

DEPARTEMENT DES COTES D'ARMOR

COMMUNE DE PLOULEC'H

**SCHEMA DIRECTEUR DES EAUX
PLUVIALES**

« DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ACTUELLE »
« PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS »
« ETUDE SOMMAIRE DES DEVELOPPEMENTS
FUTURS ENVISAGEABLES »

HYN05922D / RYAZI

Août 2010

Etudes générales

- Assistance au Maître d'Ouvrage
- Maîtrise d'œuvre conception
- Maîtrise d'œuvre travaux
- Formation

Document réalisé par :

Agence de Nantes
7, rue de la Rainière
Parc du Perray
CS 83909
44339 - Nantes Cedex

Tél. : 02 51 86 04 40
Fax : 02 51 86 04 50
nantes.egis-eau@egis.fr

Siège social
78, allée John Napier
CS 89017
34965 - Montpellier Cedex 2

Tél. : 04 67 99 22 00
Fax : 04 67 65 03 18
montpellier.egis-eau@egis.fr

<http://www.egis-eau.fr>

Chef de Projet :

Alireza Ryazi

HYN05922D

version du 16/05/13

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| I. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE | 3 |
| II. CONTEXTE DE LA ZONE D'ETUDE | 4 |
| II.1. Définition de la zone d'étude | 4 |
| II.2. Topographie | 4 |
| II.3. Réseau hydrographique | 5 |
| II.4. Projets d'urbanisation | 6 |
| II.5. Réseaux d'eaux pluviales | 7 |
| II.6. Exutoires des réseaux d'eaux pluviales | 7 |
| II.7. Réseaux d'eaux usées | 7 |
| II.8. Natura 2000 | 8 |
| II.9. ZNIEFF | 8 |
| II.10. Levés topographiques | 9 |
| II.11. Bassin tampon de la commune | 10 |
| II.12. Etude hydraulique déjà réalisée sur la commune | 12 |
| II.13. Données climatologiques | 13 |
| II.13.1. Station météorologique de référence | 13 |
| II.13.2. Précipitations | 13 |
| II.13.3. Coefficient de Montana | 14 |
| II.13.4. Pluie de projet type " Desbordes " | 14 |
| III. DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES | 15 |
| III.1. Malfaçons et dysfonctionnements des réseaux d'eaux pluviales | 15 |
| III.2. Etude qualitative | 20 |
| III.2.1. La Directive Cadre Européenne | 20 |
| III.2.2. Qualité des cours d'eau | 20 |
| III.2.3. Qualité des eaux pluviales | 22 |
| IV. MODELISATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES DE LA COMMUNE DE PLOULEC'H | 25 |
| IV.1. Montage du modèle | 25 |
| IV.1.1. Présentation du modèle | 25 |
| IV.1.2. Principe de la méthodologie | 26 |
| IV.2. Simulation du fonctionnement hydraulique et hydrologique (état actuel) | 27 |
| IV.2.1. Construction du modèle | 27 |
| IV.2.2. Simulation hydraulique en situation actuelle | 37 |
| IV.3. Conclusion et Analyse des résultats : | 39 |
| V. PHASE II : PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS | 40 |
| V.1. Notice explicative sur le chiffrage des aménagements préconisés | 41 |
| V.1.1. Méthode appliquée pour l'estimation des coûts des aménagements préconisés | 41 |
| V.1.2. Etudes complémentaires nécessaires pour affiner le chiffrage | 41 |
| V.1.2.1. Levés topographiques | 41 |
| V.1.2.2. Investigations géotechniques | 41 |
| V.1.2.3. Sondage (uniquement pour une digue) | 42 |
| V.1.2.4. Reconnaissance du site | 42 |
| V.1.2.5. Suivi piézométrique | 42 |
| V.1.2.6. Les essais en laboratoire | 42 |
| V.1.2.7. Etude de danger (uniquement pour un ouvrage de rétention) | 43 |
| V.2. Problème hydraulique de la zone d'activités de Bel Air: | 43 |
| V.3. Problème hydraulique de la route de Kerissy: | 44 |

| | |
|--|-----------|
| V.4. Réseaux encrassés de la commune: | 47 |
| V.5. Présence d'eaux usées dans les réseaux d'eaux pluviales de la commune: | 47 |
| VI. CONCLUSION | 47 |
| VII. PHASE III : ETUDE SOMMAIRE DES DEVELOPPEMENTS FUTURS ENVISAGEABLES | 48 |
| ANNEXES 51 | |
| ANNEXE I : PLANS DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES | 52 |
| ANNEXE II : CARACTERISTIQUES DES PLUIES DE PROJET | 53 |
| ANNEXE III : LEVES TOPOGRAPHIQUES DES REGARDS ET DES GRILLES PLUVIALES 54 | |
| ANNEXE IV : RESULTATS DES SIMULATIONS | 55 |
| ANNEXE V : DONNEES METEO-FRANCE | 56 |

I. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

La commune de Ploulec'h souhaite réaliser une étude hydraulique sur les principaux secteurs de son territoire, ceux actuellement urbanisés et ceux en devenir. Cette étude a pour but d'intégrer les contraintes inhérentes à la gestion des eaux de ruissellement dans la réflexion qu'elle engage sur son urbanisme.

Cette étude est motivée par le souhait de disposer d'un diagnostic de l'état actuel du réseau eaux pluviales, tant sur le plan quantitatif que qualitatif et de définir les mesures compensatoires à mettre en œuvre afin de gérer le surplus d'eaux pluviales induit par l'urbanisation future de la commune en respectant le cadre réglementaire de la loi sur l'eau.

Les principaux buts de cette étude sont les suivants :

- Etudier le fonctionnement des réseaux d'eaux pluviales dans l'état actuel,
- Proposer des solutions adaptées (bassins, réseaux, création d'exutoires...) pour résoudre les dysfonctionnements éventuels du réseau existant et gérer au mieux les incidences de l'urbanisation future,
- Réaliser un zonage pluvial,
- Etablir le dossier de déclaration de la régularisation des eaux pluviales existantes.

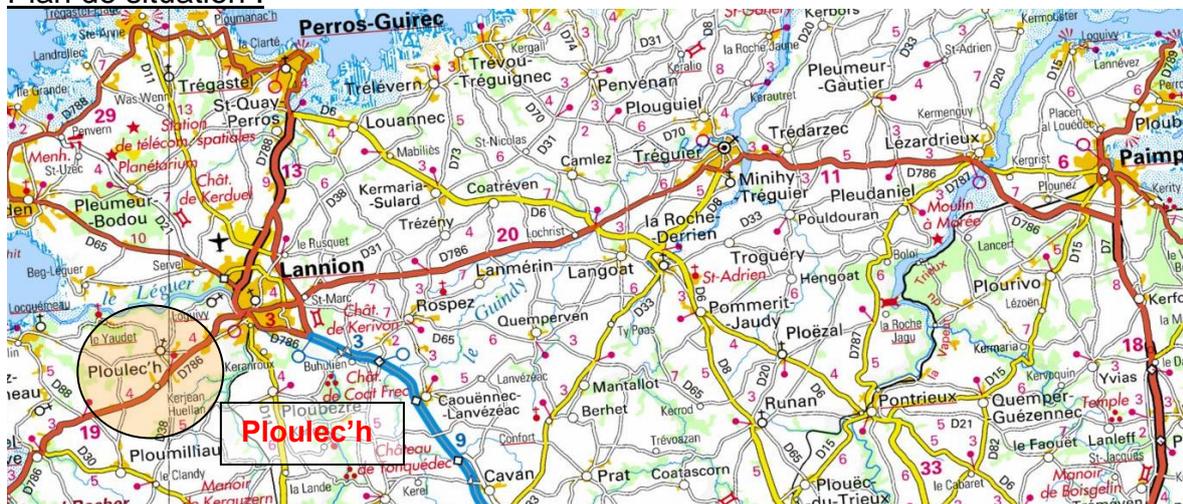
Ce rapport a pour objet de réaliser une étude de diagnostic des réseaux d'eaux pluviales de la commune de Ploulec'h et de proposer des aménagements pour améliorer la situation actuelle.

II. CONTEXTE DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE

La commune de Ploulec'h se trouve à 5 km au Sud Ouest de Lannion, département des Côtes d'Armor.

Plan de situation :



La zone d'étude concerne l'ensemble du territoire communal.

Le territoire de la ville de Ploulec'h s'étend sur 1 015 ha.

Cette commune est constituée essentiellement par deux secteurs urbanisés : le centre bourg et Le Yaudet.

Cette commune appartient à la Communauté d'Agglomération de Lannion Trégor.

La commune de Ploulec'h comptabilise 1 620 habitants.

Le PLU est en cours d'élaboration.

