretien régulier.**

... »

« PAGD – Disposition I 14 : Utilisation de techniques alternatives pour la régulation des eaux pluviales

*La CLE invite les communes, les EPCI et les autres maîtres d'ouvrages compétents en matière de gestion des eaux pluviales à **recourir aux techniques alternatives à la gestion des eaux pluviales.***

Dans le cadre de sa fonction « centre de ressources », la cellule d'animation apportera une information sur les techniques alternatives, les techniques de « dés-imperméabilisation », les retours d'expérience, et organisera des journées d'information à destination des communes, EPCI, etc. »

Le SAGE comporte également un ensemble de dispositions et recommandations relatives à la protection et à la préservation des cours d'eau et des zones humides (QM1 à QM27). Ces éléments devront être pleinement pris en compte dans l'étude.

Le schéma directeur et le zonage pluvial devront être compatibles avec le PAGD, et conformes au règlement du SAGE.

Le tableau suivant résume la mise à niveau des dispositions propre aux inondations :

Dispositions	Moyens prioritaires définis	Niveau de mise en œuvre ²⁵
Prévenir les risques d'inondation par une meilleure connaissance de l'aléa	<u>Loire de Nantes au Pellerin</u> I 1 : modélisation du fonctionnement de la Loire	
	I 2 : mise en œuvre de l'arrêté de prescription du plan de prévention du risque d'inondation signé le 5 juillet 2007	
	<u>L'estuaire aval de la Loire et la façade maritime</u> I 3 : étude de l'influence de la marée sur les inondations/submersions	
	<u>Le bassin versant de l'Erdre</u> I 4 : amélioration de la connaissance – volet quantitatif	
	I 5 : limiter l'urbanisation (associé aux articles 11 et 12 du règlement)	
	I 6 : « Renaturation » des cours d'eau (associé à l'article 11 du règlement)	
	I 7 : amélioration de la connaissance - champs d'expansion des crues	
	Diminuer les risques en réduisant la vulnérabilité des secteurs impactés	I 8 : réalisation et prise en compte de schémas d'aménagement de l'espace (associé à l'article 10 du règlement)
<u>Le bassin versant du Brivet</u> I 9 : partage de la connaissance		
I 10 : gestion du risque - rôle de l'hydraulique (associé aux articles 11 et 4 du règlement)		
<u>Cours d'eau et eaux pluviales en zones urbaines</u> I 11 : amélioration de la connaissance		
I 12 : schémas directeurs de gestion et de régulation des eaux pluviales (associé à l'article 10 du règlement)		
I 13 : Schémas directeurs de gestion et de régulation des eaux pluviales et documents d'urbanisme		
I 14 : utilisation de techniques alternatives pour la régulation des eaux pluviales		
<u>Sur tous les secteurs cités</u> I 15 : réduire la vulnérabilité		
I 16 : culture du risque		

²⁵ Un code couleur est attribué selon le degré de mise en œuvre des actions :

Réalisé / Finalisé	En cours / Réalisé partiellement / ou Mesure s'inscrivant dans la durée	Non-réalisé
--------------------	--	-------------

Tableau 3: Niveau de mise en œuvre des moyens propres aux inondations prioritaires de 2009

Suite au diagnostic et à l'avancement des mesures du SAGE de 2009, la révision met en avant plusieurs orientations et dispositions :

- ▶ **Orientation 1B** : [...] Il convient donc de préserver les capacités d'écoulement des crues ainsi que les zones d'expansion des crues et des submersions marines.
- ▶ **Disposition 14B-4** : Les SAGE concernés par un enjeu inondation, par les cours d'eau ou par submersion marine, pour l'habitat ou les activités, comportent un volet « culture du risque d'inondation » qui permet à la population vivant dans le bassin hydrographique (particuliers et entreprises) de prendre connaissance de l'information existante :

- sur l'exposition des territoires au risque d'inondation [...];
- sur les pratiques identifiées sur le bassin pouvant conduire à une aggravation notable du risque, et les mesures pour y remédier ;
- sur les mesures et outils de gestion du risque mis en œuvre par l'État et les collectivités sur le territoire [...];
- sur les mesures individuelles pouvant être prises par les particuliers ou par les entreprises [...].

4.4. SAGE « Marais Breton et bassin versant de la Baie de Bourgneuf »

Le SAGE « Marais Breton et bassin versant de la Baie de Bourgneuf » a fait l'objet d'une révision qui a été adoptée le 3 février 2014. L'association pour le développement du bassin versant de la Baie de Bourgneuf est porteur du SAGE, de son suivi et de la coordination.

Son périmètre s'étend sur 36 communes incluses totalement ou partiellement dans le bassin versant de la Baie de Bourgneuf. Il s'étend sur 975 km² dont 350 km² de marais.

Le SAGE s'articule autour de 4 enjeux principaux :

- ▶ L'approvisionnement en eau potable ;
- ▶ La préservation et l'amélioration de la qualité des eaux douces et salées ;
- ▶ La gestion et la préservation des milieux aquatiques ;
- ▶ La gestion quantitative de l'eau

Le PAGD du SAGE définit des dispositions concernant la gestion des eaux pluviales :

Disposition 19 - Améliorer la gestion des eaux pluviales en zone urbaine

En vue de maîtriser l'impact des eaux pluviales urbaines, un zonage pluvial est élaboré ou renouvelé de manière concomitante avec la révision des documents d'urbanisme, afin d'associer dans le règlement d'urbanisme un certain nombre de mesures pouvant prévoir :

- ▶ une limitation de l'imperméabilisation des sols, la maîtrise du ruissellement et des débits de fuite pour une pluie d'occurrence décennale, ainsi que la gestion à la parcelle des eaux pluviales,
- ▶ des mesures de compensation par infiltration,
- ▶ de privilégier la mise en place de techniques alternatives aux bassins de rétention, lorsque cela est techniquement possible,
- ▶ des emplacements réservés pour les ouvrages publics, les installations d'intérêt général et les espaces verts pouvant contribuer à la gestion des eaux pluviales,
- ▶ d'imposer la gestion des eaux pluviales dans le cahier des charges de tous les nouveaux projets d'aménagement ou de lotissement.

Dans un délai de 4 ans à compter de la publication de l'arrêté d'approbation du SAGE, les collectivités territoriales compétentes sont invitées à élaborer un schéma directeur des eaux pluviales, intégrant les éléments nécessaires à l'appréhension de la régulation des eaux pluviales à l'échelle du bassin versant. Les collectivités disposant déjà d'un schéma directeur de gestion des eaux pluviales ou d'un zonage pluvial sont invitées à les réviser tous les 10 ans. Les dossiers d'incidences des projets d'aménagement comportent un volet de l'estimation des flux de pollution générée, des abattements que permettent les ouvrages, le flux de pollution réellement rejeté au milieu et le gain apporté par les ouvrages.

Disposition 20 - Caractériser, inventorier et préserver les fonctions hydrauliques du bocage

Certains éléments bocagers répondent aux objectifs de réduction de l'impact du ruissellement des eaux lors des périodes orageuses et lors des périodes de crues. Les communes ou leurs groupements, en partenariat avec les chambres d'agriculture, le Conseil général et le Conseil régional qui portent des actions de restauration, inventorier sur la base des inventaires ou des études existantes, les éléments bocagers ayant un rôle hydraulique avéré (haies, talus, ...). Ces inventaires sont réalisés en s'appuyant sur un cahier des charges, élaboré en concertation avec les acteurs locaux et validé par la Commission Locale de l'Eau dans un délai de 2 ans à compter de la publication de l'arrêté d'approbation du SAGE.

Lors de leur élaboration ou de leur révision, les SCoT et/ou les PLU intègrent dans leur rapport de présentation les éléments bocagers ayant un rôle hydraulique avéré et adoptent des orientations d'aménagement, un classement et des règles permettant de répondre à un objectif de protection.

A partir de ces inventaires, un programme d'actions de restauration du bocage peut être mis en place par les gestionnaires d'espace (plantation de haies et bosquets, restauration de haies, création de talus, etc.).

4.5. SCoT du Pays de Retz

Le SCOT du Pays de Retz émet des prescriptions et préconisations incitant à : gérer l'eau pluviale à la parcelle, dépolluer les eaux de ruissellement dans les zones sensibles, ne pas saturer les réseaux d'assainissement, réduire les risques d'inondation, limiter le débit des eaux de ruissellement, ainsi que d'autres préconisations.

5. Situation actuelle en matière d'assainissement pluvial

5.1. Réseaux d'eaux pluviales

La commune de Machecoul-Saint-Même est équipée d'un réseau d'assainissement séparatif.

Le réseau d'eaux pluviales a fait l'objet d'une reconnaissance exhaustive et de levés topographiques au cours des années 2018 et 2019. Ces levés ont été réalisés en altitude normale (IGN 69) et dans le système de projection Lambert 93 pour le positionnement en X, Y.

Cette reconnaissance a abouti à l'établissement d'un plan exhaustif des réseaux d'eaux pluviales, présenté en [Annexe 4 - Plan des réseaux d'eaux pluviales](#).

Une base de données complète sur les réseaux est également disponible au format « Shape ».

Le réseau d'eaux pluviales de la commune est principalement équipé de collecteurs circulaires (68,86%), d'un diamètre variable de Ø150 à Ø1000, et de fossés (30,66%).

Type de collecteur	Linéaire inventorié (m)	Pourcentage
Canalisations circulaires	45477	68.86%
Autres canalisations (Cadre, Arche...)	319	0.48%
Fossés	20246	30.66%
Total	66042	

Tableau 4 : Répartition du linéaire de réseau par type de réseau

Matériau du collecteur	Linéaire inventorié (m)	Pourcentage
Béton	33537	78.05%
PEHD	322	0.75%
PVC	8928	20.78%
PRV	26	0.06%
Fonte	140	0.33%
Amiante ciment	18	0.04%

Tableau 5 : Répartition du linéaire de conduites reconnu par matériau

Diamètre du collecteur (mm)	Linéaire inventorié (m)	Pourcentage
Inférieur ou égal à 180 mm	1616	3.62%
200	2597	5.82%
230	201	0.45%
250	958	2.15%
300	16866	37.81%
350	225	0.50%
400	10467	23.46%
500	3784	8.48%
600	3649	8.18%
800	3188	7.15%
900	0	0.00%
1000	1059	2.37%

Tableau 6 : Répartition du linéaire de conduites circulaires reconnues par diamètre

Le réseau d'eaux pluviales de Machecoul-Saint-Même s'étend sur environ 66 kms de conduites et fossés, dont près de 45,5 kms de canalisations. Il compte 1724 regards (dont regards borgnes), entrées ou sorties de busages et exutoires.

Il est majoritairement composé de conduites en béton (78.05%) et PVC (20,78%). Quelques portions sont en PEHD ou en PRV. On recense aussi 140 m de canalisation en fonte et 18 m en amiante ciment.

Le diamètre majoritaire des canalisations est Ø300 (37,81%), 49,65% des conduites circulaires étant caractérisées par des grandes sections (≥ 400 mm).

A noter que l'Instruction Technique 1977 (IT77) préconise, pour les réseaux d'eaux pluviales, un diamètre minimum des conduites de 300 mm. Les canalisations de diamètre inférieur à 300 mm, sur la commune de Machecoul-Saint-Même, représentent 12% du linéaire de réseaux, ce qui constitue une part non négligeable du linéaire total inspecté.

5.2. Les problèmes connus

Lors des investigations de terrain, un recensement des principaux problèmes a été effectué. Il en ressort les dysfonctionnements suivants :

Localisation	Type de débordement
La Joue	Débordements réguliers
La Bigotterie	Problèmes de collecte des eaux pluviales et d'entretien de fossés
Rue de Merlin l'enchanteur	Problèmes de collecte des eaux pluviales
Les rivières	Problématique de crue
Bd des moulins - Bd du cheateau d'eau	Problèmes de collecte des eaux pluviales
Rue des Bancs	Problématique de crue
Bd du Canal	Débordements lors de crues du Falleron
Le Mottais	Problème d'évacuation de fossés
Rue du Bourg Saint Martin	Problème de crue normalement solutionné par l'ajout de clapets
Place du Champ de Foire	Débordements
Rue Sainte Croix - Rue Saint Nicolas	Débordements
La Gare	Débordements réguliers du réseau et problématique de crue
Rue Marcel Brunelière - Boulevard Gilles de Retz	Problèmes de débordements
La Cailletèle	Débordements sur tout le secteur. Problème d'insuffisance du réseau
Route de la Forêt	Débordements fréquents
La Cantinière	Problèmes de débordements
La Gate	Débordements du réseau
Saint-Même-Le-Tenu	Problématique de crue et débordements du réseau
Rue du Littoral - Rue des Embruns - Rue des Alizés	Problèmes de collecte des eaux pluviales

Tableau 7: Dysfonctionnements connus par la commune

Une attention particulière a été portée à ces secteurs. Ces dysfonctionnements peuvent être des problèmes majeurs comme mineurs dont le seul risque est la coupure d'axes routiers secondaires.

5.3. Anomalies constatées lors des reconnaissances

Le tableau ci-dessous résume les diverses anomalies observées lors des reconnaissances de terrain effectuées par nos soins. Elles sont reportées sur la carte présentée en [Annexe 1 – Anomalies observées lors des reconnaissances](#).

Identifiant	Type de défaut	Identifiant	Type de défaut	Identifiant	Type de défaut	Identifiant	Type de défaut
496	Eau stagnante (200 cm)	860	Non ouvrable	1511	Non ouvrable	1542	Non ouvrable
1643	Dépôts (15 cm)	888	Non ouvrable	1385	Non ouvrable	1556	Non ouvrable
213	Non ouvrable	69	Non ouvrable	34	Rejet non conforme	1803	Dépôts (8 cm)
205	Non ouvrable	1793	Dépôts (5 cm)	300	Non ouvrable	722	Non ouvrable
331	Obstacle	1791	Dépôts (10 cm)	1641	Non ouvrable	760	Dépôts (15 cm)
1126	Non ouvrable	851	Non ouvrable	1669	Dépôts (30 cm)	1670	Rejet non conforme
737	Eau stagnante (10 cm)	1789	Dépôts (5 cm)	1561	Dépôts (20 cm)	1686	Dépôts (10 cm)
370	Reduction de diametre	1746	Non ouvrable	1600	Dépôts (3 cm)	1689	Dépôts (15 cm)
794	Dépôts (10 cm)	1730	Non ouvrable	1642	Dépôts (40 cm)	1695	Dépôts (10 cm)
1801	Dépôts (10 cm)	1760	Non ouvrable	1596	Dépôts (15 cm)	1651	Rejet non conforme
246	Non ouvrable	842	Eau stagnante (10 cm)	1687	Dépôts (40 cm)	1532	Non ouvrable
240	Non ouvrable	839	Non ouvrable	1591	Dépôts (2 cm)	831	Non ouvrable
188	Non ouvrable	833	Non ouvrable	1690	Dépôts (40 cm)	466	Eau stagnante (11 cm)
170	Non ouvrable	1415	Non ouvrable	1622	Dépôts (5 cm)	735	Eau stagnante (2 cm)
162	Non ouvrable	1394	Non ouvrable	1615	Dépôts (5 cm)	430	Reduction de diametre
1755	Rejet non conforme	1618	Dépôts (20 cm)	1644	Non ouvrable	460	Eau stagnante (5 cm)
244	Non ouvrable	1202	Non ouvrable	1639	Dépôts (10 cm)	1613	Dépôts (10 cm)
1774	Non ouvrable	1360	Dépôts (5 cm)	1693	Dépôts (20 cm)	1260	Sous enrobe/Recouvert
1707	Dépôts (10 cm)	1175	Non ouvrable	1655	Dépôts (10 cm)	1267	Non ouvrable
252	Sous enrobe/Recouvert	1777	Dépôts (10 cm)	1634	Dépôts (10 cm)	1285	Non ouvrable
238	Dépôts (15 cm)	1205	Non ouvrable	1592	Dépôts (30 cm)	1516	Non ouvrable
218	Non ouvrable	1544	Non ouvrable	1580	Dépôts (20 cm)	1159	Non ouvrable
243	Dépôts (20 cm)	1254	Dépôts (10 cm)	1000	Non ouvrable	109	Dépôts (10 cm)
281	Non ouvrable	1713	Non ouvrable	1623	Dépôts (10 cm)	1807	Eau stagnante (10 cm)
271	Non ouvrable	1773	Eau stagnante (10 cm)	1629	Eau stagnante (15 cm)	43	Non ouvrable
261	Non ouvrable	1586	Non ouvrable	1143	Non ouvrable	835	Dépôts (5 cm)
199	Eau stagnante (5 cm)	1534	Non ouvrable	1151	Non ouvrable	832	Dépôts (10 cm)
127	Dépôts (30 cm)	1140	Dépôts (5 cm)	843	Dépôts (15 cm)	207	Eau stagnante (10 cm)
135	Non ouvrable	1198	Non ouvrable	8	Non ouvrable	1749	Rejet non conforme
128	Non ouvrable	1139	Dépôts (5 cm)	11	Sous enrobe/Recouvert	1117	Non ouvrable
120	Eau stagnante (10 cm)	1605	Dépôts (5 cm)	15	Sous enrobe/Recouvert	492	Reduction de diametre
1087	Eau stagnante (20 cm)	1012	Non ouvrable	1142	Sous enrobe/Recouvert	532	Dépôts (10 cm)
902	Non ouvrable	131	Obstacle	1114	Non ouvrable	485	Reduction de diametre
44	Eau stagnante (10 cm)	138	Dépôts (5 cm)	2	Eau stagnante (30 cm)	332	Dépôts (0 cm)
45	Eau stagnante (20 cm)	232	Dépôts (15 cm)	1135	Sous enrobe/Recouvert	477	Dépôts (10 cm)
13	Non ouvrable	267	Non ouvrable	1560	Non ouvrable	746	Eau stagnante (5 cm)
24	Eau stagnante (10 cm)	286	Non ouvrable	1805	Dépôts (4 cm)	143	Eau stagnante (5 cm)
46	Non ouvrable	92	Dépôts (5 cm)	1769	Dépôts (10 cm)	132	Non ouvrable
944	Non ouvrable	247	Non ouvrable	1351	Dépôts (5 cm)	1749	Rejet non conforme
907	Non ouvrable	233	Dépôts (15 cm)	1765	Dépôts (10 cm)	1117	Non ouvrable
896	Non ouvrable	290	Non ouvrable	1563	Non ouvrable	1302	Dépôts (5 cm)
84	Non ouvrable	305	Non ouvrable	1800	Dépôts (5 cm)	1298	Dépôts (5 cm)
132	Non ouvrable	746	Eau stagnante (5 cm)	332	Dépôts (5 cm)	492	Reduction de diametre
455	Dépôts (5 cm)	143	Eau stagnante (10 cm)	477	Dépôts (10 cm)	532	Dépôts (10 cm)
485	Reduction de diametre						

Tableau 8 : Anomalies recensées lors des reconnaissances de réseau

5.4. Bassins versants et exutoires

Les sous-bassins versants associés à chaque exutoire sont représentés par secteur sur les cartes fournies en [Annexe 2- Bassins versants \(BV\) par exutoire](#).

Le tableau ci-après présente les caractéristiques des exutoires et des bassins versants. L'imperméabilisation moyenne sur la commune de Machecoul-Saint-Même est de 37%.

Exutoire	Milieu récepteur	Superficie (ha)	Coefficient d'imperméabilisation	Surface imperméabilisée (ha)
Ex_3	Le Tenu	2.25	30%	0.68
Ex_9	Le Tenu	1.06	27%	0.29
Ex_38	Le Tenu	3.48	29%	1.01
Ex_70	Le Tenu	16.72	19%	3.12
Ex_115	Le Tenu	5.76	28%	1.63
Ex_116	Le Tenu	2.07	10%	0.21
Ex_165	Le Tenu	8.56	32%	2.78
Ex_209	Le Tenu	12	26%	3.11
Ex_224	Le Tenu	11.89	26%	3.13
Ex_237	Le Tenu	4.12	36%	1.5
Ex_253	Le Tenu	1.04	30%	0.31
Ex_256	Le Tenu	2.29	32%	0.74
Ex_265	Le Tenu	2.77	20%	0.56
Ex_272	Le Tenu	1.75	38%	0.67
Ex_304	Le Tenu	3.38	28%	0.93
Ex_311	Le Tenu	1.91	20%	0.39
Ex_312	Le Tenu	1.21	25%	0.3
Ex_7008	Le Tenu	2.04	33%	0.67
Ex_313	Le Falleron	4.81	9%	0.41
Ex_328	Le Falleron	10.15	29%	2.94
Ex_412	Le Falleron	144.88	17%	25.26
Ex_457	Le Falleron	30.19	25%	7.63
Ex_618	Le Falleron	2.06	30%	0.62
Ex_626	Le Falleron	1.33	26%	0.34
Ex_638	Le Falleron	1.32	36%	0.48
Ex_660	Le Falleron	3.45	25%	0.85
Ex_675	Le Falleron	45.3	45%	20.25
Ex_752	Le Falleron	11.13	56%	6.27
Ex_757	Le Falleron	1.15	40%	0.46
Ex_796	Le Falleron	30.3	45%	13.53
Ex_850	Le Falleron	1.33	33%	0.44
Ex_882	Le Falleron	1.03	35%	0.36

Ex_924	Le Falleron	1.88	54%	1.02
Ex_980	Le Falleron	1.96	31%	0.61
Ex_1105	Le Falleron	1.95	42%	0.82
Ex_5000	Le Falleron	7.71	34%	2.62
Ex_1145	Le Falleron	0.65	80%	0.52
Ex_1225	Le Falleron	10.15	41%	4.12
Ex_1232	Le Falleron	30.56	34%	10.47
Ex_1252	Le Falleron	3.04	75%	2.28
Ex_1270	Le Falleron	22.74	47%	10.78
Ex_1289	Le Falleron	14.27	39%	5.54
Ex_1341	Le Falleron	15.18	68%	10.37
Ex_1358	Le Falleron	8.07	33%	2.69
Ex_1409	Le Falleron	0.58	40%	0.23
Ex_1416	Le Falleron	0.68	29%	0.2
Ex_1480	Le Falleron	5.15	26%	1.36
Ex_1495	Le Falleron	7.22	28%	2.03
Ex_1518	Le Falleron	33.7	59%	19.94
Ex_1536	Le Falleron	13.103	69%	9.094
Ex_1538	Le Falleron	5.56	65%	3.63
Ex_2036	Le Falleron	8.92	51%	4.52
Ex_1743	Le Falleron	1.91	32%	0.61
Ex_1771	Le Falleron	1.54	21%	0.33
Ex_1778	Le Falleron	7.38	60%	4.41
Ex_1786	Le Falleron	1.85	26%	0.49
Ex_1787	Le Falleron	0.58	26%	0.15
Ex_2000	Le Falleron	1.23	37%	0.45
Ex_2001	Le Falleron	7.416	40%	3
Ex_2002	Le Falleron	1.14	46%	0.52
Ex_2005	Le Falleron	2.24	35%	0.79
Ex_2007	Le Falleron	4.59	55%	2.54
Ex_2010	Le Falleron	5.94	65%	3.84
Ex_7500	Le Falleron	11.117	23%	2.536

Tableau 9 : Caractéristiques des bassins versants associés à chaque exutoire

5.5. Mesures compensatoires existantes

Au total de 16 bassins de régulation ont été recensés sur le territoire communal de Machecoul-Saint-Même pour lesquels une reconnaissance a été effectuée.

Les ouvrages concernés sont les suivants :

- ▶ BR 1 : Rue Olivine
- ▶ BR 2 : Rue du Littoral
- ▶ BR 5 : Rue de Merlin l'enchanteur
- ▶ BR 6 : Allée de la Cavalière de Richebourg
- ▶ BR 7 : Rue de la Sellerie
- ▶ BR 8 : Allée du domaine de la Grange
- ▶ BR 9 : Avenue de Charrette
- ▶ BR 10 : Au nord de la D13, derrière « Au Bac d'Eau »
- ▶ BR 11 : Allée Fabre d'Eglantine
- ▶ BR 12 : Intersection D13 et la Calletiere, devant « CDO Innov »
- ▶ BR 13 : A proximité de la D95, derrière « BMD »
- ▶ BR 14 : Intersection de la D95 et la D72, derrière « CDC Conseils » et le « Garage de la Roche »
- ▶ BR 15 : Intersection de la D95 et la D72, derrière la Communauté de Communes Sud Retz
- ▶ BR 16 : A proximité de la D95, au sud du BR15.
- ▶ BR 17 : Rue des Bancs
- ▶ BR 18 : Derrière « Ecosys »

Aucune donnée concernant ces ouvrages n'a été recueillie, le modèle s'appuyant donc uniquement sur les levés effectués par nos soins.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de chaque ouvrage.

Ouvrage	Volume de stockage	Diamètre ou type de régulation
BR 1	162 m ³	Ø30
BR 2	1417 m ³	Infiltration
BR 5	287 m ³	Ø800
BR 6	2914 m ³	Ø300
BR 7	900 m ³	Ø300
BR 8	142 m ³	Ø160 et régulateur à flotteur
BR 9	1731 m ³	Lame déversante
BR 10	3874 m ³	Ø200
BR 11	2697 m ³	Ø600
BR 12	1043 m ³	Ø200

BR 13	4045 m ³	Ø200
BR 14	676 m ³	Ø300
BR 15	794 m ³	Ø300
BR 16	3077 m ³	Ø180
BR 17	188 m ³	Ø300
BR 18	2932 m ³	Ø180

Tableau 10 : Caractéristiques des ouvrages de régulation investigués sur la commune de Machecoul-Saint-Même

6. Etude capacitaire du réseau d'eaux pluviales

6.1. Construction du modèle

6.1.1. Réseaux et fossés

L'intégralité des conduites et des fossés reportés sur le plan ont été intégrées à la modélisation.

Leurs caractéristiques ont été importées vers le logiciel Infoworks-ICM.

6.1.2. Pertes de charge

Des pertes de charge linéaires sont prises en compte dans le logiciel en rentrant un coefficient de Strickler variant avec la rugosité des différents types de liens. Ainsi, plus le coefficient de Strickler est important, plus la rugosité du lien considéré sera faible. Les valeurs choisies dans le modèle sont les suivantes :

- ▶ Canalisations en PVC : $K= 90$
- ▶ Canalisations en béton : $K= 70$
- ▶ Fossés, Cours d'eau : $K= 35$

Des pertes de charge singulières sont également rentrées dans le modèle afin de prendre en compte les connexions de réseaux, les changements de diamètres, ainsi que les changements de direction au niveau des regards.

6.1.3. Bassins d'apports élémentaires

Les bassins versants listés précédemment (§ 0) ont été divisés en plusieurs bassins d'apports élémentaires (sous-bassins versants) représentant chacun une zone dont le ruissellement est repris par le réseau au niveau d'un point d'injection.

Afin d'obtenir une bonne précision du modèle pouvant refléter la complexité du réseau, ils sont au nombre de 450 pour une taille moyenne d'environ 1,6 ha (1 ha en zone urbaine).

Ils ont ensuite été caractérisés morphologiquement (surface, pente, longueur hydraulique) et par l'occupation des sols :

- ▶ Calcul des surfaces de bâtiments et voirie par croisement avec le cadastre
- ▶ Ajustement à partir des photographies aériennes

6.1.4. Conditions aux limites

6.1.4.1. Conditions amont

Les débits ruisselés par temps de pluie sur chacun des bassins d'apports élémentaires décrits précédemment ont été injectés dans les nœuds du modèle rattachés à chacun d'entre eux. Généralement, le nœud choisi pour l'injection des débits se situe au tiers aval du bassin d'apport élémentaire.

Ces débits ruisselés sont calculés à partir de pluies de projet, des fonctions de production (transformation pluie précipitée - pluie nette) et de transfert (transformation pluie nette -débit) rentrés pour chacun des types de surface considérés (paramètres hydrologiques, voir § 6.1.6).

Une hypothèse fondamentale et pénalisante du modèle mathématique est que toutes les eaux ruisselées sont supposées captées par le réseau d'eaux pluviales.

6.1.4.2. Conditions aval

La commune souhaite se protéger contre un événement de période de retour entre 10 et 30 ans.

Au cours du diagnostic un niveau haut hivernal a été déterminé afin de prendre en compte le niveau dans le Falleron et le Tenu. Ce niveau était couplé à une pluie décennale. La période de retour de l'événement était comprise entre 10 et 30 ans.

Les résultats de ces simulations seront tout de même présentés. Les hauteurs ont été estimées grâce aux données du SAH. Pour rappel, les niveaux imposés étaient :

- ▶ **2,8 m** dans le canal d'irrigation
- ▶ **2,65 m** dans le Falleron

Lors de la réunion de restitution la commune a exprimé son souhait de se protéger contre une pluie de période de retour 30 ans. Afin de rester sur un événement de période de retour 30 ans, cette pluie n'est pas couplée à un niveau dans les cours d'eau.

6.1.5. Pluviométrie

6.1.5.1. Théorie

L'intensité des pluies de projet choisies a été calculée par la formule de Montana. Pour la période de retour T, l'intensité de la pluie est obtenue par :

$$I = a(T) \cdot t^{1-b(T)} \text{ avec :}$$

- ▶ I : Intensité pluvieuse moyenne exprimée en mm/h
- ▶ T : Durée de l'averse exprimée en minutes
- ▶ a(T), b(T) : Coefficients de Montana, fonctions de la période de retour T choisie

6.1.5.2. Données pluviométriques

Les coefficients de Montana utilisés sur Machecoul-Saint-Même sont ceux de la station météorologique de Nantes / Bouguenais. Ces coefficients, établis sur la période d'observation 1982 - 2016, ont été fournis par Météo-France. Les coefficients de différentes durées de pluies ont été retenus. Ils figurent dans le tableau ci-après :

Période de retour	Durée des pluies : 6 min 1 heure	
	a	b
2 ans	2.559	0.535
10 ans	3.988	0.537
30 ans	5.207	0.535
100 ans	6.555	0.527

Tableau 11: Coefficients de Montana de la station de Nantes / Bouguenais, pour des pluies d'une durée de 6 min à 1 heure

Période de retour	Durée des pluies : 1 à 6 heures	
	a	b
2 ans	5.426	0.731
10 ans	10.946	0.789
30 ans	15.868	0.809
100 ans	22.191	0.821

Tableau 12 : Coefficients de Montana de la station de Nantes / Bouguenais, pour des pluies d'une durée de 1 heure à 6 heures

Les coefficients du premier tableau seront utilisés pour la période intense de la pluie et ceux du deuxième tableau pour la période peu intense (voir paragraphe suivant).

6.1.5.3. Pluies de projet

6.1.5.3.1. Théorie

Afin de simuler le comportement du réseau et d'établir un diagnostic avant de proposer des aménagements, les pluies de projet de période de 2 ans, 10 ans, 30 ans et 100 ans ont été construites.

Chaque pluie est élaborée sur la base du modèle de Desbordes et présente une forme dite « double triangle » décomposée en trois phases :

- ▶ Une phase dite de « début de pluie » avec une évolution linéaire et modérée de l'intensité
- ▶ Une période dite de « pointe » au cours de laquelle l'intensité croît de façon linéaire plus rapidement en fonction du temps jusqu'à un instant de pointe t_p
- ▶ Une phase de « fin de pluie » permettant d'atteindre l'intensité nulle par une décroissance symétrique par rapport aux deux premières phases et à l'instant t_p

Cette pluie a été construite avec une durée de période intense égale à 30 minutes, durée pour laquelle les réseaux structurants (et notamment les exutoires) sont sollicités au maximum. Cette durée correspond au temps de concentration au niveau des points nodaux du réseau. La durée totale de la pluie choisie est de 4 heures.