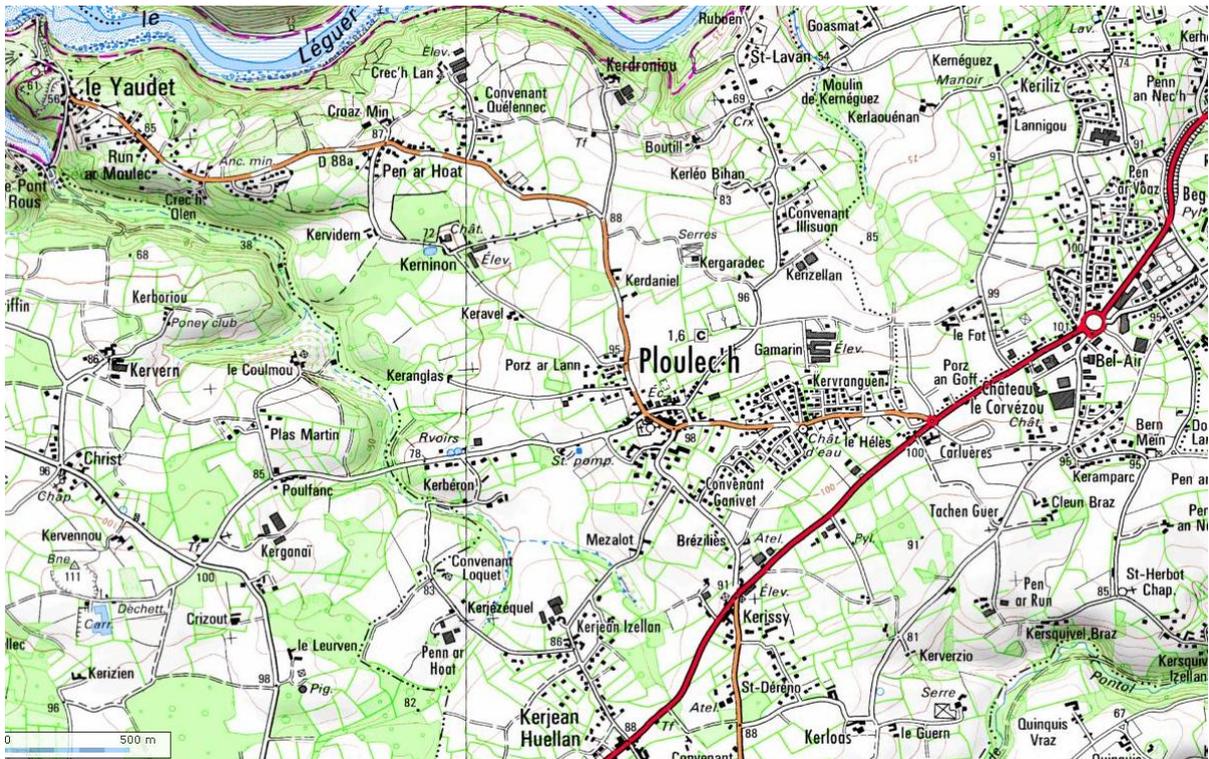
Aucun problème hydraulique en zone urbaine ne nous a été transmis par la mairie.

II.2. TOPOGRAPHIE

Le centre bourg de la commune est situé à l'altitude de 98 m IGN 69 et Le Yaudet à 65 m IGN 69.

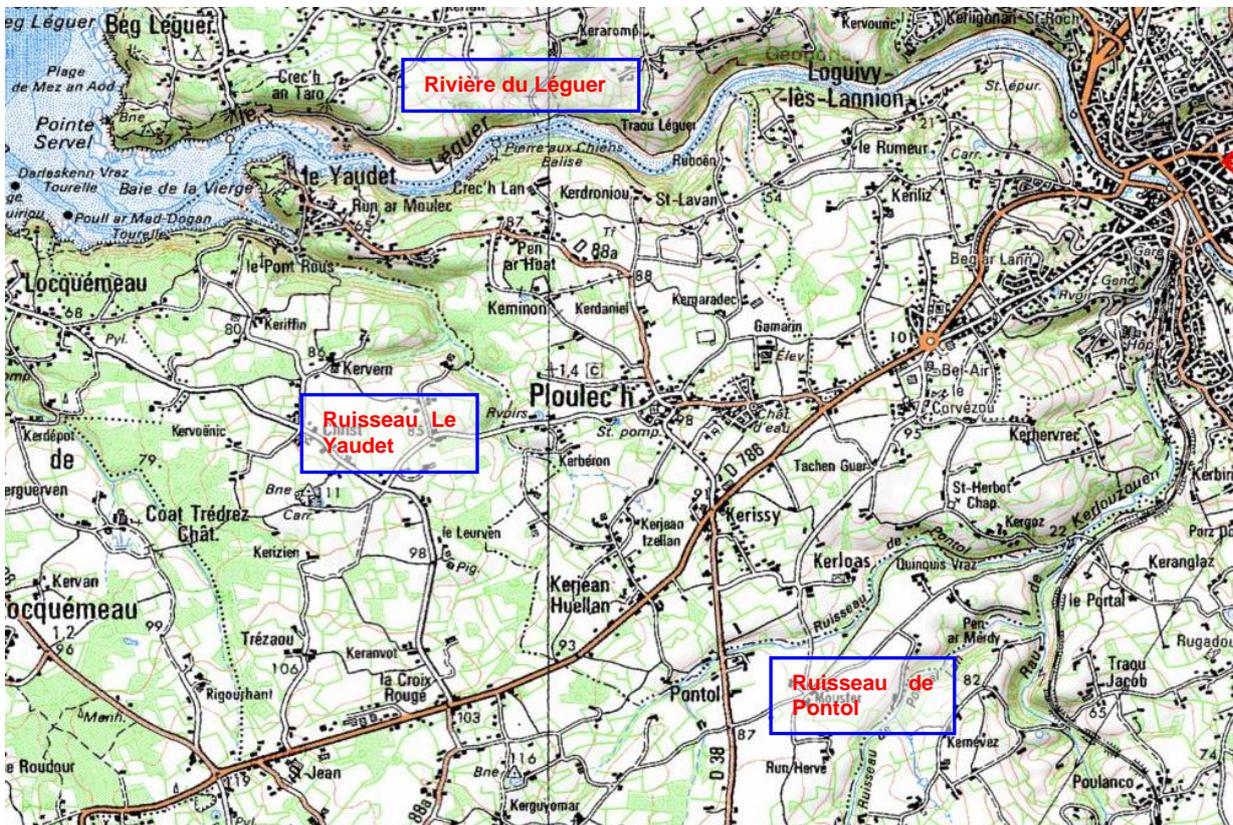
Le territoire de la commune se limite au Nord par la rivière du Léguer et au Sud par le ruisseau de Pontol.

La commune de Ploulec'h présente en effet un relief prononcé vers les ruisseaux.



II.3. RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le secteur d'étude est drainé par la rivière du Léguer située au Nord et par un affluent de cette rivière, le ruisseau de Pontol et par le ruisseau Le Yaudet.



La rivière du Léguer : Il prend sa source dans les tourbières de Saint-Houarneau sur la commune de Bulat-Pestivien. Il est rejoint par le Guic à Belle-Isle-en-Terre, passe au pied du château de Tonquédec, traverse Lannion et se jette dans la Manche par un estuaire de 9 km à Beg Léguer.

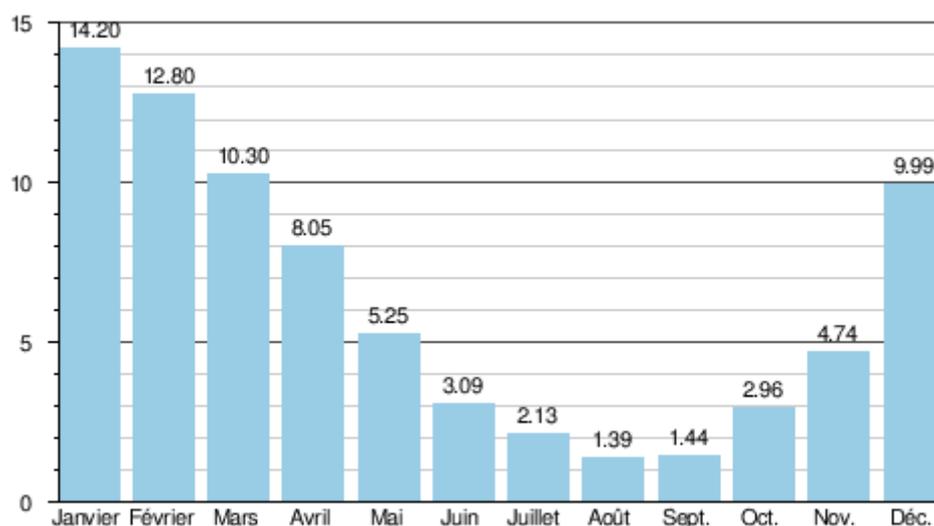
Fréquentée depuis le Néolithique, l'embouchure magnifique de ce fleuve permet de s'aventurer sur la pointe du Yaudet et dans la baie de la Vierge.

La longueur de son cours d'eau est de 60 km. La superficie de son bassin versant est de 480 km².

La vallée du Léguer est un site appartenant au réseau Natura 2000.

La surface du bassin versant du Léguer à la station hydrologique de Pluzunet est de 353 km². La lame d'eau écoulee dans son bassin versant annuellement est de 568 mm, valeur comparable à celle des autres bassins versants de la partie occidentale de la péninsule bretonne. Le débit instantané maximal a été mesuré le 13 décembre 2000 à 0h01. Il était de 92.50 m³/s. Quant au débit journalier maximal il a été mesuré le 26 janvier 1995 et était de 78.10 m³/s. A l'étiage le débit peut descendre jusqu'à 0.61 m³/s en cas de période quinquennale sèche.

Débit moyen mensuel (en m³/s) mesuré à la Station hydrologique de Pluzunet - données calculées sur 17 ans (1993 – 2010)



II.4. PROJETS D'URBANISATION

Un projet de création d'une salle multifonctions proche du gymnase actuel est à l'étude.

La commune souhaite ouvrir à l'urbanisation de nouvelles zones d'habitations principalement au Nord du bourg.

II.5. RESEAUX D'EAUX PLUVIALES

L'ensemble du réseau de la commune de Ploulec'h est de type séparatif.

Sur la zone d'étude, on recense des réseaux busés dont les diamètres varient de 200 mm à 600 mm.

On recense également des fossés à ciel ouvert ainsi que des caniveaux.

Les réseaux d'eaux pluviales de la zone d'étude sont présentés en annexe I.

II.6. EXUTOIRES DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES

Les principaux exutoires des réseaux d'eaux pluviales de la commune de Ploulec'h sont la rivière du Léguer et ses affluents.

16 exutoires d'eaux pluviales ont été recensés sur la zone d'étude.

La localisation de ces exutoires est présentée sur le plan des réseaux d'eaux pluviales de la commune de Ploulec'h à l'annexe I.

Le tableau ci-dessous présente les dimensions de ces exutoires :

Exutoires d'eaux pluviales:

| N° exutoire | Dimension | N° exutoire | Dimension |
|--------------|-----------|---------------|-----------|
| Exutoire N°1 | Ø 300 | Exutoire N°9 | Ø 300 |
| Exutoire N°2 | Ø 200 | Exutoire N°10 | Ø 250 |
| Exutoire N°3 | Ø 200 | Exutoire N°11 | Ø 250 |
| Exutoire N°4 | Ø 160 | Exutoire N°12 | Ø 400 |
| Exutoire N°5 | Fossé | Exutoire N°13 | Ø 300 |
| Exutoire N°6 | Ø 300 | Exutoire N°14 | Ø 300 |
| Exutoire N°7 | Ø 300 | Exutoire N°15 | Ø 300 |
| Exutoire N°8 | Ø 300 | Exutoire N°16 | Ø 250 |

II.7. RESEAUX D'EAUX USEES

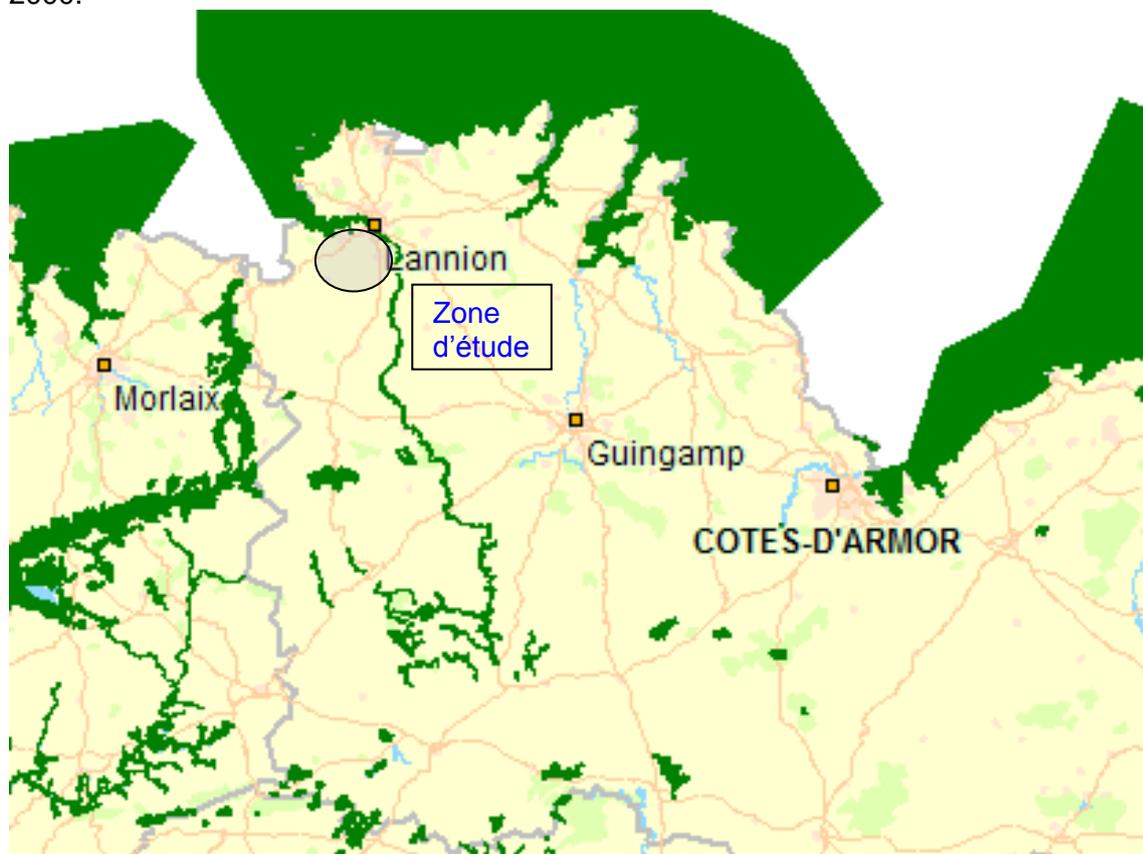
Le réseau d'eaux usées de la commune est de type séparatif.

Le bourg, la zone d'activités de Bel Air, le village Le Yaudet et le hameau de Saint Déréno sont desservis par un réseau d'assainissement collectif de type séparatif.

Pour le reste du territoire, l'assainissement autonome est la règle.

II.8. NATURA 2000

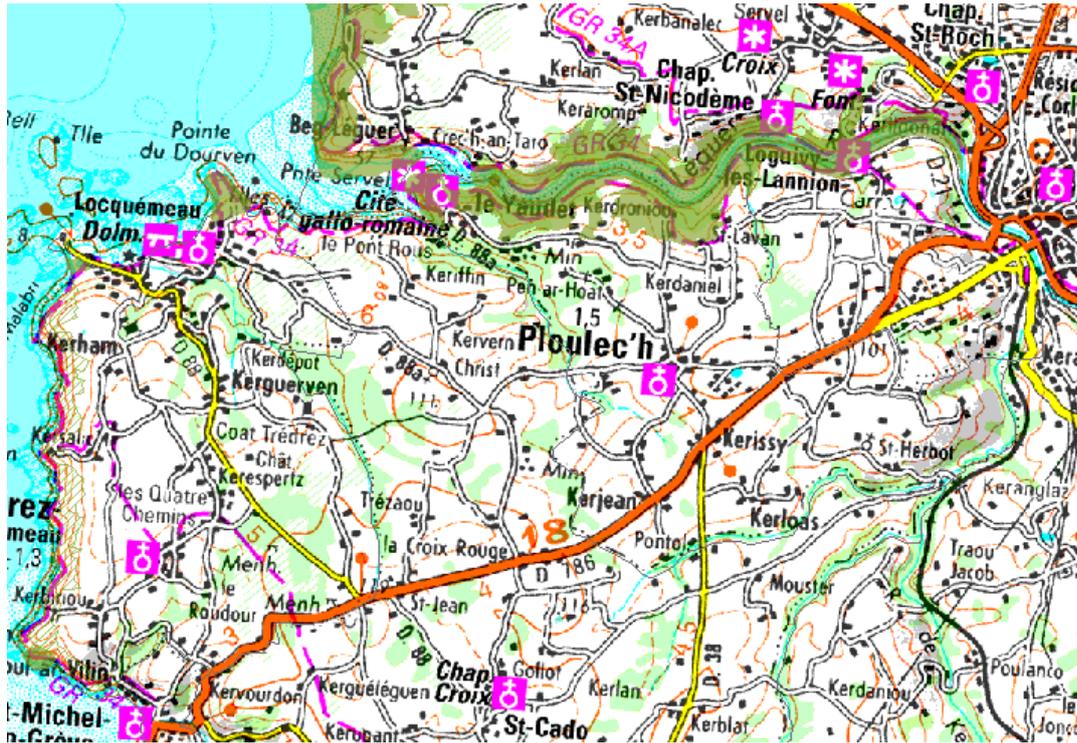
La carte ci-dessous présente les zones de Natura 2000 sur le département des Côtes d'Armor. Les zones de future urbanisation de la commune de Ploulec'h ne sont pas situées dans la zone Natura 2000. Les rives de la rivière du Léguer sont positionnées en zone Natura 2000.



II.9. ZNIEFF

Il existe une zone de ZNIEFF1 sur le territoire de la commune de Ploulec'h et sur les rives de la rivière du Léguer.

Plan de localisation des zones ZNIEFF sur la commune de Ploulec'h :



La légende de la carte ci-dessus :



II.10. LEVES TOPOGRAPHIQUES

Une reconnaissance des réseaux d'eaux pluviales a été réalisée par l'équipe d'EGIS Eau en juillet 2010.

Lors de cette reconnaissance, nous avons réalisé les prestations suivantes :

- La mesure des profondeurs de tous les regards visitables,
- La vérification de l'état des collecteurs,
- La mesure du sens d'écoulement des collecteurs,
- La vérification de l'existence des traces de pollution dans les regards.

Une campagne de levés topographiques a également été réalisée en juillet 2010 par un cabinet géomètre.

Ces levés topographiques nous ont permis de rattacher les cotes tampons et les cotes fils d'eau des regards des réseaux d'eaux pluviales de la commune de Ploulec'h au système d'altimétrie IGN69. Les levés topographiques réalisés en X, Y sont rattachés au système Lambert 93.

Les points topographiques levés des réseaux d'eaux pluviales sont présentés sur le plan des réseaux d'eaux pluviales à l'annexe III.

II.11. BASSIN TAMPON DE LA COMMUNE

La phase de reconnaissance terrain a permis de localiser quatre bassins de rétention sur la commune.