Ci-après figure un exemple de pluie construite selon cette méthode :

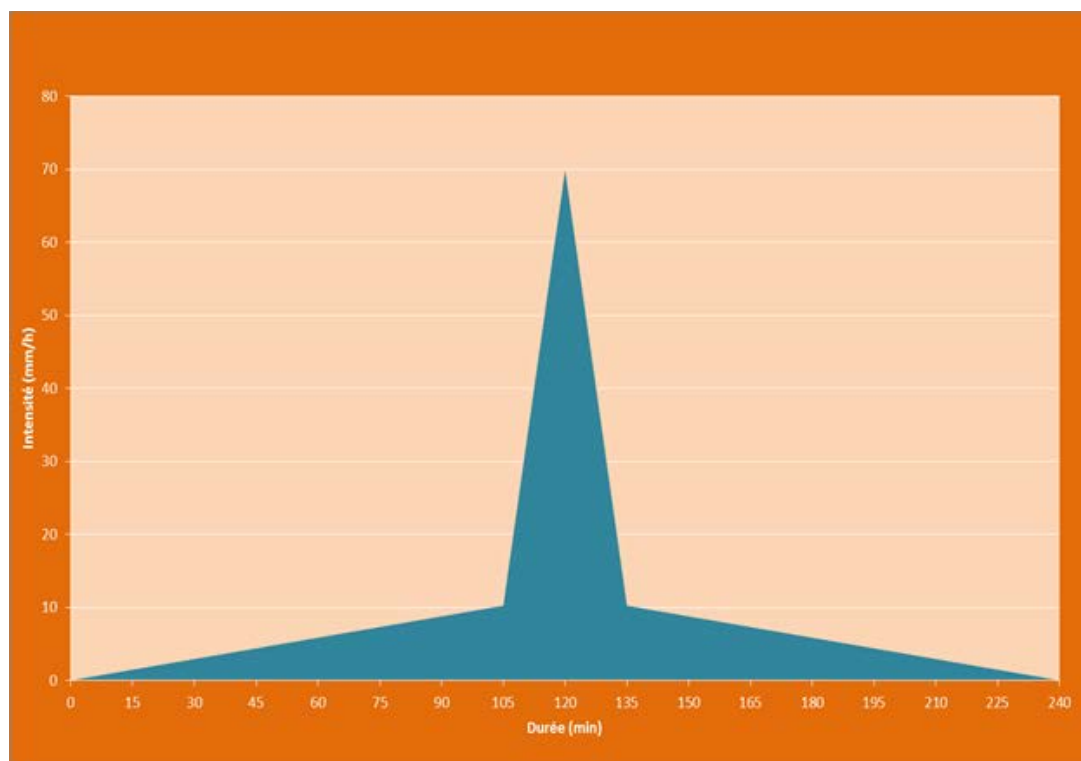


Figure 8: Pluie de projet de période de retour 10 ans (durée intense : 30 minutes)

6.1.5.3.2. Données numériques

Les principales données numériques (pluies de durée intense : 30 minutes / durée totale : 4 heures) sont fournies ci-après :

Période de retour	2 ans	10 ans	30 ans	100 ans
Intensité maximale (mm/h)	43	68	90	116
Hauteur précipitée pendant la période intense (mm)	12.4	19.3	25.3	32.7
Hauteur totale précipitée (mm)	23.7	34.8	45.2	59.2

Tableau 13 : Données numériques sur les différentes pluies utilisées dans le modèle (pluie de durée intense : 30 minutes / durée totale : 4 heures)

6.1.6. Modélisation hydrologique

Le modèle hydrologique permet de transformer la pluie en débit de ruissellement entrant dans le réseau. Il se compose :

- ▶ D'un **modèle hydrologique** (fonction de production), qui permet de prendre en compte les pertes au ruissellement. L'application de ces pertes permet de transformer la pluie brute (pluie précipitée) en pluie contribuant au ruissellement (pluie nette) :
 - **Pertes initiales** : elles sont dues au remplissage des dépressions du sol et à la rétention par la végétation. Ces pertes se traduisent par le fait qu'un cumul pluviométrique minimum est nécessaire avant de commencer à observer un ruissellement.
 - **Pertes continues** : elles tiennent compte de l'infiltration continue de l'eau dans le sol au cours de l'épisode pluvieux. Sur les surfaces de toitures, un coefficient de 95% a été considéré. Sur les voiries, un coefficient de 90% a été retenu car elles sont toujours légèrement poreuses. Sur les surfaces perméables, il a été fixé 10%. On note aussi la présence de surfaces maraichères sur la commune de Machecoul. Sur ces surfaces, le coefficient a été fixé à 90% dû au tassement des sols et à la présence de chassis et tunnels.
- ▶ D'un modèle de transformation pluie nette / débit (fonction de transfert), qui permet de transformer la pluie nette (contribuant au ruissellement) en chronique de débit (hydrogramme) entrant dans le réseau. Ce modèle tient compte des caractéristiques morphologiques des bassins versants (surface, longueur, pente ...) pour déterminer leur temps de réponse. Le modèle choisi est le modèle de Desbordes.

Le tableau ci-dessous récapitule les paramètres hydrologiques choisis pour chaque surface de ruissellement :

		Surface « Bâtiments »	Surface « Voirie / Parkings »	Surface « Naturelle »	Surface « Cultures maraichères » (tunnels, chassis...)
Type de surface		Imperméable	Imperméable	Perméable	Perméable
Pertes initiales (mm)		1	2	5	4
Fonction de production	de	C _r constant de 95%	C _r constant de 90%	C _r constant de 10%*	C _r constant de 90%
Fonction de transfert	de	Méthode de Desbordes	Méthode de Desbordes	Méthode de Desbordes	Méthode de Desbordes

Tableau 14 : Paramètres hydrologiques du modèle pour une pluie trentennale

Afin de prendre en compte une saturation des sols plus importante des sols lors d'une pluie plus intense, deux hypothèses ont été effectuées pour le ruissellement des surfaces naturelles.

		Surface « Bâtiments »	Surface « Voirie / Parkings »	Surface « Naturelle »	Surface « Cultures maraichères » (tunnels, chassis...)
Type de surface		Imperméable	Imperméable	Perméable	Perméable
Pertes initiales (mm)		1	2	5	4
Fonction de production	de	C _r constant de 95%	C _r constant de 90%	Hypothèses 20% et 50%	C _r constant de 90%
Fonction transfert	de	Méthode de Desbordes	Méthode de Desbordes	Méthode de Desbordes	Méthode de Desbordes

Tableau 15: Paramètres hydrologiques du modèle pour une pluie centennale

Ces hypothèses ont été construites en prenant en compte les remarques de la commune. Les cultures maraichères sont principalement situées au nord du bourg. Ces secteurs ont été traités en priorité à savoir :

- ▶ La Cantinière ;
- ▶ L'amont de la route de la Forêt ;
- ▶ Les Rivières ;
- ▶ La Voyetterie ;
- ▶ La Cailletèle.

6.2. Diagnostic des réseaux

6.2.1. Critère d'analyse hydraulique

Pour chaque tronçon de réseau (ou fossé) modélisé, le débit de pointe ruisselé a été comparé à sa capacité d'évacuation.

Le critère d'analyse hydraulique retenu est le rapport :

$$\frac{Q_{p(T)}}{Q_{cap}} \text{ avec :}$$

- ▶ $Q_{p(T)}$: Débit de pointe au niveau du tronçon pour la période de retour T (résultat issu de la modélisation)
- ▶ Q_{cap} : Débit capable de la conduite ou du fossé (calculé selon la formule de Manning-Strickler)

Critère	Sollicitation du collecteur	Conclusion
$\frac{Q_{p(T)}}{Q_{cap}} < 75\%$	Faible	Collecteur largement dimensionné
$75\% < \frac{Q_{p(T)}}{Q_{cap}} < 100\%$	Moyenne	Collecteur correctement dimensionné
$100\% < \frac{Q_{p(T)}}{Q_{cap}} < 150\%$	Mise en charge faible à moyenne	Collecteur saturé
$150\% < \frac{Q_{p(T)}}{Q_{cap}}$	Forte mise en charge	Collecteur insuffisant

Tableau 16 : Critère d'analyse hydraulique

Sur les cartographies présentant les résultats de modélisation hydraulique, les tronçons apparaissent selon les couleurs définies dans le tableau ci-dessus.

Les débordements des réseaux sont matérialisés par des cercles concentriques violets et constituent le critère prépondérant qui guidera la nécessité ou non de réaliser des aménagements sur les réseaux.

6.2.2. Hypothèse sur le fonctionnement hydraulique et le débit de fuite de bassins de rétention

Les reconnaissances de terrain ainsi que les documents fournis par la commune n'ont pas permis d'identifier le fonctionnement hydraulique de certains secteurs. C'est le cas des secteurs suivants :

► La gare

La canalisation menant à l'exutoire de la gare n'est pas visible. Il a été supposé après concertation avec la commune un passage sous les bâtiments de Novoferm. Le diamètre est supposé à Ø300 puis en Ø400 (changement à la moitié de la canalisation).

► Rue du Littoral – rue des Embruns – rue des Alizés

Dans ce secteur, il est possible qu'une gestion à la parcelle ait été mise en place. Cette gestion à la parcelle serait favorable au diagnostic. Il a cependant été considéré que les rejets des parcelles se faisaient vers le réseau d'eaux pluviales.

Un ouvrage enterré a également été supposé. Sa capacité de stockage sera déterminée dans les paragraphes suivants en fonction du type de pluie.

La régulation de plusieurs bassins a également été supposée pour certains ouvrages :

► BR2

Ce bassin est un bassin d'infiltration. Afin d'estimer la perméabilité du sol K, nous nous sommes basés sur les recommandations de SCE.

Perméabilité du sol (m/s)	Nappe non affleurante *	Nappe affleurante**
Supérieure à 10^{-5}	Infiltration imposée	
Entre 10^{-6} et 10^{-5}	Infiltration 10 ans ou 30 ans / Régulation	
Entre 10^{-7} et 10^{-6}	Infiltration 1 mois si réseau unitaire / Régulation	Régulation imposée
Inférieure à 10^{-7}	Régulation imposée	

* : Nappe située à plus de 1 mètre du fond des ouvrages projetés

** : Nappe située à moins de 1 mètre du fond des ouvrages projetés

Tableau 17: Caractéristiques du sol permettant l'infiltration des eaux de pluie (Source: SCE, juin 2016)

Une perméabilité de 10^{-6} a été retenue pour calculer le débit de fuite de l'ouvrage tel que $Q=K*S$ avec S la surface inférieure du bassin en m^2 et Q le débit de fuite en m^3/s .

▶ BR 6

Un niveau d'eau trop élevé dans l'ouvrage de sorti a empêché d'identifier le diamètre de la régulation ainsi que les canalisations d'entrée et de sortie.



▶ BR 7

De même que pour le BR6, le niveau d'eau empêche d'identifier les diamètres.



▶ BR 8

Un régulateur à flotteur se trouve en amont du bassin. Il est impossible d'identifier son débit de régulation car il n'est pas indiqué sur l'étiquette à cet effet.



Pour l'ensemble de ces bassins, la régulation a été supposée. Elle correspond aux préconisations du SDAGE Loire-Bretagne, soit un débit maximum de 3l/s/ha.

6.2.3. Diagnostic en situation actuelle

Le tableau suivant est un récapitulatif des résultats selon les différentes hypothèses. Le tout est représenté par secteur.

Numéro du secteur	Localisation	Volume de débordement en m3 (T= 10 ans, contrainte haute hivernale)	Volume de débordement en m3 (T= 2 ans, sans contrainte aval)	Volume de débordement en m3 (T= 10 ans, sans contrainte aval)	Volume de débordement en m3 (T= 30 ans, sans contrainte aval)	Volume de débordement en m3 (T= 100 ans, sans contrainte aval)	Volume de débordement en m3 (hauteur de crue maximum depuis 2007)
1	La Cantinière	5635		5635		42800 (*) 54800 (**)	0
2	Route de la Forêt	555		555		3495 (*) 5415 (**)	0
3	La Cailletèle	345		345		1930 (*) 5535 (**)	0
4	La Gare	199	50	199	372	620	1031
5	Rue Marcel Brunelière - Boulevard Gilles de Retz	1633	463	1632	2857	4556	878
6	Rue Saint Nicolas	201	64	201	353	560	0
7	Place du Champ de Foire	195	9	195	442	796	0
8	Rue du Bourg Saint Martin	342	175	342	544	835	4
9	La Gate	24	0	24	102	236	0
10	Rue Denis Papin et Rue Alfred Nobel	95	0	95	335	753	0
11	Saint-Même-Le-Tenu	0	0	0	149	443	0
12	Rue du Littoral - Rue des Embruns - Rue des Alizés	1026	614	1026	1948	2499	0

(*) Hypothèse de ruissellement des surfaces imperméables à 20%

(**) Hypothèse de ruissellement des surfaces imperméables à 50%

En rouge : volume stocké dans un ouvrage enterré

Tableau 18: Synthèse des résultats des simulations

On remarque que :

- ▶ Les volumes débordés augmentent avec la période de retour
- ▶ L'influence d'un niveau de crue triennal est négligeable (seul le secteur 7 est influencé)
- ▶ Des débordements ont lieu par crue dans les secteurs 4 et 5
- ▶ **La pluie trentennale est plus défavorable que la pluie décennale couplée à un niveau haut hivernal sur l'ensemble des secteurs**

Des cartographies sont disponibles en annexe et des commentaires sont apportés dans les pages suivantes. Ces cartographies donnent les résultats des modélisations en situation actuelle sur l'ensemble des zones étudiées pour chaque période de retour de la pluie de projet.

Les résultats d'une pluie décennale sans contrainte aval ne seront pas présentés. Ils sont considérés comme étant sensiblement les mêmes qu'une pluie décennale avec une contrainte de niveau haut hivernal.

Pour plus de clarté, les commentaires qui suivent sont détaillés par localisation géographique. Les secteurs 1 à 3 ne seront pas abordés dans les détails car ils ont fait l'objet d'une étude à part.

6.2.3.1. Période de retour : T= 2 ans

La simulation du modèle en situation actuelle pour la période de retour T= 2 ans permet d'établir le diagnostic du réseau d'eaux pluviales pour des événements pluvieux relativement courants.

La carte jointe en **Annexe 3 – 1 - Résultats de simulation - T= 2 ans** présente les différentes anomalies observées lors d'une pluie biennale, pour laquelle quelques légers dysfonctionnements seraient, à priori, mis en évidence :

- ▶ Secteur n°4 – La gare : De légers débordements, de l'ordre de 50 m³, sont provoqués par l'insuffisance capacitaire du réseau en Ø300. On note sur ce secteur qu'une traversée Ø300 puis Ø400 a été supposée sous les locaux de Novoferm.
- ▶ Secteur n°5 – Rue Marcel Brunelière – Boulevard Gilles de Retz : Des débordements conséquents de l'ordre de 460 m³ sont mis en évidence. Le réseau Ø800 est insuffisant à cause d'une faible pente (inférieure à 0.2%). La surcharge de ce réseau accentue les débordements dans le boulevard Gilles de Retz.
- ▶ Secteur n°6 - Rue Saint Nicolas : Des débordements, de l'ordre de 60 m³, sont engendrés par une faible pente du réseau Ø300.
- ▶ Secteur n°7 – Place du Champ de Foire : Une insuffisance du réseau aval Ø500 surcharge le réseau et provoque des débordements à l'amont, de l'ordre de 10 m³.
- ▶ Secteur n°8 – Rue de Bourg Saint Martin : Des débordements de l'ordre de 180 m³ sont mis en évidence par le modèle. Ils sont dus à de nombreuses contre pentes du réseau. Un fossé doit ruisseler sur la voirie pour s'évacuer.
- ▶ Secteur n°12 – Rue du Littoral – Rue des Alizés : De légers débordements de l'ordre de 30 m³ sont provoqués par l'insuffisance du réseau Ø200. Tout comme pour le secteur 4, des hypothèses ont été prises sur la configuration du réseau. Un volume de stockage enterré de 600 m³ est nécessaire pour limiter les débordements.

Au niveau des ouvrages de régulation, le diagnostic est le suivant :

Bassin	Volume utile	Taux de remplissage	Débit de fuite	Débit surversé	Superficie drainée	Débit de fuite
BR 1	162 m ³	100%	2.04 l/s	0.025 l/s	4.1 ha	0.5 l/s/ha
BR 2	1417 m³	9%	0.02 l/s	-	7.7 ha	0 l/s/ha
BR 5	287 m ³	34%	206.38 l/s	-	5.35 ha	38.58 l/s/ha
BR 6	2424 m³	4%	6.06 l/s	-	4.34 ha	1.4 l/s/ha
BR 7	898 m³	8%	10.06 l/s	-	3.41 ha	2.95 l/s/ha
BR 8	142 m³	58%	6.01 l/s	-	2.06 ha	2.92 l/s/ha
BR 13	2876 m ³	16%	59.86 l/s	-	6.98 ha	8.58 l/s/ha
BR 14	676 m ³	3%	18.19 l/s	-	1.82 ha	9.99 l/s/ha
BR 15	794 m ³	4%	12.17 l/s	-	0.95 ha	12.81 l/s/ha
BR 16	3077 m ³	18%	1.59 l/s	-	11.66 ha	0.14 l/s/ha
BR 17	188 m ³	18%	67.97 l/s	-	1.95 ha	34.86 l/s/ha
BR 18	2932 m ³	17%	25.92 l/s	-	5.93 ha	4.37 l/s/ha

Le BR 2 est un ouvrage d'infiltration

Le débit de fuite des bassins en rouge est supposé égal à 3 l/s/ha

Tableau 19 : Diagnostic des ouvrages de régulation - T= 2 ans

Pour une pluie biennale, on observe une très faible sollicitation des différents ouvrages (excepté pour le BR1 avec notamment des débits de fuite très élevés variant de 0,14 l/s/ha à 38,3 l/s/ha, soit largement au-dessus des préconisations locales : 3 l/s/ha.

Une optimisation de l'ensemble des ouvrages pourrait être envisagée.

6.2.3.2. Période de retour : T= 10 ans – Contrainte de niveau haut hivernal

La simulation du modèle en situation actuelle pour la période de retour T= 10 ans permet d'établir le diagnostic du réseau d'eaux pluviales pour un évènement pluvieux peu courant. La pluie décennale est usuellement utilisée pour le dimensionnement des réseaux d'eaux pluviales. Dans notre cas la proposition d'aménagements s'effectuera sur une pluie trentennale. Pour cette simulation, la pluie décennale a été couplée à une contrainte de niveau haut hivernal. Cela a montré que l'influence de cette crue était négligeable.

La carte jointe en **Annexe 3 – 2 bis - Résultats de simulation - T= 10 ans – contrainte haute hivernale** présente les différentes anomalies observées lors d'une pluie décennale avec une contrainte haute dans les cours d'eau.

L'**Annexe 3 - 2 - Résultats de simulation - T= 10 ans** présente les résultats sans contrainte aval.

Les débordements mis en évidence pour une pluie biennale sont aggravés et de nouveaux secteurs de dysfonctionnements apparaissent :

- Secteur n°4 - Secteur de la gare : Des débordements de l'ordre de 200 m³ sont provoqués par l'insuffisance capacitaire du réseau en Ø300 et ses faibles pentes. On note sur ce secteur qu'une traversée Ø300 puis Ø400 a été supposée sous les locaux de Novoferm.

- ▶ Secteur n°5 - Rue Marcel Brunelière, Boulevard Gilles de Retz : De gros débordements apparaissent, de l'ordre de 1600 m³, engendrés par une insuffisance du réseau et des contre pentes.
- ▶ Secteur n°6 - Rue Saint Nicolas : Des débordements, de l'ordre de 200 m³, sont engendrés par une faible pente du réseau Ø300.
- ▶ Secteur n°7 - Place du champ de Foire : Des débordements importants, de l'ordre de 190 m³, sont provoqués par l'insuffisance capacitaire du réseau Ø500 en aval.
- ▶ Secteur n°8 – Rue de Bourg Saint Martin : Des débordements de l'ordre de 340 m³ sont mis en évidence par le modèle. Ils sont dus à de nombreuses contre pentes du réseau. Un fossé a été comblé et doit ruisseler sur la voirie pour s'évacuer.
- ▶ Secteur n°9 - La Gâte : Des débordements, de l'ordre de 24 m³, sont provoqués par la mise en charge du réseau induite par l'insuffisance capacitaire du réseau Ø300 en aval.
- ▶ Secteur n°10 - Rue Alfred Nobel et Rue Denis Papin : Des débordements, de l'ordre de 95 m³, sont engendrés par des contre pentes et des dépôts importants dans les fossés.
- ▶ Secteur n°12 – Rue du Littoral – Rue des Alizés : Des débordements de l'ordre de 80 m³ sont mis en évidence par le modèle. Tout comme pour le secteur 4, des hypothèses ont été prises sur la configuration du réseau. Un volume de stockage enterré de 700 m³ est nécessaire pour limiter les débordements.

Au niveau des ouvrages de régulation, le diagnostic est le suivant :

Bassin	Volume utile	Taux de remplissage	Débit de fuite	Débit surversé	Superficie drainée	Débit spécifique
BR 1	162 m ³	100%	2.2 l/s	0.025 l/s	4.1 ha	0.54 l/s/ha
BR 2	1417 m³	43%	0.1 l/s	-	7.7 ha	0.01 l/s/ha
BR 5	287 m ³	49%	339 l/s	-	5.35 ha	63.36 l/s/ha
BR 6	2424 m³	6%	12 l/s	-	4.34 ha	2.76 l/s/ha
BR 7	898 m³	16%	10.2 l/s	-	3.41 ha	2.99 l/s/ha
BR 8	142 m³	82%	6.01 l/s	-	2.06 ha	2.92 l/s/ha
BR 13	4045 m ³	26%	120.37 l/s	-	6.98 ha	17.24 l/s/ha
BR 14	676 m ³	6%	27.17 l/s	-	1.82 ha	14.93 l/s/ha
BR 15	794 m ³	6%	20.96 l/s	-	0.95 ha	22.06 l/s/ha
BR 16	3077 m ³	27%	4.29 l/s	-	11.66 ha	0.37 l/s/ha
BR 17	188 m³	36%	-76.77 l/s	-	1.95 ha	-39.37 l/s/ha
BR 18	2932 m ³	4%	28.5 l/s	-	5.93 ha	4.81 l/s/ha

Le BR 2 est un ouvrage d'infiltration

Le débit de fuite des bassins en rouge est supposé égal à 3 l/s/ha

Le BR17 se remplit par l'aval (remonté de la crue)

Tableau 20 : Diagnostic des ouvrages de régulation - T= 10 ans

Pour une pluie décennale, on observe à nouveau une très faible sollicitation des différents ouvrages et des débits de fuite très élevés variant de 4,81 l/s/ha à 63,36 l/s/ha, soit largement au-dessus des préconisations locales : 3 l/s/ha.

Le débit de fuite anormalement élevé du BR5 s'explique par une canalisation de sortie en Ø800. Ce bassin n'a pas réellement de fonction de régulation mais sert de zone tampon.

Une optimisation de l'ensemble des ouvrages est donc à envisager afin que les ouvrages jouent pleinement leur rôle.

6.2.3.3. Période de retour : T= 30 ans

La simulation du modèle en situation actuelle pour la période de retour T= 30 ans permet d'établir le diagnostic du réseau d'eaux pluviales pour un évènement pluvieux rare. L'évènement est retenu pour dimensionner l'ensemble des aménagements.

La carte jointe en **Annexe 3 - 3 - Résultats de simulation - T= 30 ans** présente les différentes anomalies observées lors d'une pluie trentennale.

Sur l'ensemble des secteurs, les dysfonctionnements mis en évidence pour la période de retour T= 10 ans sont aggravés et quelques nouveaux débordements font leur apparition.

L'ensemble des débordements sont donnés dans le tableau suivant :

Numéro du secteur	Localisation	Volume de débordement en m3 (T= 30 ans)
4	La Gare	372
5	Rue Marcel Brunelière - Boulevard Gilles de Retz	2857
6	Rue Saint Nicolas	353
7	Place du Champ de Foire	442
8	Rue du Bourg Saint Martin	544
9	La Gate	102
10	Rue Denis Papin et Rue Alfred Nobel	335
11	Saint-Même-Le-Tenu	149
12	Rue du Littoral - Rue des Embruns - Rue des Alizés	1190

En rouge : volume stocké dans un ouvrage enterré

Tableau 21: Volumes débordés pour une pluie trentennale

Bassin	Volume utile	Taux de remplissage	Débit de fuite	Volume surversé	Superficie drainée	Débit de fuite
BR 1	162 m ³	100%	2.12 l/s	268 m ³	4.1 ha	0.52 l/s/ha
BR 2	1417 m³	49%	0.73 l/s	-	7.7 ha	0.09 l/s/ha
BR 5	287 m ³	52%	360.59 l/s	-	5.35 ha	67.4 l/s/ha
BR 6	2424 m³	8%	13 l/s	-	4.34 ha	3 l/s/ha
BR 7	898 m³	23%	10 l/s	-	3.41 ha	2.93 l/s/ha
BR 8	142 m³	82%	6 l/s	-	2.06 ha	2.91 l/s/ha
BR 13	2876 m ³	34%	135.62 l/s	-	6.98 ha	19.43 l/s/ha
BR 14	676 m ³	7%	33.45 l/s	-	1.82 ha	18.38 l/s/ha
BR 15	794 m ³	7%	23.34 l/s	-	0.95 ha	24.57 l/s/ha
BR 16	3077 m ³	35%	9.64 l/s	-	11.66 ha	0.83 l/s/ha
BR 17	188 m ³	36%	95.31 l/s	-	1.95 ha	48.88 l/s/ha
BR 18	2932 m ³	37%	30.59 l/s	-	5.93 ha	5.16 l/s/ha

Le BR 2 est un ouvrage d'infiltration

Le débit de fuite des bassins en rouge est supposé égal à 3 l/s/ha

Figure 9: Diagnostic des ouvrages pour une pluie trentennale

Pour une pluie trentennale, on observe les mêmes remarques que pour une pluie décennale :

- ▶ Faible sollicitation des différents ouvrages
- ▶ Des débits de fuite très élevés, au-dessus des recommandations du SDAGE

Le débit de fuite anormalement élevé du BR5 s'explique par une canalisation de sortie en Ø800. Ce bassin n'a pas réellement de fonction de régulation mais sert de zone tampon.

6.2.3.4. Période de retour : T= 100 ans

La simulation du modèle en situation actuelle pour la période de retour T= 100 ans permet d'établir le diagnostic du réseau d'eaux pluviales pour un évènement pluvieux exceptionnel. En général, un tel niveau de protection n'est pas retenu à cause d'un investissement trop important.

La carte jointe en [Annexe 3 - 4 - Résultats de simulation - T= 100 ans](#) présente les différentes anomalies observées lors d'une pluie centennale.

Sur l'ensemble des secteurs, les dysfonctionnements mis en évidence pour la période de retour T= 10 ans sont largement aggravés et de nouveaux débordements font leur apparition sur tout le territoire communal.

6.2.3.5. Débordements suite à une crue exceptionnelle

La simulation du modèle en situation actuelle pour une crue exceptionnelle permet de constater les débordements par remontées dans le réseau d'eaux pluviales.

Les niveaux imposés dans le cours d'eau sont :

- ▶ **3.5 m dans le canal**
- ▶ **3.8 m dans le Falleron**

La carte jointe en [Annexe 3 - 5 - Résultats de simulation – crue exceptionnelle](#) présente les différentes anomalies observées lors d'un tel événement.

Grâce à la mise en place de clapets anti-retour par la commune, seuls deux secteurs sont touchés :

- ▶ Secteur n°4 – La Gare (dans l'impasse des Redoux) : 1031 m³ de débordements par remontés dans le réseau
- ▶ Secteur n°5 – Rue Marcel Brunelière : des débordements de l'ordre de 878 m³ dans un fossé en aval de la rue, à priori non protégé par un clapet anti-retour

Le canal n'entraîne pas de débordements.

6.2.3.6. Conclusion

En accord avec la commune, les aménagements proposés sont basés sur les résultats obtenus pour la pluie trentennale, pour laquelle des dysfonctionnements importants sont mis en évidence sur les secteurs suivants :

- ▶ Secteur n°1 : La Cantinière
- ▶ Secteur n°2 : Route de la Forêt
- ▶ Secteur n°3 : La Cailletèle
- ▶ Secteur n°4 : La gare
- ▶ Secteur n°5 : Rue Marcel Brunelière – Boulevard Gilles de Retz
- ▶ Secteur n°6 : Rue Saint-Nicolas
- ▶ Secteur n°7 : Place du Champ de Foire
- ▶ Secteur n°8 : Rue du Bourg Saint Martin
- ▶ Secteur n°10 : Rue Denis Papin et Rue Alfred Nobel
- ▶ Secteur n°11 : Saint-Même-le-Tenu
- ▶ Secteur n°12 : Rue du Littoral – Rue des Embruns – Rue

Les secteurs 1 et 3 ont déjà été traités dans une étude antérieure.

Certains ouvrages de régulation sont largement sous exploités et présentent des débits de fuite largement supérieurs aux préconisations locales. Leur débit de fuite peut être optimisé. Cela peut permettre de solutionner une partie des débordements.

7. Etude qualitative des eaux pluviales

7.1. Rejets par temps sec

L'ensemble des exutoires a fait l'objet d'une reconnaissance détaillée lors d'une visite par temps sec. Aucun écoulement significatif n'a permis de mettre en évidence un rejet d'eaux usées au niveau des exutoires.

En revanche des rejets non conformes ont été détectés dans les réseaux. La carte suivante permet de les mettre en évidence.

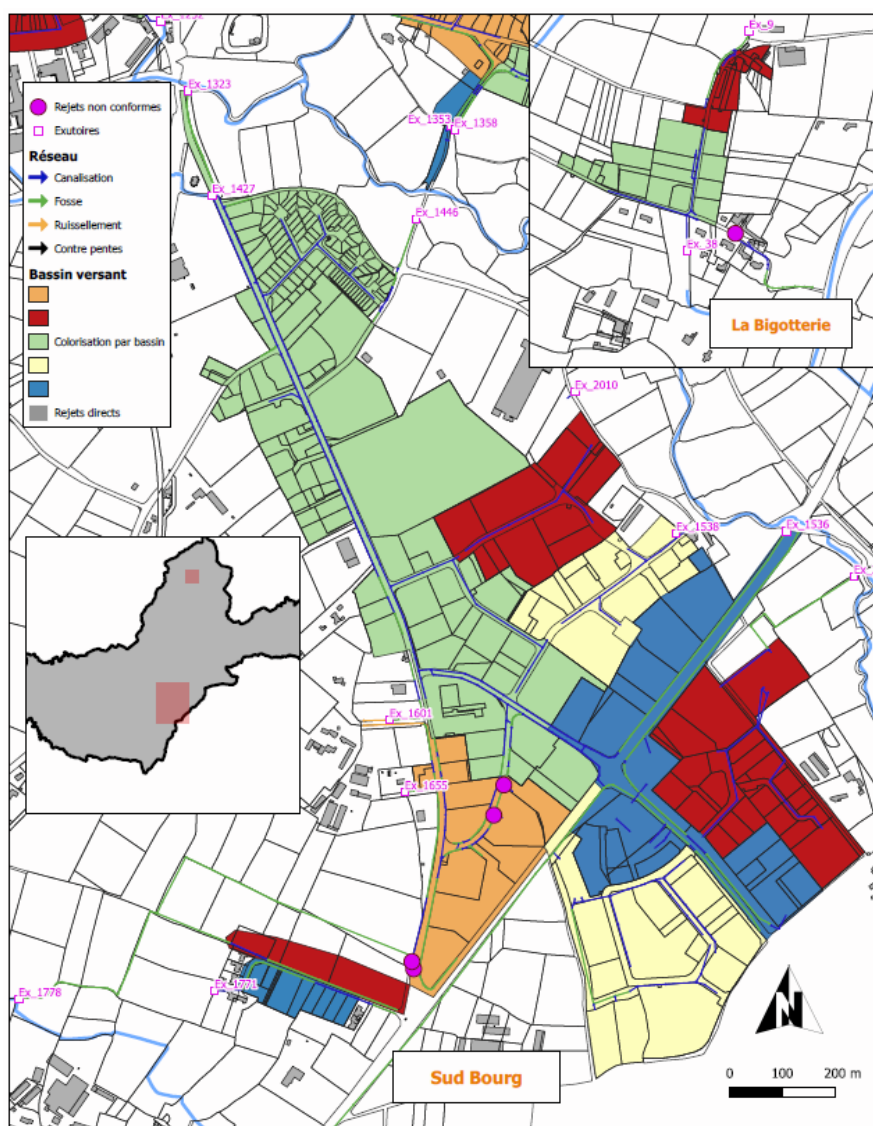


Figure 10: Rejets non conformes recensés

Les rejets non conformes concernent principalement la zone d'activité au sud du bourg de Machecoul. On remarque également un rejet non conforme dans le village de la Bigotterie.