Ces bassins permettent de réguler les débits de restitution à l'aval. Ils ont été créés dans le cadre de programme d'aménagement (ZAC, lotissement...).

La ville de Ploulec'h nous a fourni les plans et les dossiers de déclaration du bassin du lotissement de Roz An Gal. Pour les 3 autres bassins aucun document ne nous a été communiqué.

Le reportage photo ci après identifie et localise les bassins recensés

Caractéristiques des bassins recensés :

| Bassin | Caractéristiques | | |
|---|--------------------------------------|----------------------|---|
| | Volume de stockage (m ³) | Débit de fuite (l/s) | Remarques |
| lotissement Roz An Gal | 45 | 10 l/s | NC |
| ZAC de Bel Air (Derrière Intermarché) | 480 | 80 l/s | Bassin privé - Surverse: Ø540, 280 l/s. Bassin équipé d'un séparateur hydrocarbure et d'un cloison siphonide |
| ZAC de Bel Air (Derrière Magasin vêtement) | Estimé sur le terrain: 300 m3 | NC | Bassin privé |
| zone de Bel Air | 1320+2260+ Noues | 277 l/s | |

Nota :

On notera que lors des visites terrain, il était impossible de pénétrer dans les bassins de rétention et de vérifier les caractéristiques des bassins (hormis bassin de la zone de Belair). En effet les bassins sont complètement envahis par de la végétation (arbres et ronces). Ce manque d'entretien peut entraîner des dysfonctionnements du bassin : ouvrage de fuite obstrué, sédimentation importante et diminution du volume utile...



Bassin lotissement Roz An Gal



Bassin ZAC de Convent Biannic (Derrière Centre commercial)



Bassin ZAC de Convent Biannic (Derrière Magasin vêtement)



Bassin zone de Belair (Lannion Trégor Agglomération)

II.12. ETUDE HYDRAULIQUE DEJA REALISEE SUR LA COMMUNE

Une étude d'incidence sur l'eau a été réalisée sur le projet de création du lotissement communal « Ros An Gal ». Cette étude a été réalisée par le cabinet Tregor Goelo Conseil en 2007.

Extrait de cette étude :

- Surface concernée par le projet : 2.09 ha,
- Pente du terrain naturel : 7%,
- Surface du projet : 1.42 ha,
- 11 lots,
- Coefficient d'imperméabilisation : 0.33
- Exutoire : rivière du Léguer,
- Débit de fuite du bassin : 10 l/s,
- Volume utile du bassin : 45 m³,

Une étude d'incidence sur l'eau a été réalisée sur le projet de création de la zone d'activités de Bel Air. Cette étude a été réalisée par le cabinet SAFEGE en 2005.

Extrait de cette étude :

- Surface concernée par le projet : $12.36+7.9\text{ha}= 20.26 \text{ ha}$,
- Nature : zone d'activités,
- Coefficient d'imperméabilisation : 0.65
- Exutoire : fossé à ciel ouvert,
- Débit de fuite des deux bassins : 160 et 117 l/s,
- Volume utile des deux bassins : 1320 et 2260 m³,

II.13. DONNEES CLIMATOLOGIQUES

II.13.1. STATION METEOROLOGIQUE DE REFERENCE

Les observations météorologiques ont été communiquées par la station Météo France de Saint Briec (22).

Les coefficients de Montana sont calculés sur les moyennes établies sur 21 ans (1985-2005).

Ils sont présentés en annexe V.

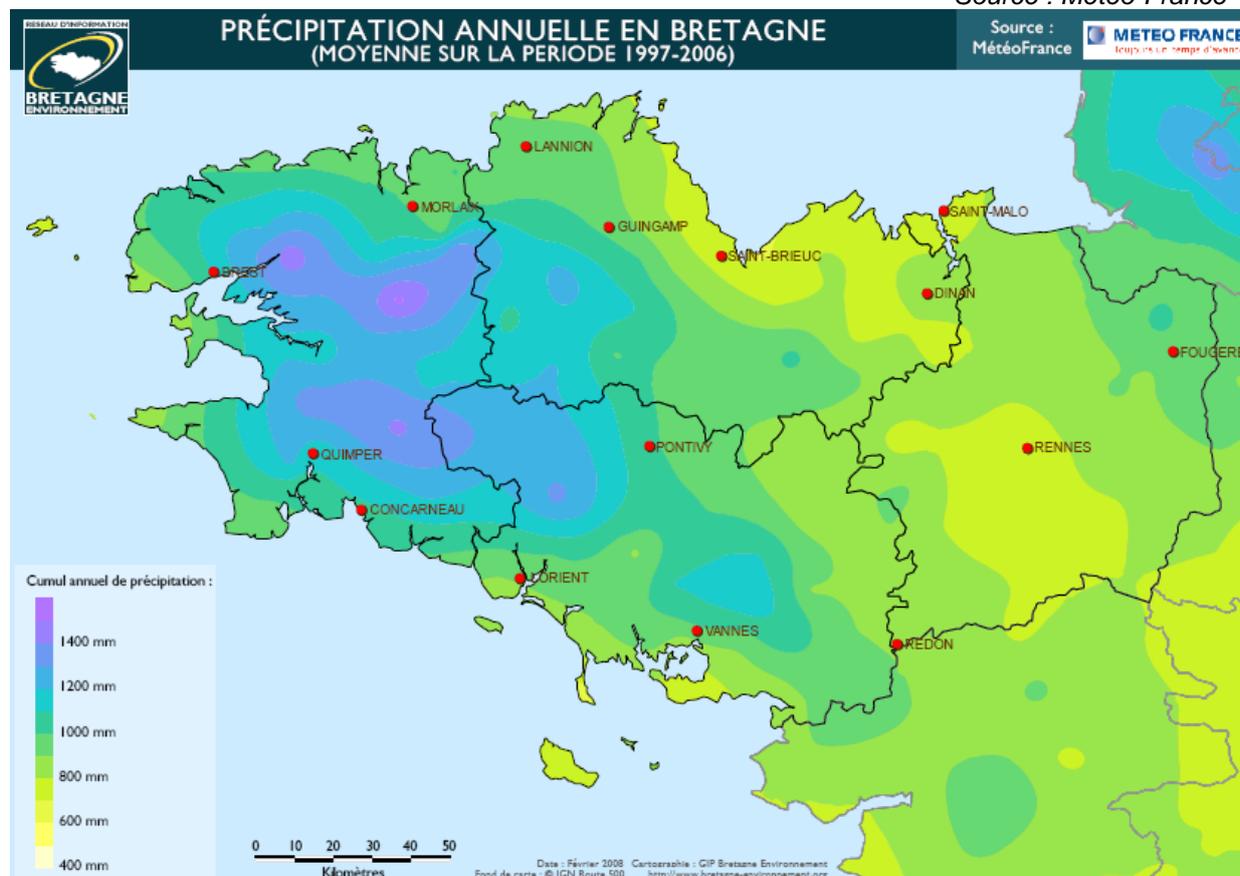
II.13.2. PRECIPITATIONS

Le climat de la région est de **type océanique** caractérisé par un hiver doux et de faibles amplitudes thermiques.

Les précipitations moyennes annuelles sont relativement importantes et représentent **890 mm par an**. Les pluies sont réparties toute l'année. Le mois d'août est le plus sec, et décembre est le plus humide.

Les précipitations moyennes journalières décennales représentent **45 mm sur 24h**.

Source : Météo-France



II.13.3. COEFFICIENT DE MONTANA

Les coefficients de Montana obtenus pour les bassins versants de la commune de Ploulec'h (station saint Brieuc), sont présentés ci-dessous pour la période de retour de 10 ans.

Durée de retour : 10 ans

| | Durée de pluie | |
|--------------|----------------|-------|
| | 6 mn à 360 mn | |
| | a | b |
| Saint Brieuc | 6.267 | 0.686 |

Source : Météo France

Durée de retour : 30 ans

| | Durée de pluie | |
|--------------|----------------|-------|
| | 6 mn à 360 mn | |
| | a | b |
| Saint Brieuc | 9.625 | 0.736 |

Source : Météo France

Ces coefficients sont à utiliser avec la formule suivante :

| | |
|----|------------------------|
| ou | $h = a \times t^{1-b}$ |
| | $I = a \times t^{-b}$ |

Avec :

- t : durée de pluie (mn)
- h : hauteur d'eau correspondante (mm)
- I : intensité pluie correspondante (mm/mn)

II.13.4. PLUIE DE PROJET TYPE " DESBORDES "

On appelle " pluie de projet " une pluie fictive définie par un hyétogramme (histogramme des hauteurs de pluie par unité de temps) synthétique et statistiquement " représentative " des pluies réelles, bien que jamais observée. On lui affecte une période de retour qui est celle d'un ou plusieurs de ces éléments constitutifs : hauteur totale précipitée et hauteur précipitée durant une période intense.

On admet le plus souvent que la période de retour des caractéristiques de l'hydrogramme obtenu par transformation de ce hyétogramme synthétique est égale à celle de la pluie de projet. Aussi, le domaine privilégié d'utilisation des pluies de projet est le dimensionnement des collecteurs d'assainissement.

La pluie de projet étudiée dans le cadre de ce paragraphe est la pluie de projet dite " du double triangle " ou pluie de Desbordes utilisée comme module pluviométrique du logiciel RERAM (Ministère de l'Intérieur, Ministère de l'Environnement et du cadre de vie, 1979).