7.2. Flux de pollution théoriques rejetés par temps de pluie

7.2.1. Origine de la pollution pluviale

Les eaux de pluies véhiculent une pollution importante vers le milieu récepteur liée à :

- ▶ La pollution atmosphérique dont on estime qu'elle contribue en général pour 15% à 25% de la pollution contenue dans les eaux de ruissellement
- ▶ La circulation automobile (hydrocarbures, caoutchouc, oxyde d'azote (échappements))
- ▶ Les animaux (déjections sources de matières organiques et de contamination bactérienne ou virale)
- ▶ Les déchets solides produits (rejets volontaires, poubelles non étanches ...)
- ▶ Les chantiers et l'érosion des sols (pollution en général inerte)
- ▶ La végétation, source de masses importantes de matières carbonées, plus ou moins facilement biodégradables (en particulier feuilles mortes et pollen), qui génère des apports en azote, phosphates, produits organochlorés (pesticides, herbicides)

En général, la pollution transportée par les réseaux pluviaux séparatifs est caractérisée par :

- ▶ Des parts relatives en MES et DCO importantes
- ▶ Une composition essentiellement minérale en MES
- ▶ Une faible biodégradabilité
- ▶ Une forte concentration en métaux lourds et hydrocarbures
- ▶ La fixation des polluants majoritairement sur les MES

7.2.2. Méthode de quantification de la pollution pluviale

La quantification de ce type de pollution reste difficile du fait de la grande variabilité des phénomènes mis en jeu :

- ▶ L'importance de la pluie (durée, intensité) capable de mobiliser les polluants déposés sur les surfaces, ainsi que son volume caractérisant le taux de dilution
- ▶ La durée de la période de temps sec précédant l'évènement pluvieux déterminant l'accumulation des polluants

En outre, l'impact des rejets par temps de pluie doit être différencié en ce qui concerne :

- ▶ Des « effets de choc », i.e. pour un évènement pluvieux important
- ▶ Des « effets cumulatifs », i.e. par exemple à l'échelle annuelle

Les valeurs moyennes théoriques de charges de divers paramètres polluants sont estimées par des ratios relatifs aux surfaces imperméabilisées.

Les ratios ci-dessous sont ceux préconisés par les Missions Interservices de Pays de la Loire et de Bretagne. Ces ratios sont issus d'études menées sur des rejets routiers (SETRA), ce qui peut conduire à une surestimation des flux calculés.

Paramètre	Charge polluante annuelle (kg/ha/an)	Charge polluante pour un évènement pluvieux de période de retour 2 à 5 ans (kg/ha)
MES	660	100
DCO	630	100
DBO5	90	10
Hydrocarbures totaux	15	0,6
Pb	1	0,09

Tableau 22 : Charges de pollution véhiculées par les eaux pluviales, exprimées en kg par hectare de surface imperméabilisée (source : MISE Pays de la Loire – Bretagne)

En présence d'un ouvrage de régulation (mesure compensatoire), une décantation des eaux pluviales intervient, ce qui permet un abattement important de la pollution.

Le tableau ci-dessous donne les abattements observés pour une décantation de quelques heures dans un bassin de retenue :

Paramètre	Abattement des charges de pollution (%)
MES	75%
DCO	60%
DBO5	60%
Hydrocarbures totaux	75%
Pb	75%

Tableau 23: Abattement de la pollution par décantation

7.2.3. Effet cumulatif

Les résultats des calculs de charges brutes annuelles transportées par les eaux pluviales vers chaque exutoire (en situation actuelle) sont présentés dans le tableau ci-après.

Les exutoires avec les flux les plus importants sont ceux qui drainent les surfaces de bassins versants les plus élevées et les plus imperméabilisées.

COMMUNE DE MACHECOUL-SAINT-MEME
SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES

Batteries d'analyse de base

Batteries d'analyse de base et complémentaires

Exutoire	Milieu récepteur	Surface imperméabilisée (ha)			Charge polluante annuelle (kg)				
		Surface totale (ha)	Totale	Vers ouvrage de décantation	DCO	DBO5	MES	Hydrocarbures	Pb
Ex_1427	Le Falleron	33.7	19.9		12562.2	1794.6	13160.4	299.1	19.9
Ex_412	Le Falleron	144.88	25.3	14.0	10634.7	1519.2	9758.5	221.8	14.8
Ex_796	Le Falleron	30.3	13.5	0.6	8282.4	1183.2	8613.5	195.8	13.1
Ex_675	Le Falleron	45.3	10.5		6633.9	947.7	6949.8	158.0	10.5
Ex_1232	Le Falleron	30.56	10.5		6596.1	942.3	6910.2	157.1	10.5
Ex_1341	Le Falleron	15.18	10.4		6533.1	933.3	6844.2	155.6	10.4
Ex_7501	Le Falleron	41.711	9.0		5641.7	806.0	5910.3	134.3	9.0
Ex_457	Le Falleron	30.19	7.6		4806.9	686.7	5035.8	114.5	7.6
Ex_1536	Le Falleron	15.3	7.1	0.7	4229.1	604.2	4364.9	99.2	6.6
Ex_752	Le Falleron	11.13	6.3		3950.1	564.3	4138.2	94.1	6.3
Ex_6005	Le Falleron	12.49	5.7		3565.8	509.4	3735.6	84.9	5.7
Ex_1289	Le Falleron	14.27	5.5		3490.2	498.6	3656.4	83.1	5.5
Ex_1270	Le Falleron	10.25	5.1		3238.2	462.6	3392.4	77.1	5.1
Ex_1778	Le Falleron	7.38	4.4		2778.3	396.9	2910.6	66.2	4.4
Ex_1225	Le Falleron	10.15	4.1		2595.6	370.8	2719.2	61.8	4.1
Ex_1538	Le Falleron	5.56	3.6		2286.9	326.7	2395.8	54.5	3.6
Ex_224	Le Tenu	11.89	3.1		1971.9	281.7	2065.8	47.0	3.1
Ex_70	Le Tenu	16.72	3.1		1965.6	280.8	2059.2	46.8	3.1
Ex_209	Le Tenu	12	3.1		1959.3	279.9	2052.6	46.7	3.1
Ex_328	Le Falleron	10.15	2.9		1852.2	264.6	1940.4	44.1	2.9
Ex_165	Le Tenu	8.56	2.8		1751.4	250.2	1834.8	41.7	2.8
Ex_1358	Le Falleron	8.07	2.7		1694.7	242.1	1775.4	40.4	2.7
Ex_2007	Le Falleron	4.59	2.5		1600.2	228.6	1676.4	38.1	2.5
Ex_7502	Le Falleron	4.03	2.3		1474.2	210.6	1544.4	35.1	2.3
Ex_1495	Le Falleron	7.22	2.0		1278.9	182.7	1339.8	30.5	2.0
Ex_2036	Le Falleron	8.92	4.5	4.5	1139.0	162.7	745.8	17.0	1.1
Ex_2001	Le Falleron	7.416	3.0	2.2	1056.5	150.9	888.5	20.2	1.3
Ex_115	Le Tenu	5.76	1.6		1026.9	146.7	1075.8	24.5	1.6
Ex_2010	Le Falleron	5.94	3.8	3.8	967.7	138.2	633.6	14.4	1.0
Ex_237	Le Tenu	4.12	1.5		945.0	135.0	990.0	22.5	1.5
Ex_1252	Le Falleron	1.34	1.2		756.0	108.0	792.0	18.0	1.2
Ex_2012	Le Falleron	1.71	1.1		680.4	97.2	712.8	16.2	1.1
Ex_5000	Le Falleron	7.71	2.6	2.6	660.2	94.3	432.3	9.8	0.7
Ex_924	Le Falleron	1.88	1.0		642.6	91.8	673.2	15.3	1.0
Ex_7500	Le Falleron	11.67	2.5	2.5	639.1	91.3	418.4	9.5	0.6
Ex_38	Le Tenu	3.48	1.0		636.3	90.9	666.6	15.2	1.0
Ex_304	Le Tenu	3.38	0.9		585.9	83.7	613.8	14.0	0.9
Ex_2005	Le Falleron	2.24	0.8		497.7	71.1	521.4	11.9	0.8
Ex_256	Le Tenu	2.29	0.7		466.2	66.6	488.4	11.1	0.7
Ex_3	Le Tenu	2.25	0.7		428.4	61.2	448.8	10.2	0.7
Ex_272	Le Tenu	1.75	0.7		422.1	60.3	442.2	10.1	0.7
Ex_7008	Le Tenu	2.04	0.7		422.1	60.3	442.2	10.1	0.7
Ex_1743	Le Falleron	1.91	0.6		384.3	54.9	402.6	9.2	0.6
Ex_980	Le Falleron	1.96	0.6		384.3	54.9	402.6	9.2	0.6
Ex_265	Le Tenu	2.77	0.6		352.8	50.4	369.6	8.4	0.6
Ex_1480	Le Falleron	5.15	1.4	1.4	342.7	49.0	224.4	5.1	0.3
Ex_1145	Le Falleron	0.65	0.5		327.6	46.8	343.2	7.8	0.5
Ex_2002	Le Falleron	1.14	0.5		327.6	46.8	343.2	7.8	0.5
Ex_1786	Le Falleron	1.85	0.5		308.7	44.1	323.4	7.4	0.5
Ex_638	Le Falleron	1.32	0.5		302.4	43.2	316.8	7.2	0.5
Ex_757	Le Falleron	1.15	0.5		289.8	41.4	303.6	6.9	0.5
Ex_2000	Le Falleron	1.23	0.5		283.5	40.5	297.0	6.8	0.5
Ex_850	Le Falleron	1.33	0.4		277.2	39.6	290.4	6.6	0.4
Ex_1105	Le Falleron	1.95	0.8	0.6	276.6	39.5	226.9	5.2	0.3
Ex_313	Le Falleron	4.81	0.4		258.3	36.9	270.6	6.2	0.4
Ex_311	Le Tenu	1.91	0.4		245.7	35.1	257.4	5.9	0.4
Ex_882	Le Falleron	1.03	0.4		226.8	32.4	237.6	5.4	0.4
Ex_626	Le Falleron	1.33	0.3		214.2	30.6	224.4	5.1	0.3
Ex_660	Le Falleron	3.45	0.9	0.9	214.2	30.6	140.3	3.2	0.2
Ex_1771	Le Falleron	1.54	0.3		207.9	29.7	217.8	5.0	0.3
Ex_253	Le Tenu	1.04	0.3		195.3	27.9	204.6	4.7	0.3
Ex_312	Le Tenu	1.21	0.3		189.0	27.0	198.0	4.5	0.3
Ex_9	Le Tenu	1.06	0.3		182.7	26.1	191.4	4.4	0.3
Ex_618	Le Falleron	2.06	0.6	0.6	156.2	22.3	102.3	3.3	0.2
Ex_1409	Le Falleron	0.58	0.2		144.9	20.7	151.8	2.5	0.2
Ex_116	Le Tenu	2.07	0.2		132.3	18.9	138.6	3.2	0.2
Ex_1416	Le Falleron	0.68	0.2		126.0	18.0	132.0	3.0	0.2
Ex_1787	Le Falleron	0.58	0.2		94.5	13.5	99.0	2.3	0.2
	Le Tenu		154.8	-	91762.6	13108.9	94620.8	2150.5	143.4
	Le Falleron		59.2	19.2	30028.6	4289.8	29559.1	671.8	44.8

Pollution annuelle

Tableau 24: Flux de pollution annuel

7.2.4. Effet de choc

Les résultats des estimations de charges polluantes « lessivées » lors d'un épisode pluvieux rare (période de retour 2 à 5 ans) sont présentés dans le tableau ci-après.

Batteries d'analyse de base

Batteries d'analyse de base et complémentaires

Exutoire	Milieu récepteur	Surface imperméabilisée (ha)			Flux de pollution pour un événement rare (kg)				
		Surface totale (ha)	Totale	Vers ouvrage de décantation	DCO	DBO5	MES	Hydrocarbures	Pb
Ex_1427	Le Falleron	33.7	19.9		1994.0	199.4	1994.0	12.0	1.8
Ex_412	Le Falleron	144.88	25.3	14.0	1688.0	168.8	1478.6	8.9	1.3
Ex_796	Le Falleron	28.05	12.9	0.6	1246.7	124.7	1237.1	7.4	1.1
Ex_675	Le Falleron	45.3	10.53		1053	105.3	1053	6.318	0.9477
Ex_1232	Le Falleron	30.56	10.5		1047.0	104.7	1047.0	6.3	0.9
Ex_1341	Le Falleron	15.18	10.4		1037.0	103.7	1037.0	6.2	0.9
Ex_7501	Le Falleron	41.711	9.0		895.5	89.6	895.5	5.4	0.8
Ex_1536	Le Falleron	16.15	8.9	0.7	854.3	85.4	844.4	5.1	0.8
Ex_457	Le Falleron	30.19	7.6		763.0	76.3	763.0	4.6	0.7
Ex_752	Le Falleron	11.13	6.3		627.0	62.7	627.0	3.8	0.6
Ex_6005	Le Falleron	12.49	5.7		566.0	56.6	566.0	3.4	0.5
Ex_1289	Le Falleron	14.27	5.5		554.0	55.4	554.0	3.3	0.5
Ex_1270	Le Falleron	10.25	5.1		514.0	51.4	514.0	3.1	0.5
Ex_1778	Le Falleron	7.38	4.4		441.0	44.1	441.0	2.6	0.4
Ex_1225	Le Falleron	10.15	4.1		412.0	41.2	412.0	2.5	0.4
Ex_1538	Le Falleron	5.56	3.6		363.0	36.3	363.0	2.2	0.3
Ex_224	Le Tenu	11.89	3.1		313.0	31.3	313.0	1.9	0.3
Ex_70	Le Tenu	16.72	3.1		312.0	31.2	312.0	1.9	0.3
Ex_209	Le Tenu	12	3.1		311.0	31.1	311.0	1.9	0.3
Ex_328	Le Falleron	10.15	2.9		294.0	29.4	294.0	1.8	0.3
Ex_165	Le Tenu	8.56	2.8		278.0	27.8	278.0	1.7	0.3
Ex_1358	Le Falleron	8.07	2.7		269.0	26.9	269.0	1.6	0.2
Ex_2007	Le Falleron	4.59	2.5		254.0	25.4	254.0	1.5	0.2
Ex_7502	Le Falleron	4.03	2.3		234.0	23.4	234.0	1.4	0.2
Ex_1495	Le Falleron	7.22	2.0		203.0	20.3	203.0	1.2	0.2
Ex_2036	Le Falleron	8.92	4.5	4.5	180.8	18.1	113.0	0.7	0.1
Ex_2001	Le Falleron	7.416	3.0	2.2	167.7	16.8	134.6	0.8	0.1
Ex_115	Le Tenu	5.76	1.6		163.0	16.3	163.0	1.0	0.1
Ex_2010	Le Falleron	5.94	3.8	3.8	153.6	15.4	96.0	0.6	0.1
Ex_237	Le Tenu	4.12	1.5		150.0	15.0	150.0	0.9	0.1
Ex_1252	Le Falleron	1.34	1.2		120.0	12.0	120.0	0.7	0.1
Ex_2012	Le Falleron	1.71	1.1		108.0	10.8	108.0	0.6	0.1
Ex_5000	Le Falleron	7.71	2.6	2.6	104.8	10.5	65.5	0.4	0.1
Ex_924	Le Falleron	1.88	1.0		102.0	10.2	102.0	0.6	0.1
Ex_7500	Le Falleron	11.67	2.5	2.5	101.4	10.1	63.4	0.4	0.1
Ex_38	Le Tenu	3.48	1.0		101.0	10.1	101.0	0.6	0.1
Ex_304	Le Tenu	3.38	0.9		93.0	9.3	93.0	0.6	0.1
Ex_2005	Le Falleron	2.24	0.8		79.0	7.9	79.0	0.5	0.1
Ex_256	Le Tenu	2.29	0.7		74.0	7.4	74.0	0.4	0.1
Ex_3	Le Tenu	2.25	0.7		68.0	6.8	68.0	0.4	0.1
Ex_272	Le Tenu	1.75	0.7		67.0	6.7	67.0	0.4	0.1
Ex_7008	Le Tenu	2.04	0.7		67.0	6.7	67.0	0.4	0.1
Ex_1743	Le Falleron	1.91	0.6		61.0	6.1	61.0	0.4	0.1
Ex_980	Le Falleron	1.96	0.6		61.0	6.1	61.0	0.4	0.1
Ex_265	Le Tenu	2.77	0.6		56.0	5.6	56.0	0.3	0.1
Ex_1480	Le Falleron	5.15	1.4	1.4	54.4	5.4	34.0	0.2	0.0
Ex_1145	Le Falleron	0.65	0.5		52.0	5.2	52.0	0.3	0.0
Ex_2002	Le Falleron	1.14	0.5		52.0	5.2	52.0	0.3	0.0
Ex_1786	Le Falleron	1.85	0.5		49.0	4.9	49.0	0.3	0.0
Ex_638	Le Falleron	1.32	0.5		48.0	4.8	48.0	0.3	0.0
Ex_757	Le Falleron	1.15	0.5		46.0	4.6	46.0	0.3	0.0
Ex_2000	Le Falleron	1.23	0.5		45.0	4.5	45.0	0.3	0.0
Ex_850	Le Falleron	1.33	0.4		44.0	4.4	44.0	0.3	0.0
Ex_1105	Le Falleron	1.95	0.8	0.6	43.9	4.4	34.4	0.2	0.0
Ex_313	Le Falleron	4.81	0.4		41.0	4.1	41.0	0.2	0.0
Ex_311	Le Tenu	1.91	0.4		39.0	3.9	39.0	0.2	0.0
Ex_882	Le Falleron	1.03	0.4		36.0	3.6	36.0	0.2	0.0
Ex_626	Le Falleron	1.33	0.3		34.0	3.4	34.0	0.2	0.0
Ex_660	Le Falleron	3.45	0.9	0.9	34.0	3.4	21.3	0.1	0.0
Ex_1771	Le Falleron	1.54	0.3		33.0	3.3	33.0	0.2	0.0
Ex_253	Le Tenu	1.04	0.3		31.0	3.1	31.0	0.2	0.0
Ex_312	Le Tenu	1.21	0.3		30.0	3.0	30.0	0.2	0.0
Ex_9	Le Tenu	1.06	0.3		29.0	2.9	29.0	0.2	0.0
Ex_618	Le Falleron	2.06	0.6	0.6	24.8	2.5	15.5	0.1	0.0
Ex_1409	Le Falleron	0.58	0.2		23.0	2.3	23.0	0.1	0.0
Ex_116	Le Tenu	2.07	0.2		21.0	2.1	21.0	0.1	0.0
Ex_1416	Le Falleron	0.68	0.2		20.0	2.0	20.0	0.1	0.0
Ex_1787	Le Falleron	0.58	0.2		15.0	1.5	15.0	0.1	0.0
	Le Tenu		159.1	-	14991.5	1499.1	14762.5	88.6	13.3
	Le Falleron		56.1	19.2	4455.4	445.5	4167.7	25.0	3.8

Pollution pour un événement pluvieux rare

Tableau 25: Flux de pollution annuels rejetés à Machecoul-Saint-Même

7.3. Campagne de prélèvement par temps de pluie

Une campagne de prélèvement par temps de pluie a été réalisée dans le but de quantifier l'impact des eaux de ruissellement au milieu naturel, et de mettre en évidence d'éventuelles pollutions anormalement élevées.

Les prélèvements ont été effectués lors de l'épisode pluvieux survenu le **06 Décembre 2019**.

La pluie enregistrée sur Vannes lors de ces prélèvements possède les caractéristiques suivantes : 3,2 mm au total dont 1,5 mm sur la période de prélèvements. Elle a été précédée de pluies survenues les 10 jours précédents (cumul de l'ordre de 50 mm).

Les résultats sont donc à interpréter en tenant compte du fort lessivage survenu les jours précédents : valeurs situées en fourchette basse des teneurs mesurables sur un effluent pluvial.

Les noms des exutoires ayant fait l'objet d'un prélèvement, leur contexte et le type d'analyse effectué sur chacun d'entre eux est présenté dans le tableau ci-après :

Numéro d'exutoire	Milieu récepteur	Superficie (ha)	C _{imp}	Analyses réalisées
Ex_412	Le Falleron	144.88	17%	Base et complémentaires
Ex_1427	Le Falleron	33.7	59%	Base et complémentaires
Ex_796	Le Falleron	28.05	46%	Base et complémentaires
Ex_1536	Le Falleron	16.15	55%	Base et complémentaires
Ex_675	Le Falleron	45.3	23%	Base
Ex_1232	Le Falleron	30.56	34%	Base
Ex_1341	Le Falleron	15.18	68%	Base
Ex_1778	Le Falleron	7.38	60%	Base

Tableau 26 : Liste des exutoires ayant fait l'objet d'un prélèvement et nature des analyses effectuées

Les points de prélèvement sont localisés sur la carte présentée en [Annexe 5 – Localisation des points de prélèvement par temps de pluie](#)

Les paramètres analysés sont les suivants :

- ▶ Analyse de base :
 - Bactériologie : Escherichia Coli ;
 - Physique-chimie : MES/NH4+/DCO ;
- ▶ Analyse complémentaire :
 - Pesticides : Glyphosate et AMPA ;
 - Métaux lourds : Mercure (Hg), Cadmium (Cd), Chrome total (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn)
 - Hydrocarbures totaux

L'analyse des résultats est effectuée en priorité sur la base de la grille DDTM 44 :

*Grilles d'appréciations de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) 44

1-Critères d'appréciations de la qualité des rejets

Paramètres	Unités	Qualité des rejets		
		Correcte	Passable	Mauvaise
MES	mg/l	35	70	
DBO5	mg/l	25	40	
DCO	mg/l	60	125	
NH4 ⁺	mg/l	2	8	
NK	mg/l	3	10	
PO4 ³⁻	mg/l	1	5	
Phospore total	mg/l	0.5	2.5	
Escherichia coli	par 100 ml	2 000	20 000	
Streptocoques fécaux	par 100 ml	2 000	20 000	

2-Classement des rejets

Qualité des écoulements	Classement annuel du rejet
Si ≥ 1 mauvais résultat	Mauvais
Si > 20% de résultats passables	Passable
Si ≤ 20% de résultats passables	Correct

Tableau 27: Grille d'analyse de la DDTM 44

Pour les paramètres dont les critères ne sont pas définis dans la grille de la DDTM 44, à savoir ceux des analyses complémentaires, une autre grille est utilisée.

Nous proposons de réaliser l'interprétation des analyses sur la base d'une grille bâtie à partir de références bibliographiques diverses (CETE du Sud-Ouest, Graie, thèses basées sur des expérimentations réalisées en région parisienne, expérimentations menées sur des pays nordiques ...).

Elle permet de situer les concentrations mesurées sur l'échelle des valeurs observables sur un effluent pluvial.

Paramètre	Unité	Grille d'interprétation des concentrations			
		Basse	Médiane	Elevée	Très élevée
Bactériologie					
Escherichia Coli	n/100 mL	< 1 000	1 000 - 10 000	10 000 - 100 000	> 100 000
Entérocoques intestinaux	n/100 mL	< 500	500 - 5 000	5 000 - 50 000	> 50 000
Physico-chimie					
NH ₄ ⁺	mg (NH ₄ ⁺)/L	< 0,5	0,5 - 2	2 - 5	> 5
NO ₃	mg (NO ₃)/L	< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
NK (Azote Kjeldhal)	mg (N)/L	< 2	2 - 4	4 - 8	> 8
DCO	mg (O ₂)/L	< 100	100 - 200	200 - 300	> 300
DBO ₅	mg (O ₂)/L	< 10	10 - 20	20 - 50	> 50
MES	mg/L	< 100	100 - 300	300 - 500	> 500
Pt (Phosphore total)	mg (P)/L	< 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1	> 1
Phosphates (PO ₄)	mg (PO ₄)/L	< 0,5	0,5 - 1	1 - 2	> 2
Chlorures (Cl)	mg (Cl)/L	< 100	100 - 200	200 - 500	> 500
Conductivité	µS/cm	< 400	400 - 800	800 - 1 200	> 1 200
O ₂ dissous	mg (O ₂)/L	> 8	6 - 8	4 - 6	< 4
Métaux lourds					
Mercuré (Hg)	µg/L				
Cadmium (Cd)	µg/L	< 1	1 - 3	3 - 5	> 5
Chrome total (Cr)	µg/L				
Cuivre (Cu)	µg/L	< 50	50 - 150	150 - 300	> 300
Nickel (Ni)	µg/L	< 10	10 - 50	50 - 100	> 100
Plomb (Pb)	µg/L	< 50	50 - 200	200 - 500	> 500
Zinc (Zn)	µg/L	< 200	200 - 1 000	1 000 - 1 500	> 1 500
Hydrocarbures					
Hydrocarbures totaux	mg/L	< 0,2	0,2 - 1	1 - 2,5	> 2,5
Pesticides					
Glyphosate	µg/L	< 0,5	0,5 - 2	2 - 5	> 5
AMPA	µg/L	< 0,5	0,5 - 2	2 - 5	> 5

Tableau 28 : Grille d'évaluation applicable aux rejets pluviaux, définie par SCE à partir de références bibliographiques

Les tableaux ci-après présentent les résultats d'analyses sur l'ensemble des exutoires ayant fait l'objet d'un prélèvement :

	Paramètre	Débit	Bactériologie	Eschérichia Coli	Physico-chimie	NH ₄ ⁺	DCO	MES	Pt (Phosphore total)
						mg (NH ₄ ⁺)/L	mg (O ₂)/L	mg/L	mg (P)/L
	Unité	l/s		n/100 mL					
16-12-2019	10:00	EX_412	125	330		1.4	50	61	0.60
16-12-2019	10:30	EX_675	194	36 000		2.00	18	11	0.80
16-12-2019	14:50	EX_1427	48	120		1.30	17	11	<0.10
16-12-2019	10:50	EX_796	218	250		0.80	22	6	0.10
16-12-2019	11:10	EX_1341	261	560		1.00	<10	3	0.20
16-12-2019	11:35	EX_1232	127	190		1.20	30	13	0.30
16-12-2019	12:00	EX_1536	175	<60		0.70	33	47	0.30
16-12-2019	12:55	EX_1778	7	29 000		4.2	112	14	0.90

Tableau 29: Résultat des analyses de base

	Paramètre	Débit	Pesticides		Métaux Lourds						Hydrocarbures		
			Glyphosate	AMPA	Cadmium (Cd)	Chrome (Cr)	Cuivre (Cu)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Zinc (Zn)	Mercure (Hg)	Hydrocarbures totaux	
			µg /L	µg /L	µg (Cd)/L	µg (Cr)/L	µg(Cu)/L	µg (Ni)/L	µg (Pb)/L	µg (Zn)/L	µg (Hg)/L	mg/L	
	Unité	l/s											
16-12-2019	10:00	EX_412	125	0.39	3.06	<10	<1	<20	<10	<10	<20	<5	<0.5
16-12-2019	10:30	EX_675	194	0	3	<10	<1	<20	<10	<10	<20	<5	<0.5
16-12-2019	14:50	EX_1427	48	0	0	<10	<1	<20	<10	<10	50	<5	<0.5
16-12-2019	10:50	EX_796	218	0.27	1.14	<10	<1	<20	<10	<10	30	<5	<0.5

Les paramètres en rouge sont analysés sur la base de la référence qualité d'Euofins

Tableau 30: Résultat des analyses complémentaires

On observe des valeurs basses sur l'ensemble des paramètres, qui sont logiques compte-tenu des antécédents pluviométriques importants qui ont lessivé les sols.

On notera :

- ▶ Pour l'exutoire Ex-1778 :
 - Une teneur très élevée d'Eschérichia Coli ;
 - Une teneur en NH_4^+ élevée, signe que des rejets d'eaux usées peuvent être suspectés en amont, ce qui correspond aux observations effectuées lors des reconnaissances de réseau ;
 - Une teneur élevée en DCO et Phosphore

- ▶ Pour l'exutoire Ex-412 :
 - Teneurs en MES et Phosphore élevées ;
 - Teneur élevée en AMPA, un composé issu de la dégradation du glyphosate. Cet exutoire est situé en aval d'une zone maraichère

- ▶ Pour l'exutoire Ex-675 :
 - Une teneur très élevée d'Eschérichia Coli ;
 - Teneur en Phosphore élevée ;
 - Présence de NH_4^+ , signe de rejets d'eaux usées ;
 - Une teneur élevée en AMPA. Cet exutoire se situe en aval d'une zone maraichère

- ▶ Pour l'exutoire Ex-796 :
 - Une teneur modérément élevée en AMPA. Cet exutoire se situe en aval d'une zone maraichère

- ▶ Pour l'exutoire Ex-796 :
 - Teneur élevée en MES

Les teneurs en hydrocarbures et métaux lourds sont inférieures aux limites de quantification.

8. Etablissement du schéma directeur

8.1. Niveau de protection retenu

Le schéma directeur a été établi sur la pluie de période de retour 30 ans.

Les aménagements sur les réseaux existants, ainsi que le dimensionnement des mesures compensatoires qui seront implantées sur les zones d'urbanisation future ou à la parcelle sur les zones concernées, ont donc été réalisées sur la pluie de période de retour 30 ans afin d'assurer le non-débordement des réseaux.

8.2. Prescriptions du zonage pluvial et incidences sur le diagnostic futur

Suite au diagnostic, les choix suivants ont été faits pour l'établissement du zonage pluvial.