Ce modèle de pluie est caractérisé principalement par :

- la durée totale de l'averse de quatre heures et la hauteur d'eau tombée en quatre heures,

- la durée intense de l'averse égale au temps de concentration du bassin versant étudié et la hauteur d'eau tombée pendant la même durée.

Les pluies de projet sont disponibles en annexe II.

III. DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES

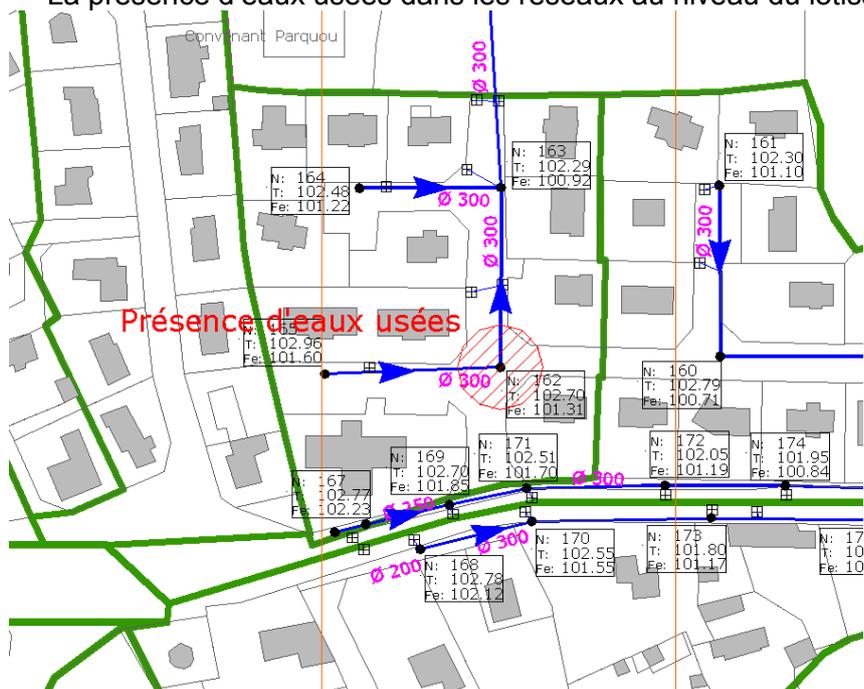
Cette phase a pour objet d'analyser le fonctionnement quantitatif et qualitatif du réseau d'eaux pluviales de Ploulec'h.

III.1. MALFAÇONS ET DYSFONCTIONNEMENTS DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES

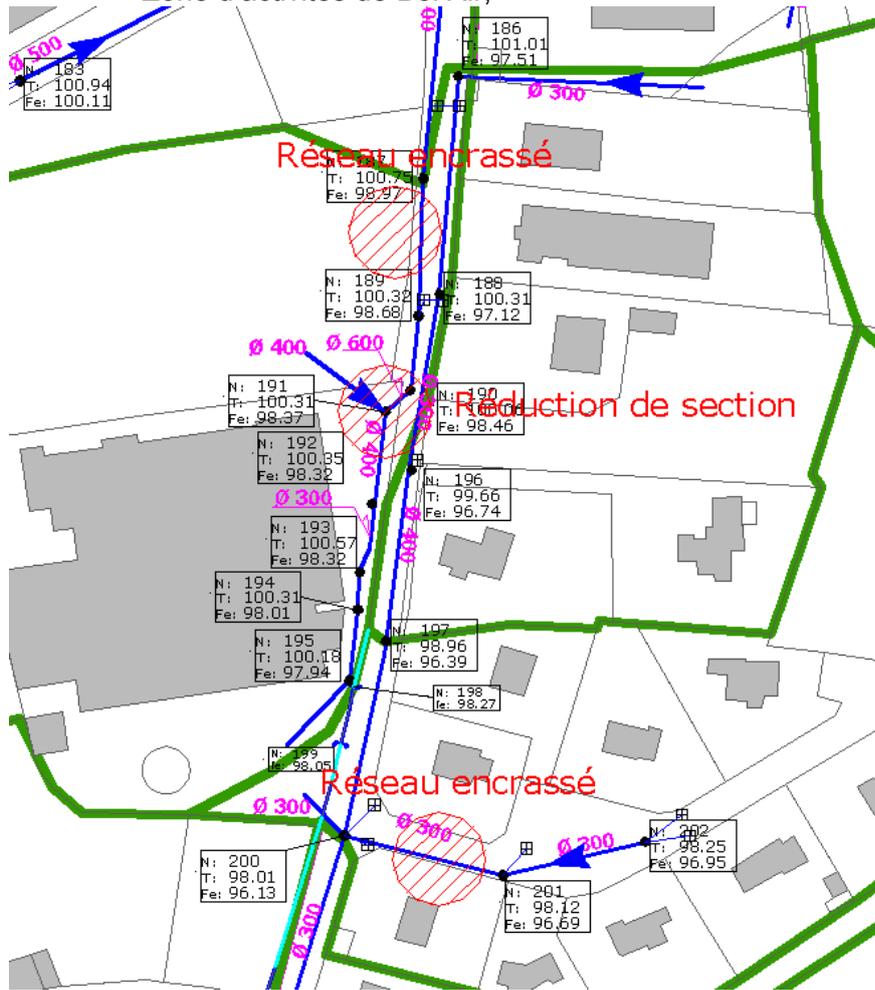
La mairie de Ploulec'h ne nous a pas fait part de dysfonctionnement majeur sur sa commune.

Toutefois, les visites terrain ont permis d'identifier quelques malfaçons du réseau d'eaux pluviales. Parmi ces malfaçons on notera :

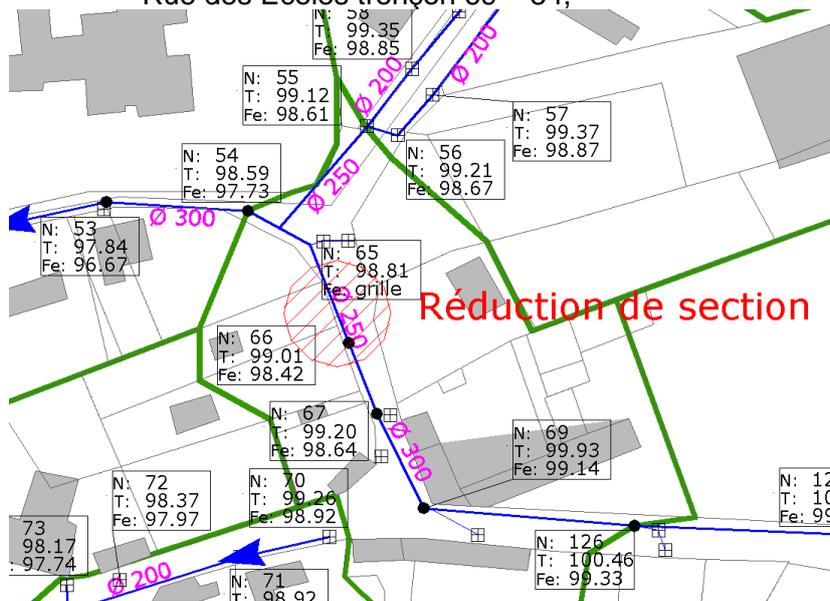
- La présence d'eaux usées dans les réseaux au niveau du lotissement de Kerkaradec,



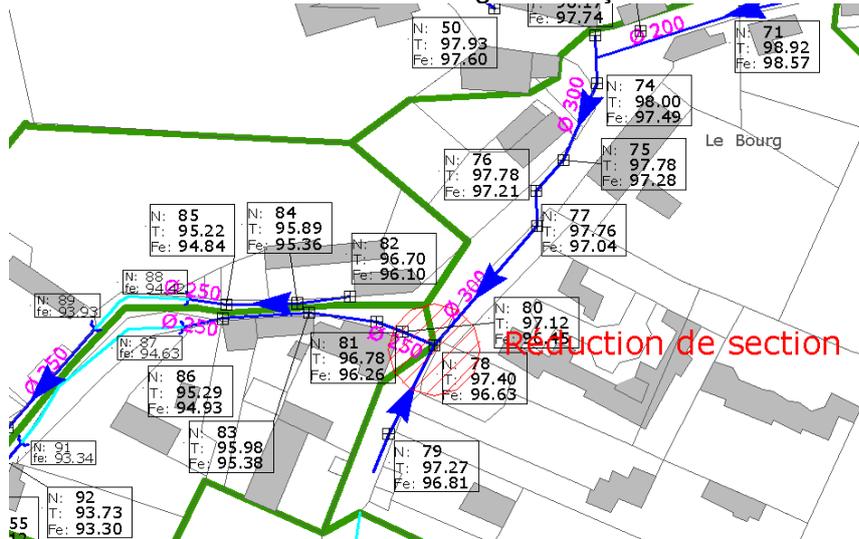
- Des réductions de section au niveau des réseaux
- Zone d'activités de Bel Air,