8.2.1. Limitation de l'imperméabilisation

Le schéma directeur a été élaboré sur la base d'hypothèses d'imperméabilisation maximale et/ou d'une gestion quantitative imposée sur les différentes zones du PLU (Plan Local d'Urbanisme). Ces prescriptions, qui figurent au zonage pluvial, sont décrites dans le tableau ci-après :

Zone PLU		Parcelles bâties				Prescriptions zonage	
Nom	Intitulé	Nombre	Surface moyenne (m ²)	Coef. Imp. moyen (%)	Coef. Emprise au sol (%)	Limite imperméabilisation	Gestion à la parcelle
Ua	Secteur déjà urbanisé à caractère central d'habitat dense, de services et d'activités urbaines ou les constructions sont généralement édifiées en ordre continu.	555	333	63%	60%	60%	
Uab	Secteur déjà urbanisé ou la hauteur des constructions est limitée à du R+2 avec combles aménageables.	198	380	49%	47%	50%	
Uac	Secteur déjà urbanisé ou le changement de destination des commerces existants au rez de chaussée est interdit.	104	156	93%	92%	90%	
Ub	Zone à dominante d'habitat dans laquelle des constructions sont déjà implantées. Les installations à caractère de services, d'activités urbaines et d'équipements collectifs sont autorisés.	758	579	37%	31%	40%	
Ubb	Lotissement du Cahouet et de la Gerbe de Blé et secteur de l'ancienne ZAC des Prises.	141	344	33%	32%		
Ubc	Lotissements de Richebourg et de la Grange. Les clôtures s'harmonisent avec celles de la ZAC de Richebourg.	45	616	26%	26%		
Uc	Zone constituée par les écarts, les hameaux d'une certaine importance et les petites agglomérations situées en zone rurale.	201	465	45%	40%	50%	
Uca	Secteur du village du Temple.	16	657	46%	34%		
Ucp	Secteur où existe une préoccupation patrimoniale.	17	584	53%	41%		
Ue	Zone regroupant des activités économiques légères et des constructions à usage de services, d'artisanat et de commerces.	34	1 554	69%	37%	70%	x
Ues	Secteur réservé uniquement aux constructions à usage de services.	1	3 236	92%	37%		
Uf	Zone d'activités économiques réservée aux constructions à usage d'industrie, de services, d'artisanat, d'équipements et de commerces.	92	3 804	67%	31%	70%	x
Ui	Zone destinée à accueillir les activités sportives, de loisirs et de tourisme, ainsi que les campings caravanings et parcs résidentiels de loisirs.	6	1 149	25%	25%		x
Us	Zone réservée aux équipements collectifs (scolaires, sanitaires, médico-social, administratifs, sportifs...)	15	4 285	61%	36%		x
Usc	Secteur réservé à la réalisation de constructions d'équipements collectifs ou d'intérêt général dans la ZAC de Richebourg-Ste-Croix.	1	58	10%	0%		x

Parcelles Bâties : S parcelle > 50m² & Coeff. Imperm. > 30 % OU S parcelle < 50m² & Coeff. Imperm. > 80%
Parcelles Divisibles : S parcelle > 800 m² & (10% < Coeff. Imperm. < 30 % OU S bati > 100 m²)
Parcelles Vierges : S parcelle > 50 m² & Coeff. Imperm. < 10%
Parcelles non exploitables : Autres

Tableau 31 : Prescription du zonage pluvial par rapport à l'imperméabilisation future

8.2.2. Gestion des eaux pluviales sur les zones d'urbanisation future

La gestion quantitative des eaux pluviales sur toutes les zones d'urbanisation future est imposée au zonage pluvial.

Les eaux doivent prioritairement être infiltrées.

A défaut (impossibilité justifiée), les eaux pluviales devront être régulées dans des ouvrages dimensionnés :

- ▶ pour un débit de rejet de 3 l/s/ha
- ▶ pour la pluie trentennale

Sur la base des coefficients d'imperméabilisation pris en hypothèse sur les zones AU, le dimensionnement des ouvrages de régulation à implanter sur chaque zone a été réalisé par la méthode des pluies préconisées par l'Instruction Technique de 1977.

Les coefficients de Montana utilisés sont les suivants :

Durée des pluies	a	b
6 minutes à 1 heure	5,207	0,535
1 heure à 6 heures	15,868	0,809
6 à 24 heures	11,274	0,754

Tableau 32: Coefficients de Montana pour une période de retour T=30 ans (station Nantes-Bouguenais sur la période 1982-2016)

L'application de cette méthode conduit au dimensionnement suivant : volume de 440 m³ par hectare imperméabilisé pour les zones AU.

Le dimensionnement des ouvrages à mettre en œuvre sur chaque zone sont indiqués ci-dessous à titre indicatif, sur la base des hypothèses d'imperméabilisation indiquées au chapitre précédent.

En fonction de l'imperméabilisation réelle, les futurs ouvrages devront cependant bien être dimensionnés à hauteur de 440 m³ / ha imperméabilisé pour les zones AU :

Type de zone	N° de la zone	Surface totale (ha)	Coefficient d'imperméabilisation futur	Surface imperméabilisée (ha)	Débit de fuite autorisé (l/s)	Volume de rétention retenu (m3)
1AU	Zone 1	5.1	0.5	2.5	15.3	1119
1AU	Zone 2	5.3	0.5	2.7	16.0	1174
1AU	Zone 3	6.7	0.5	3.3	20.1	1471
1AUa	Zone 4	0.2	0.5	0.1	-	-
1AUa	Zone 5	10.3	0.5	5.1	30.9	2265
1AUa	Zone 6	6.1	0.5	3.0	18.3	1340
1AUba	Zone 7	0.2	0.5	0.1	-	-
1AUba	Zone 8	0.8	0.5	0.4	-	-
1AUbb	Zone 9	0.3	0.5	0.1	-	-
1AUbb	Zone 10	0.3	0.5	0.2	-	-
1AUe	Zone 11	4.2	0.5	2.1	12.6	921
1AUe	Zone 12	2.9	0.5	1.4	8.7	635
1AUes	Zone 13	0.4	0.5	0.2	-	-
1AUes	Zone 14	2.2	0.5	1.1	6.5	474
1AUes	Zone 15	1.4	0.5	0.7	4.2	311
1AUesc	Zone 16	1.1	0.5	0.6	3.4	246
2AU	Zone 17	6.0	0.5	3.0	17.9	1312
2AU	Zone 18	1.1	0.5	0.5	3.2	232
2AU	Zone 19	40.3	0.5	20.2	121.0	8875
2AU	Zone 20	15.7	0.5	7.8	47.0	3448
2AU	Zone 21	10.2	0.5	5.1	30.6	2241
2AU	Zone 22	7.5	0.5	3.7	22.4	1641
2AU	Zone 23	36.6	0.5	18.3	109.9	8059
2AU	Zone 24	3.7	0.5	1.9	11.2	824
2AU	Zone 25	9.6	0.5	4.8	28.8	2114
2AU	Zone 26	2.9	0.5	1.4	8.6	628
2AU	Zone 27	2.4	0.5	1.2	7.3	533
2AU	Zone 28	6.2	0.5	3.1	18.5	1356
2AU	Zone 29	5.4	0.5	2.7	16.1	1180
2AU	Zone 30	1.7	0.5	0.9	5.2	378
2AU	Zone 31	20.5	0.5	10.2	61.5	4506
AUf	Zone 32	3.2	0.5	1.6	9.6	703

Tableau 33 : Dimensionnement des mesures compensatoires à mettre en œuvre sur chaque zone à urbaniser en fonction des prescriptions du zonage

8.2.3. Diagnostic en situation future intégrant les prescriptions du zonage

Le diagnostic des réseaux a été réalisé sur la pluie trentennale en intégrant les mesures préconisées au zonage pluvial et présentées au chapitre précédent :

- ▶ Limitation de l'imperméabilisation : maintien des surfaces de voiries actuelles et imperméabilisation des parcelles limitée à la valeur du coefficient imposé
- ▶ Gestion des eaux pluviales sur les zones d'urbanisation future : maintien des propriétés de ruissellement actuelles (car ce sera bien le cas tant que les zones ne seront pas aménagées).

Sur ces bases, le diagnostic obtenu est présenté sur la carte de l'Annexe 3 – 6 – Résultats de simulation en situation future non aménagée.

Les secteurs présentant des dysfonctionnements sont les mêmes qu'en situation actuelle. Les volumes débordés sont de 8575 m³ au total, soit environ 600 m³ de plus qu'en situation actuelle. Au niveau des bassins de régulation, le diagnostic est le suivant :

Bassin	Volume utile (m ³)	Taux de remplissage	Débit de fuite	Volume surversé (m ³)	Superficie drainée	Débit de fuite
BR 1	162	100%	27.31 l/s	272.7	4.1 ha	6.66 l/s/ha
BR 2	1417	25%	1.03 l/s	-	7.7 ha	0.13 l/s/ha
BR 5	287	53%	368.82 l/s	-	5.35 ha	68.94 l/s/ha
BR 6	2424	8%	13 l/s	-	4.34 ha	3 l/s/ha
BR 7	898	24%	10.01 l/s	-	3.41 ha	2.94 l/s/ha
BR 8	142	100%	6 l/s	151.8	2.06 ha	2.91 l/s/ha
BR 13	2876	33%	152.59 l/s	-	6.98 ha	21.86 l/s/ha
BR 14	676	7%	33.45 l/s	-	1.82 ha	18.38 l/s/ha
BR 15	794	7%	23.02 l/s	-	0.95 ha	24.23 l/s/ha
BR 16	3077	35%	9.62 l/s	-	11.66 ha	0.83 l/s/ha
BR 17	188	49%	105.42 l/s	-	1.95 ha	54.06 l/s/ha
BR 18	2932	37%	30.59 l/s	-	5.93 ha	5.16 l/s/ha

Les ouvrages en rouge ont un débit de fuite supposé de 3l/s/ha

Tableau 34 : Diagnostic des ouvrages de régulation - T= 30 ans – Situation future non aménagée

Comme en situation actuelle, on observe en général une faible sollicitation des différents ouvrages et des débits de fuite variant de 0,83 l/s/ha à 68,94 l/s/ha, soit largement au-dessus des préconisations locales : 3 l/s/ha.

Le BR2 présente un débit de fuite faible car c'est un bassin d'infiltration.

Le BR1 et le BR8 débordent. Une optimisation de l'ensemble des ouvrages est à envisager afin que les ouvrages jouent pleinement leur rôle.

9. Programme d'aménagements sur l'existant

9.1. Niveaux de protection retenus

Les aménagements proposés protègent contre une pluie trentennale pour les secteurs suivants :

- ▶ Secteur n°2 : Route de la Forêt
- ▶ Secteur n°5 : Boulevard Gilles de Retz
- ▶ Secteur n°6 : Rue Sainte Croix – Rue Saint Nicolas
- ▶ Secteur n°8 : Impasse du Gué
- ▶ Secteur n° 10 : Rue Denis Papin et rue Alfred Nobel
- ▶ Secteur 12 : Rue du Littoral – Rue des Embruns – Rue des Alizés

Un objectif dégradé a été retenu pour les secteurs suivants :

- ▶ Secteur n°5 : Rue Marcel Brunelière (protection contre un événement de période de retour 2 ans)
- ▶ Secteur n°7 : Place du Champ de Foire (protection contre un événement de période de retour 10 ans)

9.2. Descriptif des aménagements retenus

L'ensemble des aménagements des secteurs sont décrits sur la carte présentée en [Annexe – 6 – Préconisations d'aménagements](#).

Les aménagements préconisés sont décrits ci-après.

9.2.1. Secteur 2 : Route de la Forêt

La route de la forêt est identifiée par la commune comme un des secteurs problématiques.

L'étude sur les secteurs prioritaires propose une déconnexion du réseau du rondpoint de la forêt, situé en amont. Cette déconnexion permet d'éviter qu'une partie des eaux pluviales de la D13 s'écoule dans le réseau de la route de la forêt.

Cette déconnexion n'est pas suffisante pour éviter les débordements pour une pluie de période de retour 30 ans.

Il est proposé un redimensionnement de la partie aval du réseau. La figure ci-après montre le détail des aménagements retenus.



Figure 11: Aménagements du secteur 2

Le réseau Ø400 est à redimensionner en Ø500 puis Ø800 afin d'accélérer l'évacuation des eaux pluviales. Cet aménagement permettra d'éviter les débordements en amont.

9.2.2. Secteur 4 : La Gare

Comme expliqué dans les paragraphes précédents, la configuration actuelle du réseau est inconnue.

Nous préconisons de réaliser des ITV pour déterminer la configuration actuelle du réseau.

9.2.3. Secteur 5

9.2.3.1. Boulevard Gilles de Retz

Sur ce secteur, il est préconisé de créer deux bassins de rétention sur des parcelles communales. L'écoulement est à réorienter vers ces bassins. Ceci permet de réduire les apports d'eau vers la rue Marcel Brunelière, située en aval.

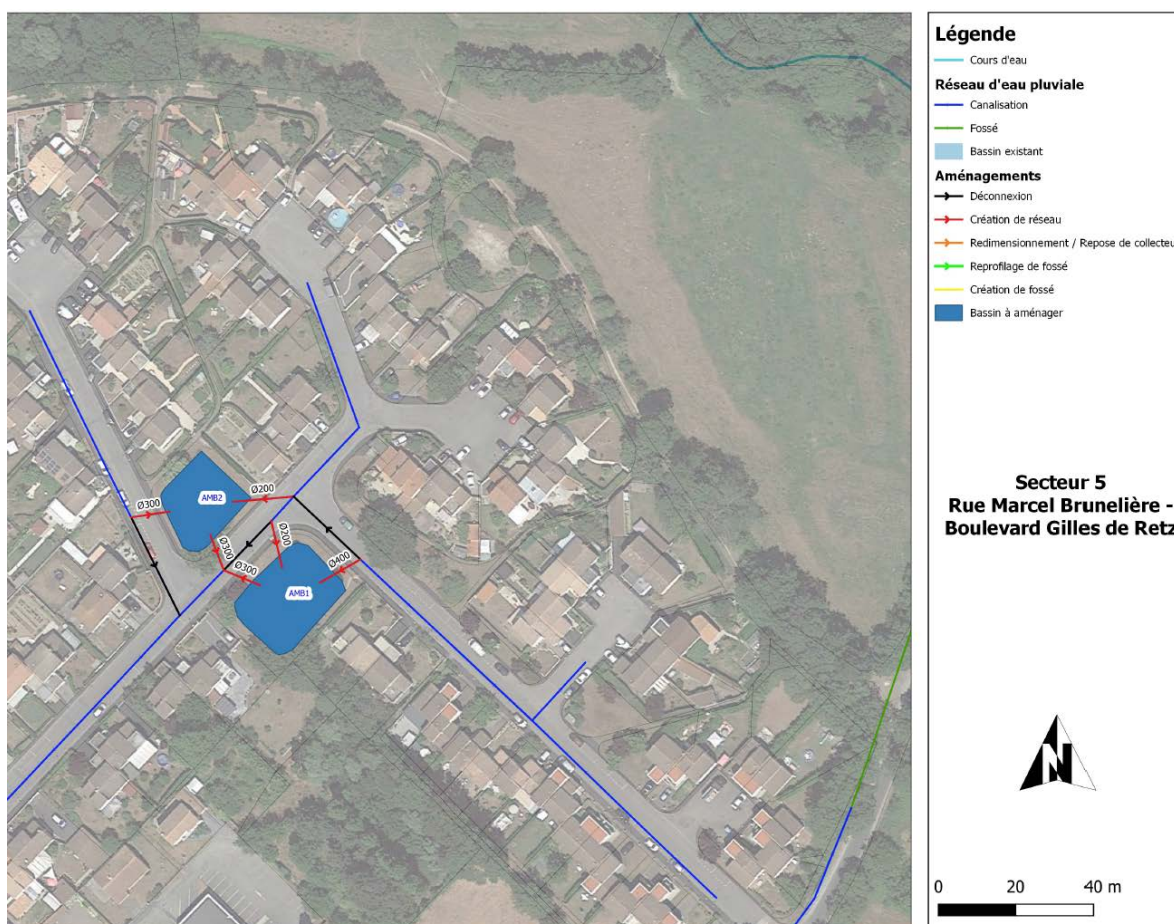


Figure 12: Aménagements du secteur 5 - Boulevard Gilles de Retz

L'utilisation de deux canalisations $\varnothing 200$ permet de répartir le débit entre les deux bassins
Les volumes et débits de fuite des bassins sont les suivants :

- ▶ AMB1 :
 - Volume : 480 m³
 - Débit de fuite : 7 l/s
- ▶ AMB2 :
 - Volume : 280 m³
 - Débit de fuite : 2 l/s
 - Ajout d'un clapet anti-retour en sortie d'ouvrage pour éviter le remplissage par l'aval

9.2.3.2. Rue Marcel Brunelière

Aucun aménagement n'est à prévoir dans la rue Marcel Brunelière.

Les aménagements proposés dans le boulevard Gilles de Retz et dans la rue Gustave Eiffel permettent néanmoins d'améliorer la situation.

Un objectif dégradé est retenu pour cette rue, avec un niveau de protection contre une pluie biennale.