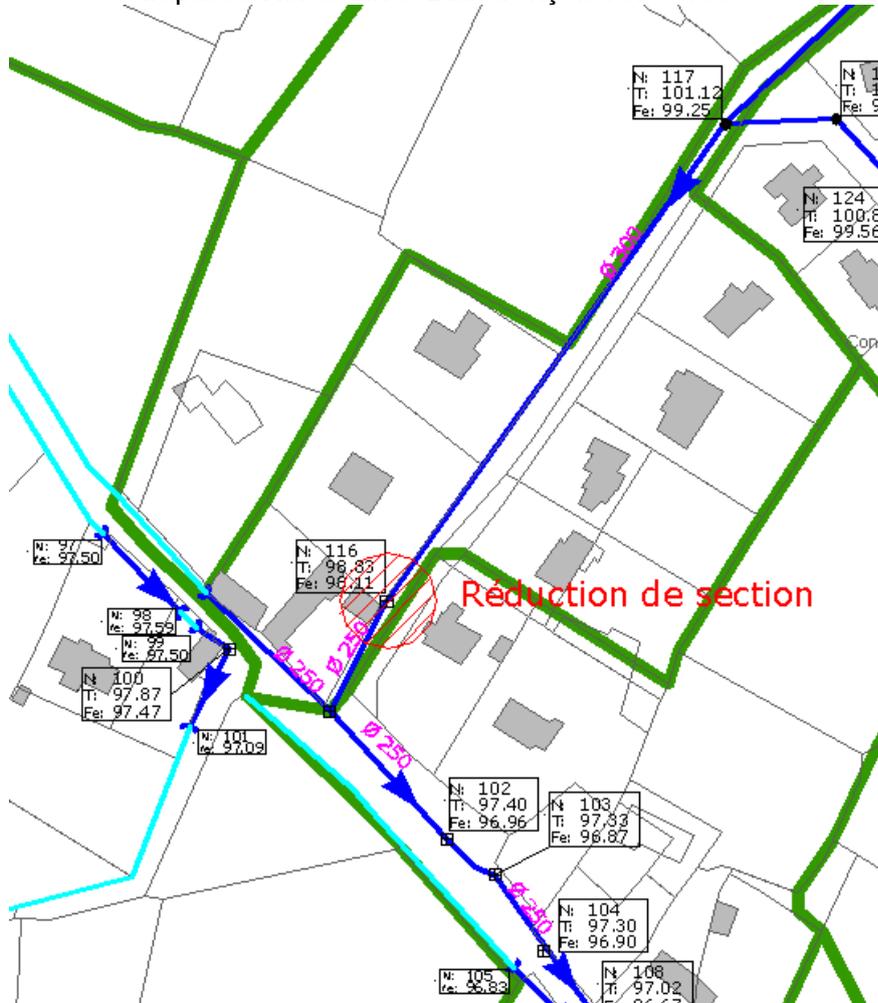
- Rue des Ecoles tronçon 69 – 54,



- Rue de l'ancienne boulangerie tronçon 77 – 83 :

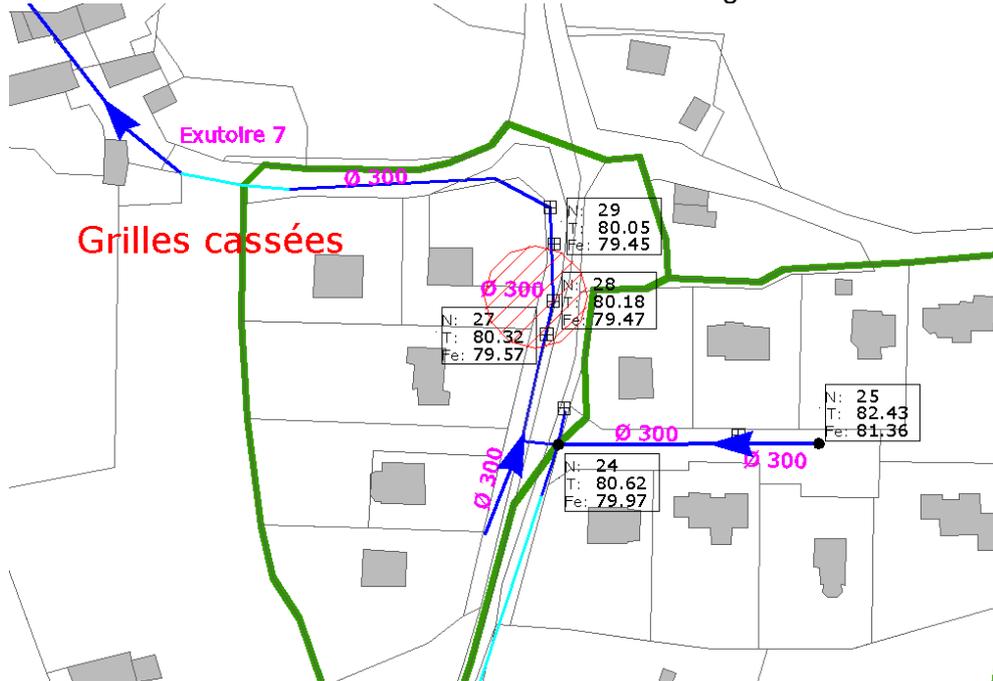


- Impasse Ker Ganivet Bian tronçon 117 – 116



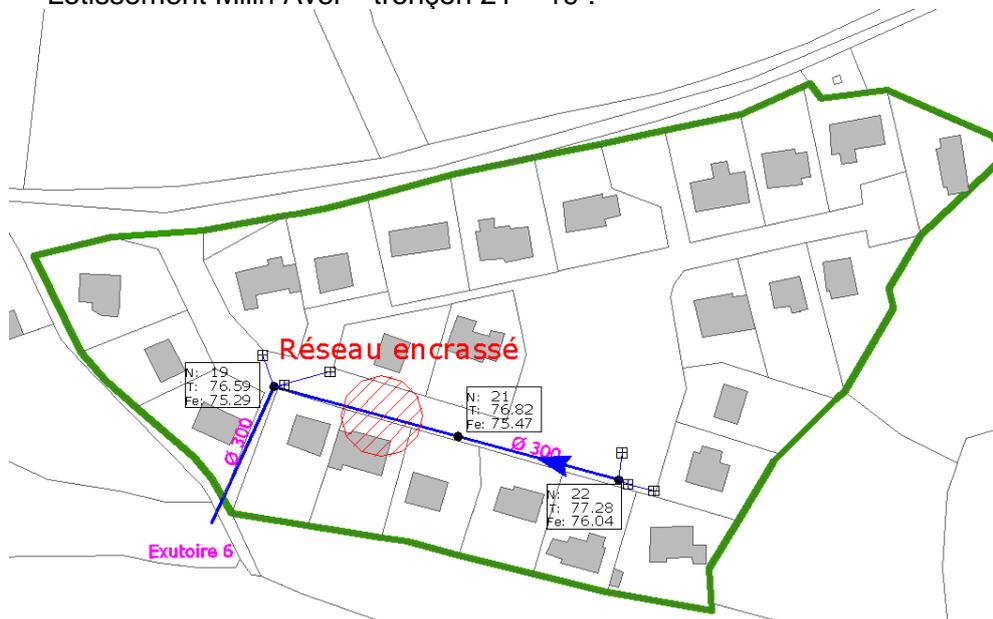
- Comme évoqué précédemment, on notera le manque d'entretien des bassins de rétention.

- Grilles cassées au niveau de la route de Quellenec grille n°28 :

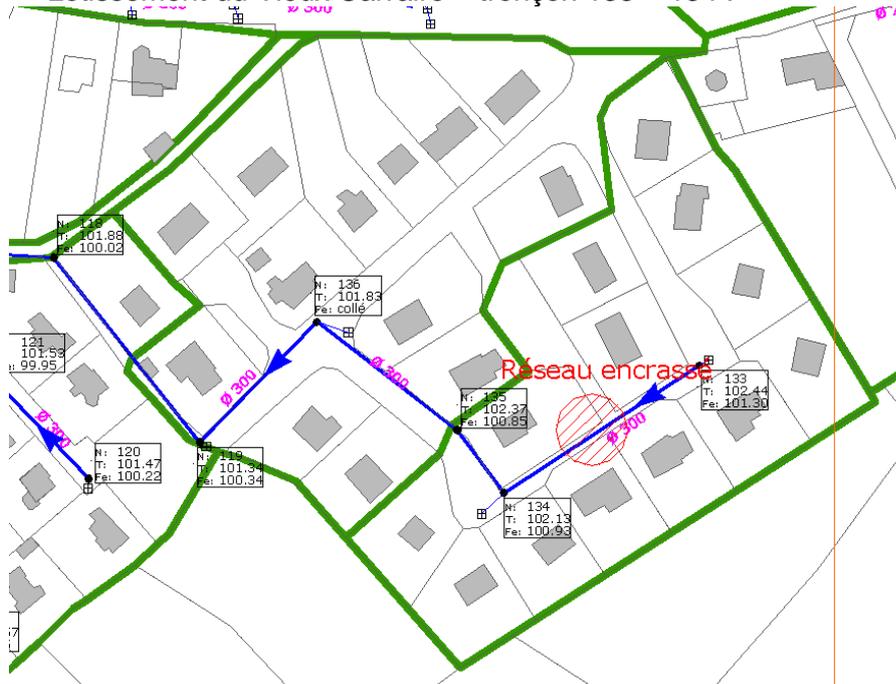


Les collecteurs d'eaux pluviales présentent un bon état général sur l'ensemble de la commune. Ils sont cependant parfois encrassés par des gravats ou des dépôts de terre végétale. On note notamment un encrassement au niveau des réseaux.

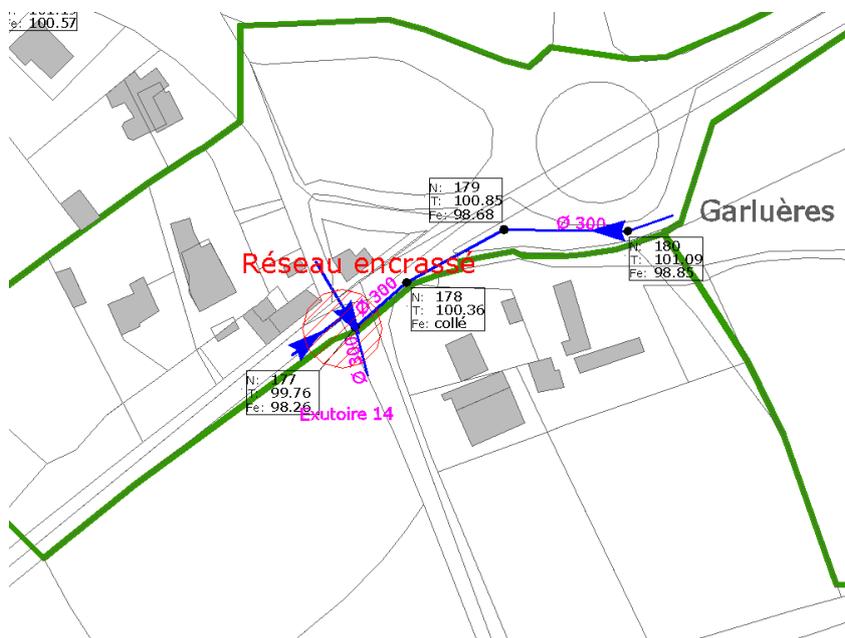
- Lotissement Milin Avel – tronçon 21 – 19 :



- Lotissement du Vieux Calvaire – tronçon 133 – 134 :



- ZAC de Convent Biannic – tronçon 187 – 189 (voir le plan page 16).
- ZAC de Convent Biannic – tronçon 202 – 201 (voir le plan page 16).
- Giratoire Garluères :



On note également des discontinuités de certains fossés où les passages busés sont soit bouchés ou inexistant comme au niveau de la route de Kerissy ou route de Kerjean.

Les réseaux d'eaux pluviales de la zone d'étude sont présentés à l'annexe I.

Nota : Pour la localisation et la correspondance des numéros de regards, se reporter au plan des réseaux en annexe I.

III.2. ETUDE QUALITATIVE

III.2.1. LA DIRECTIVE CADRE EUROPEENNE

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (D.C.E.) vise à fixer des objectifs communs aux politiques de l'eau des Etats membres et de capitaliser les expériences. La directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 est entrée en vigueur le 22 décembre 2000. Elle fixe 4 objectifs ambitieux pour la qualité des eaux et des milieux aquatiques associés :

- Nécessité d'atteindre le << bon état écologique >> pour toutes les eaux à l'horizon 2015 ;
- Prévenir la détérioration de toutes les eaux ;
- Respecter, dans les zones concernées, toutes les normes ou objectifs fixés au titre d'une réglementation européenne existante ;
- Réduction ou suppression des rejets de substances polluantes dans toutes les eaux. Le bassin Loire-Bretagne est identifié comme un district hydrographique qui correspond à l'échelle d'application du cadre de gestion et de protection des eaux définis par la DCE.

III.2.2. QUALITE DES COURS D'EAU

Le cours d'eau de référence pour la commune de Ploulec'h est la rivière Le Léguer.

Le Léguer :

Il n'y a pas de suivi de qualité sur les eaux de cette rivière. IFREMER fait un suivi de qualité sur les eaux de baignade de cette baie.

Le Léguer possède un objectif de qualité de bon état.

Remarque :

La rivière du Léguer est positionnée dans la limite du SAGE de la Baie de Lannion en cours d'élaboration.

La politique globale de gestion des eaux et milieux aquatiques sur le territoire « Baie de Lannion » regroupant les bassins versants du Léguer, celui de la Lieue de Grève ainsi que ceux des ruisseaux côtiers du Nord de Lannion.

Le bassin du Léguer correspond à environ 500 km² ; les petits cours d'eau côtiers alimentant la baie de Saint Michel en Grève couvrent environ 120 km² soit un périmètre total du SAGE Baie de Lannion d'environ 700 km² avec les autres petits côtiers en bordure Est du périmètre. Le réseau hydrographique de ces bassins est très dense (800 km pour le Léguer dont le cours d'eau principal est de 59 km). Plusieurs petits plans d'eau sont recensés sur le Léguer notamment l'étang du Guic et l'étang de Beffou. Le Léguer est la principale rivière à saumons de Côtes d'Armor. C'est une rivière côtière de première catégorie, assez rapide et assez profonde dans son cours inférieur, fréquentée par les migrateurs (truite de mer, saumons).

Enjeux :

La lutte contre l'eutrophisation,
La restauration de la qualité des eaux littorales,

L'amélioration des ressources en eau potabilisables,
La protection des populations piscicoles,
L'amélioration de la circulation piscicole,
Le redéveloppement des usages littoraux,

Milieux aquatiques considérés :

Eaux superficielles,
Eaux côtières et transition.



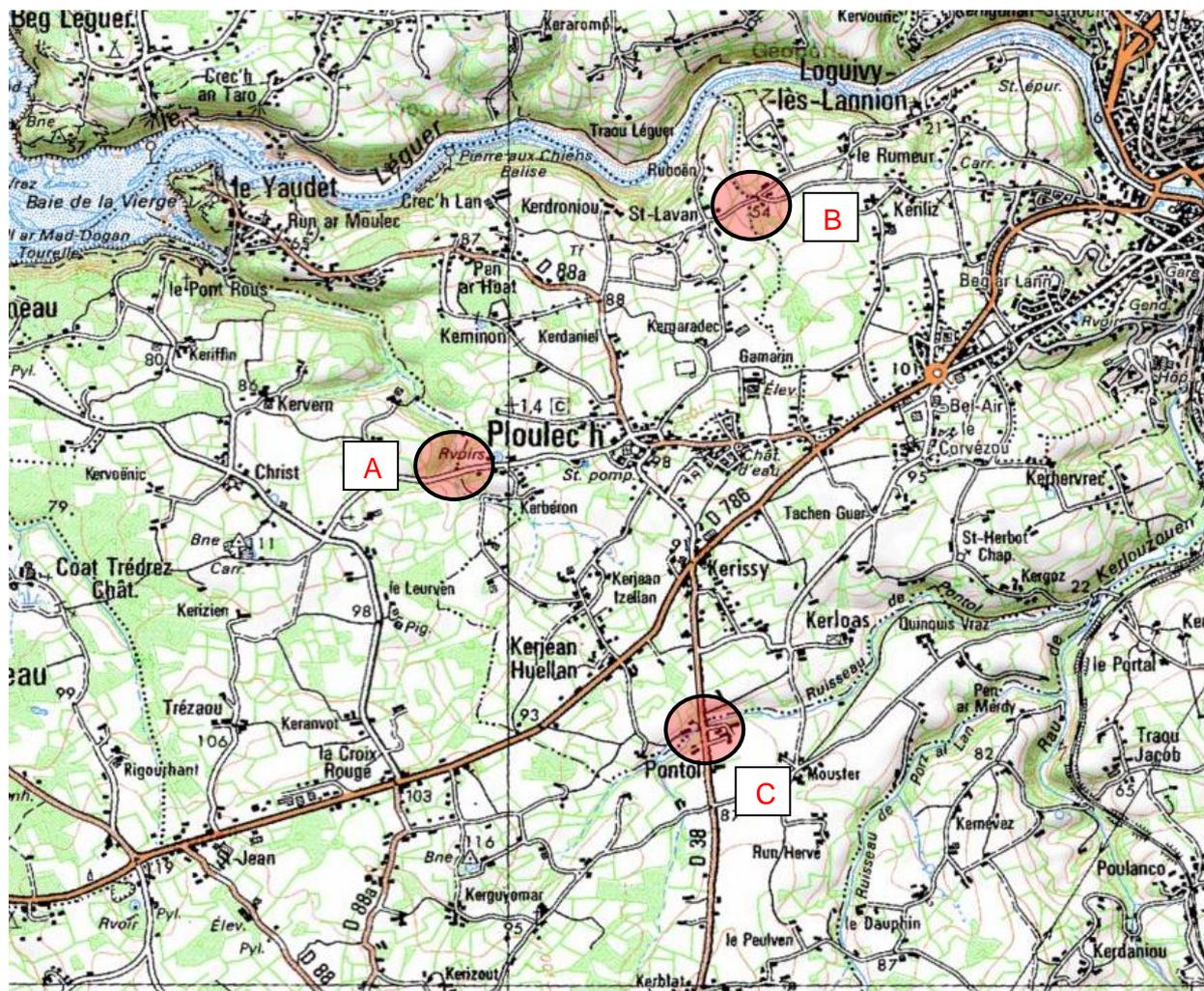
Le SAGE permet une déclinaison locale des principes fondateurs de gestion de l'eau retenus par le SDAGE. Le schéma d'aménagement est compatible avec les recommandations et dispositions du Schéma Directeur.

III.2.3. QUALITE DES EAUX PLUVIALES

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques à la commune de Ploulec'h ont été réalisées le 14 septembre 2010 par temps sec.

Le débit temps sec de tous les exutoires du réseau d'eaux pluviales de cette commune est nul. Aucun prélèvement n'a pu être réalisé sur ces exutoires.

Trois prélèvements ont été réalisés sur les eaux des ruisseaux. La localisation de ces prélèvements est présentée sur la carte ci-dessous :



- Les paramètres physico-chimiques et bactériologiques qui seront analysés sont les suivants :

MES, NK, DCO et Coliformes fécaux.