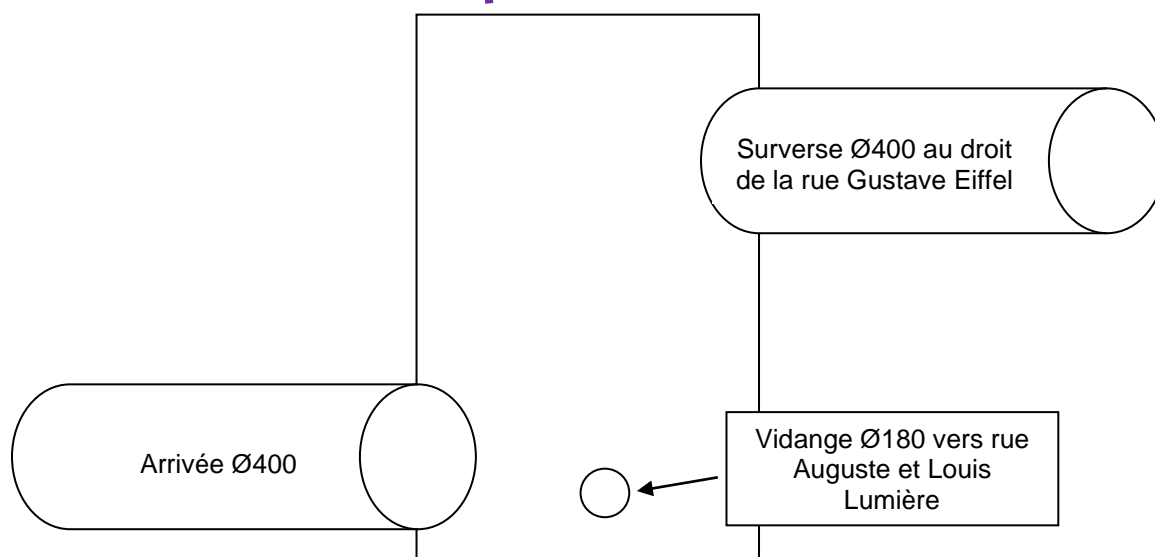
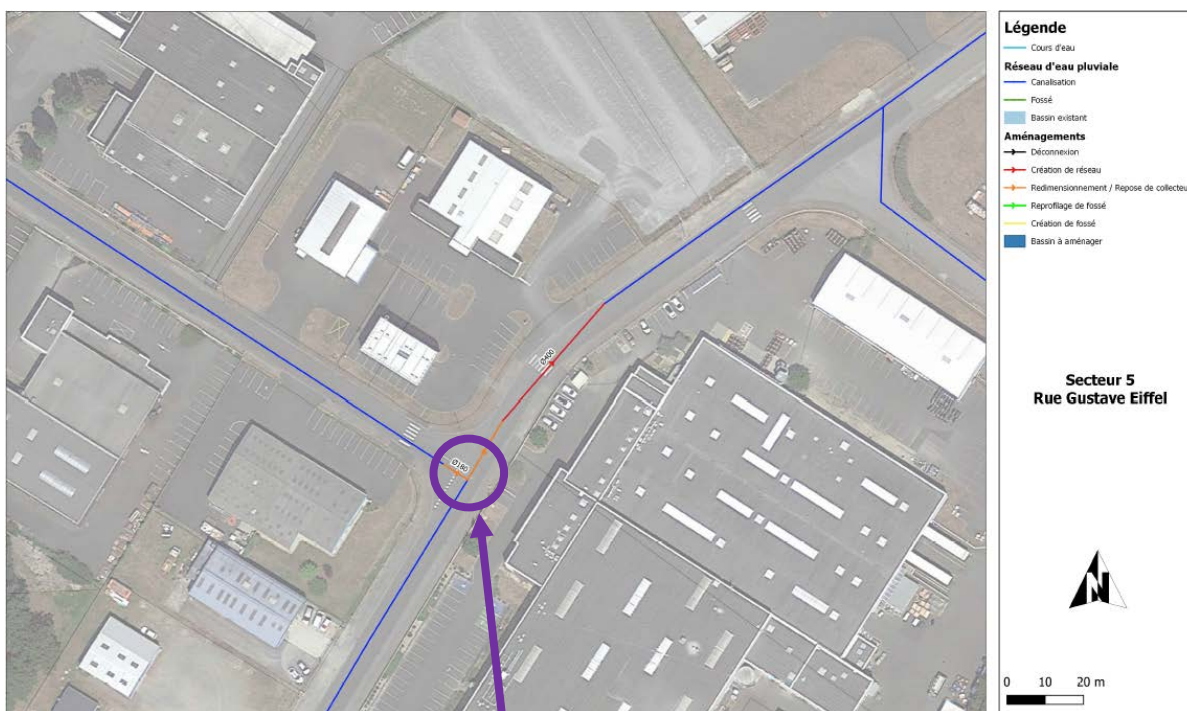
L'apport principal d'eaux pluviales de cette rue est généré par la grande surface imperméabilisée de l'usine MFC.

Dans le cas d'une déconnexion ou de la création d'un bassin de régulation pour les rejets de cette usine, les débordements restants seraient de l'ordre de 200 m³ pour une pluie décennale (contre 970 m³ sans modification des rejets)

9.2.3.3. Rue Gustave Eiffel

Afin de limiter l'apport d'eau dans la rue Marcel Brunelière, il est préconisé de dévier une partie des eaux en amont. Les aménagements proposés ci-après permettent de réaliser ce délestage.

Il est proposé de réorienter la majeure partie de l'écoulement au droit de la rue Gustave Eiffel via la création d'une surverse et l'ajout d'une vidange.



9.2.4. Secteur 6 : Rue Sainte Croix – Rue Saint Nicolas

Pour ce secteur, il est préconisé de déconnecter le réseau de la rue Brie Serrant afin de dévier l'écoulement vers le Boulevard des Régents.



Figure 13: Aménagements du secteur 6

Un réseau Ø500 est à créer dans le Boulevard des Régents et une partie du réseau à redimensionner de Ø300 à Ø400 dans la rue Brie Serrant.

Afin de résorber totalement les débordements, il est également préconisé de redimensionner une partie du réseau de la rue Saint Nicolas de Ø300 à Ø400.

9.2.5. Secteur 7 : Place du Champ de Foire

Le réseau pluvial en aval du secteur est sous dimensionné. Il est proposé d'ajouter deux délestages en amont (création de réseau Ø300 dans la rue des Basclotières et dans la Rue des Capucins) afin de dévier une partie de l'écoulement.

Il convient également de redimensionner une partie du réseau Ø400 en Ø500.

Les aménagements sont présentés sur la figure suivante :



Figure 14: Aménagements du secteur 7

Il est proposé sur ce secteur un **objectif de protection dégradé**.

En effet, cet aménagement ne permet pas de se protéger contre une pluie de période de retour 30 ans. En revanche, il évite les débordements pour une pluie de période de retour 10 ans.

9.2.6. Secteur 8 : Rue du Bourg Saint Martin – Impasse du Gué

La modélisation met en évidence des débordements sur ce secteur. Ils sont causés par l'absence de fossé en aval. Ces débordements occasionnent des ruissellements sur voirie.

Il convient de prolonger et recalibrer le fossé existant afin d'éliminer ces ruissellements.



Figure 15: Aménagements du secteur 8

9.2.8. Secteur 12 : Rue du Littoral – Rue des Embruns – Rue des Alizés

Un ouvrage enterré est supposé dans ce secteur. Le réseau de la rue des Embruns reste néanmoins sous dimensionné pour une pluie trentennale. Il convient de le redimensionner.

Le réseau de la rue des Tilleuls et à prolonger afin de le connecter au réseau existant.

La figure ci-après reprend l'ensemble des aménagements à réaliser sur le secteur :



Figure 17: Aménagements du secteur 12

9.3. Programme d'aménagements chiffré

Le programme complet des aménagements est récapitulé et chiffré dans le tableau ci-dessous et pages suivantes.

Le montant total des travaux est estimé à 610 000 € HT.

Secteur 2 : Route de la Forêt		
Descriptif des aménagements	Quantité	Coût total (€ HT)
Réseaux	310 m	218 300 €
Ø500	11 m	5 900 €
Ø800	299 m	212 400 €
Estimatif des coûts de l'aménagement		218 300 €

Secteur 05 : Rue Marcel Brunelière - Bd Gilles de Retz		
Descriptif des aménagements	Quantité	Coût total (€ HT)
Réseaux	89 m	31 200 €
Ø180	7 m	2 200 €
Ø200	24 m	7 100 €
Ø300	10 m	3 000 €
Ø400	48 m	18 900 €
Création d'un bassin de rétention	235 m³	28 200 €
Création d'un bassin de rétention	480 m³	40 800 €
Estimatif des coûts de l'aménagement		100 200 €

Secteur 06 : Rue Sainte Croix - Rue Saint Nicolas		
Descriptif des aménagements	Quantité	Coût total (€ HT)
Réseaux	301 m	112 600 €
Ø400	152 m	45 500 €
Ø500	149 m	67 100 €
Estimatif des coûts de l'aménagement		112 600 €

Secteur 07 : Place du Champ de Foire		
Descriptif des aménagements	Quantité	Coût total (€ HT)
Réseaux	108 m	43 800 €
Ø300	33 m	10 000 €
Ø500	75 m	33 800 €
Estimatif des coûts de l'aménagement		43 800 €

Secteur 08 : Rue du Bourg Saint Martin		
Descriptif des aménagements	Quantité	Coût total (€ HT)
Fossés	62 m	900 €
Reprofilage de fossé	62 m	900 €
Estimatif des coûts de l'aménagement		900 €

Secteur 10 : Rue Denis Papin et Rue Alfred Nobel		
Descriptif des aménagements	Quantité	Coût total (€ HT)
Réseaux	162 m	76 200 €
Ø300	12 m	3 700 €
Ø500	85 m	33 200 €
Ø500	25 m	11 200 €
Ø800	40 m	28 100 €
Fossés	158 m	2 400 €
Reprofilage de fossé	158 m	2 400 €
Estimatif des coûts de l'aménagement		78 600 €

Secteur 12 : Rue du Littoral		
Descriptif des aménagements	Quantité	Coût total (€ HT)
Réseaux	170 m	55 800 €
Ø200	46 m	13 700 €
Ø300	72 m	21 700 €
Ø400	52 m	20 400 €
Estimatif des coûts de l'aménagement		55 800 €

Tableau 35: Chiffrage des aménagements préconisés

9.4. Résultats en situation future aménagée

Les résultats de la simulation réalisée en situation future aménagée, c'est-à-dire après urbanisation de la commune et réalisation des aménagements préconisés, sont présentés en **Annexe 3 –7– Résultats de simulation en situation future aménagée** pour la pluie de période de retour 30 ans.

Numéro du secteur	Localisation	Situation actuelle	Situation future non aménagée	Situation future aménagée	
		Volume de débordement en m3 (T= 30 ans)	Volume de débordement en m3 (T= 30 ans)	Volume de débordement en m3 (T= 30 ans)	Pourcentage de débordements évités sur une pluie Trentennale
4	La Gare	372	369	369	-
5	Rue Marcel Brunelière - Boulevard Gilles de Retz	2857	3033	1880	38%
6	Rue Saint Nicolas	353	356	8	98%
7	Place du Champ de Foire	442	559	212	62%
8	Rue du Bourg Saint Martin	544	587	92	84%
9	La Gate	102	102	102	-
10	Rue Denis Papin et Rue Alfred Nobel	335	353	60	83%
11	Saint-Même-Le-Tenu	149	214	214	-
12	Rue du Littoral - Rue des Embruns - Rue des Alizés	273	349	89	74%

Les volumes indiqués en rouge ne tiennent pas compte d'un éventuel stockage souterrain

Tableau 36: Impact des aménagements sur les volumes débordés

Les aménagements proposés évitent 2500 m³ de débordements pour une pluie trentennale, soit 50% de débordements initiaux.

De gros débordements subsistent sur les secteurs 4, 5 et 7.

Pour les secteurs 5 et 7, des objectifs dégradés de protection contre des événements respectivement biennal et décennal ont été retenus, ce qui explique de gros volumes débordés pour une trentennale. Pour le secteur 4, aucun aménagement n'a été proposé en raison d'une configuration inconnue du réseau.

Il reste des débordements diffus sur le reste du territoire et de faible ampleur, ne présentant que peu d'enjeu.

10. Programme d'entretien

10.1. Entretien du réseau d'eaux pluviales

Afin qu'ils conservent leurs propriétés hydrauliques, les réseaux de collecte des eaux pluviales (canalisations, fossés, noue) devront être régulièrement entretenus.

Par conséquent, il est recommandé de nettoyer les ouvrages (avaloirs, grilles) après chaque événement pluvieux important et régulièrement tout au long de l'année, et en particulier au cours de l'automne (débris végétaux plus importants). Lors de ces nettoyages, les regards doivent être inspectés : si un ensablement important est marqué, il peut être judicieux d'envisager d'effectuer un hydrocurage des réseaux concernés.

10.2. Entretien des ouvrages de régulation

L'entretien et le bon fonctionnement de tous les dispositifs de régulation seront assurés par le maître d'ouvrage.

Ces ouvrages seront entretenus comme un espace vert avec tonte ou fauchage régulier (les produits de la tonte ainsi que les feuilles mortes seront évacuées).

Les principes d'intervention et d'entretien sont les suivants :

- ▶ Interdiction de l'utilisation de produits phytosanitaires (désherbants chimiques) pour l'entretien des voies
- ▶ Entretien de la végétation (arrosage, élagage, tonte, fauche, ...)

L'entretien des ouvrages devra comprendre :

- ▶ La surveillance régulière de l'arrivée des eaux et du bon écoulement en sortie,
- ▶ La tonte régulière des surfaces enherbées,
- ▶ 1 visite mensuelle avec l'enlèvement des gros obstacles (branches, etc.), des flottants et déchets piégés dans les dégrilleurs. Ces déchets devront être évacués avec les ordures ménagères,
- ▶ Un faucardage 2 fois par an,
- ▶ Le nettoyage des avaloirs et ouvrages de vidange, avec actionnement régulier de la vanne de confinement,
- ▶ Le nettoyage de la cloison siphonide,
- ▶ La vérification de la stabilité et de l'étanchéité des berges,
- ▶ Le curage des ouvrages. Ce curage devra être fait à intervalles réguliers (délais moyens de l'ordre de 2 à 5 ans) afin de récupérer les boues de décantation. Une analyse de toxicité des boues devra être faite chaque fois que cette opération de curage sera réalisée et permettra de déterminer la filière de valorisation à terme.

10.3. Entretien des fossés

Pour l'ensemble des fossés enherbés, il est nécessaire de mettre place les pratiques suivantes :

- ▶ Fauchage : Une à deux tontes annuelles permettra de maintenir la végétation en place tout en favorisant la diversité floristique. La végétation sera maintenue haute (10-15 cm minimum) afin de garantir l'efficacité du système. L'utilisation des produits phytosanitaires est proscrite.
- ▶ Curage des fossés : A plus long terme, l'entretien devra consister en un curage des fossés afin de rétablir leur capacité hydraulique. Cette opération ne doit toutefois pas être trop fréquente car elle supprime toute végétation.

Annexes

ANNEXE 1 - ANOMALIES CONSTATEES LORS DES RECONNAISSANCES

ANNEXE 2 - BASSINS VERSANTS PAR EXUTOIRES

ANNEXE 3 – 1 - RESULTATS DE SIMULATION – T= 2 ANS – SANS CONTRAINTE AVAL

ANNEXE 3 – 2 - RESULTATS DE SIMULATION – T= 10 ANS – SANS CONTRAINTE AVAL

ANNEXE 3 – 2BIS - RESULTATS DE SIMULATION – T= 10 ANS – CONTRAINTE HAUTE HIVERNALE

ANNEXE 3 – 3 - RESULTATS DE SIMULATION – T= 30 ANS – SANS CONTRAINTE AVAL

ANNEXE 3 – 4 - RESULTATS DE SIMULATION – T= 100 ANS – SANS CONTRAINTE AVAL

ANNEXE 3 – 5 - RESULTATS DE SIMULATION – CRUE EXCEPTIONNELLE

L'ANNEXE 3 – 6 – RESULTATS DE SIMULATION EN SITUATION FUTURE NON AMENAGEE.

ANNEXE 3 – 7 – RESULTATS DE SIMULATION EN SITUATION FUTURE AMENAGEE

ANNEXE 4 - PLAN DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES

ANNEXE 5 – LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT PAR TEMPS DE PLUIE

ANNEXE – 6 – PRECONISATIONS D'AMENAGEMENTS.



sce

Aménagement
& environnement

www.sce.fr

GRUPE KERAN