- **Matière en suspension (MES)**

Dans les eaux superficielles non polluées par l'activité humaine, les matières en suspension proviennent généralement des effets de l'érosion naturelle, des débris d'origine organique et du plancton. Dans les zones soumises à l'action de l'homme, rurales, industrielles ou urbaines, le taux de MES peut être augmenté de façon importante. Dans les zones rurales

par exemple, le déboisement peut accélérer l'érosion des sols et augmenter le taux de MES dans les cours d'eau. En zone industrielle ou urbaine, les eaux résiduaires participent à l'accroissement des MES.

Une présence abondante de MES dans les cours d'eau réduit la luminosité, fait baisser la productivité des cours d'eau et entraîne une chute en oxygène dissous en freinant les phénomènes photosynthétiques.

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La « demande chimique en oxygène » (DCO) est la quantité d'oxygène, exprimée en milligrammes, qui est consommée par les matières oxydables dans les conditions de l'essai, contenues dans un litre d'eau.

Les substances organiques naturelles proviennent du lessivage des sols et surtout des résultats du métabolisme des organismes aquatiques. Les matières organiques sont composées d'hydrates de carbone, de matières protéiques, d'acides aminés, de lipides et autres substances de réserves.

La pollution par les matières organiques, dégradables ou non, est essentiellement due aux rejets industriels (industries chimiques, pharmaceutiques, agricoles, ...) et aux rejets des populations urbaines.

- **L'azote Kjeldahl (NKJ)**

Il comporte l'azote présent sous les formes organique et ammoniacale à l'exclusion des formes nitreuse et nitrique.

Il comprend donc, en plus de l'ammoniaque, l'azote contenu dans les protéines, les polypeptides, les acides aminés et certains composés tels l'urée ou l'hydrazine en particulier.

L'origine de l'ammoniaque peut-être :

- La pluie et la neige contiennent des traces d'ammoniaque pouvant varier entre 0,1 et 2 mg/l.
- Les déchets végétaux de culture et d'animaux contenus dans les sols sont à l'origine d'une production d'azote ammoniacal après dégradation des protéines et des matières organiques azotées qu'ils contiennent.
- Un certain nombre d'industries est à l'origine d'une augmentation de la teneur des eaux en azote ammoniacal : industries chimiques (notamment les fabriques d'engrais azoté), industries textiles dans lesquelles des procédés de blanchiment à l'eau ammoniacquée interviennent.

L'origine de l'azote organique peut-être :

- La décomposition des déchets organiques (protéines).
- Les rejets organiques humains ou animaux (urée).
- Les rejets industriels et notamment ceux des fabriques d'engrais azotés.
- Les adjuvants de certains détergents.

A l'exclusion de la décomposition pouvant provenir d'organismes aquatiques, la présence d'azote organique est un signe de pollution.

- **Coliformes fécaux**

Le paramètre indicateur Coliformes fécaux ne mesure pas directement les micro-organismes pathogènes mais recherche la présence de contamination fécale qui en général les accompagne.

La présence de Coliformes fécaux indique une contamination récente par les matières fécales humaines ou animales.

La présence de ces bactéries dans le réseau d'eaux pluviales peut être due :

- A de mauvais raccordements du réseau d'eaux usées sur le réseau d'eaux pluviales.
- A des installations défectueuses d'assainissement non collectif.
- A des pollutions d'origines agricoles ou autres véhiculées par le ruissellement pluvial.

Classes de qualité par altération SEQ-Eau¹

Le SEQ – Eau permet de classer les eaux superficielles de la façon suivante :

| Qualité de l'eau | Très bonne | Bonne | Moyenne | Mauvaise | Très mauvaise |
|----------------------|------------|-------|---------|----------|---------------|
| code couleur associé | | | | | |

Tableau des résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques :

| Echantillon | Paramètres Localisation | Escherichia coli | Azote kej Dahl | MES | DCO | Nature de prélèvement |
|-------------|--|-------------------|----------------|------------|---------------------|--------------------------|
| | | microplaque/100ml | mg/l N | mg/l | mg/l O ₂ | |
| P-A | Rivière d'Ic - Le Moulin de Gernégan | 395 | <1 | <2 | 6 | Eaux de surface |
| | | moyenne | très bonne | très bonne | très bonne | |
| P-B | Affluent rivière d'Ic - Launay, RD 4 | 305 | <1 | 6 | <5 | Eaux de surface |
| | | moyenne | très bonne | bonne | très bonne | |
| P-C | Affluent rivière d'Ic - amont des étangs | 305 | <1 | 2 | <5 | Eaux de surface |
| | | moyenne | très bonne | très bonne | très bonne | |

On peut remarquer que les analyses présentent globalement des résultats satisfaisants notamment pour les paramètres physico chimiques.

Les prélèvements ont été réalisés sur les ruisseaux en aval du centre bourg. La localisation de ces derniers a été choisie de la manière de connaître l'influence du réseau d'eaux pluviales du centre bourg sur la qualité des eaux des ruisseaux.

IV. MODELISATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES DE LA COMMUNE DE PLOULEC'H

Il est important de modéliser les bassins versants de la commune de Ploulec'h pour deux raisons :

- vérifier et bien appréhender les problèmes actuels,
- pouvoir, dans un deuxième temps, proposer des solutions et vérifier leur efficacité.

Une modélisation mathématique des écoulements a été mise en œuvre, celle-ci comporte plusieurs phases :

- définition des pluies de projet,
- montage du modèle,
- calage du modèle,
- modélisation des situations actuelle et future.

IV.1. MONTAGE DU MODELE

IV.1.1. PRESENTATION DU MODELE

Le modèle utilisé afin d'établir le diagnostic de fonctionnement des réseaux de la commune de Ploulec'h est le modèle PCSWMM développé par les Sociétés CHI et EGIS Eau.

Ce logiciel peut, suivant les cas, être associé à un modèle de simulation hydraulique, un modèle qualité des eaux (usées et/ou pluviales) :

- sur le plan hydraulique : au niveau de la définition du réseau, les principaux ouvrages hydrauliques peuvent être introduits dans le modèle : bassin de retenue, déversoirs d'orages, poste de refoulement...
- sur le plan de la qualité : le logiciel dispose d'un moteur de gestion des phénomènes de pollution très complet : accumulation des polluants par temps sec paramétrable pour chaque occupation du sol, de coefficients d'arrachement (selon l'intensité de la pluie), etc.

Ce logiciel se distingue par sa convivialité et sa présentation : les lignes piézométriques sont disponibles immédiatement pour chaque collecteur.

Il présente l'avantage d'être utilisable dans un environnement WINDOWS, ce qui lui confère une convivialité inégalée et des possibilités d'interfaçage multiples (tableau EXCEL ou autre, gestion en temps réel, etc.).

IV.1.2. PRINCIPE DE LA METHODOLOGIE

Afin d'illustrer le principe de la méthode, on décrit le bassin versant et le réseau pour lequel on souhaite établir un diagnostic de fonctionnement.

└ On décrit, dans un premier temps, les caractéristiques du bassin versant.

Chaque bassin versant (ou bassin d'apport) est décomposé en sous bassins versants.

Chaque sous bassin est décrit par :

- surface (ha),
- coefficient de ruissellement pondéré,
- longueur du plus long parcours hydraulique,
- pente le long de ce parcours.

└ Puis, on décrit les caractéristiques du réseau par tronçon homogène.

Chaque conduite est décrite par :

- sa longueur (m),
- sa pente (m/m),
- sa forme (circulaire, rectangulaire...),
- son diamètre,
- sa rugosité.

└ L'objectif est de connaître les hydrogrammes (et par conséquent les débits de pointe) au droit des nœuds du réseau et aux exutoires.

Points particuliers :

- La délimitation des bassins versants a été définie à partir de la carte IGN 1/25000^e, des plans des réseaux d'eaux pluviales créés par EGIS Eau et par des visites sur le terrain.
- Les caractéristiques des réseaux ont été intégrées au modèle à partir des plans d'EGIS Eau, de levés topographiques effectués par le cabinet Géomètre et des visites de terrain.

Coefficients de ruissellement :

La détermination de l'hydrogramme requiert l'évaluation du **coefficient d'apport « Ca » mesurant le rendement global de la précipitation et l'évaluation de la surface active « Sa »** définie comme le produit de la superficie du bassin versant S par le coefficient d'apport.

$$Sa = S \times Ca$$

Le rendement global de la précipitation est le rapport entre le volume d'eau écoulé et le volume de pluie.

Le calcul du coefficient d'apport s'effectue à partir des coefficients d'apport partiel Ca_i de zones homogènes de surfaces S_i d'apport.

IV.2. SIMULATION DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIQUE (ETAT ACTUEL)

IV.2.1. CONSTRUCTION DU MODELE

Conformément à la méthodologie présentée précédemment, les bassins versants de la commune de Ploulec'h ont été découpés en plusieurs sous-bassins versants auxquels ont été associés des nœuds de calcul.

La modélisation porte sur l'ensemble des bassins versants de la commune.

Pour délimiter et caractériser avec précision ces bassins versants, des informations ont été recueillies au moment de la visite de terrain.

Le coefficient de ruissellement global des bassins versants est calculé en fonction des pourcentages de voirie, de toiture et d'espace vert.

- Coefficient de ruissellement de la voirie : 0.95
- Coefficient de ruissellement de la toiture : 1.00
- Coefficient de ruissellement de l'espace vert : 0.1

Le schéma de la page suivante représente l'ossature des réseaux modélisés dans le centre bourg (voir également le plan général d'écoulement des eaux pluviales en annexe).

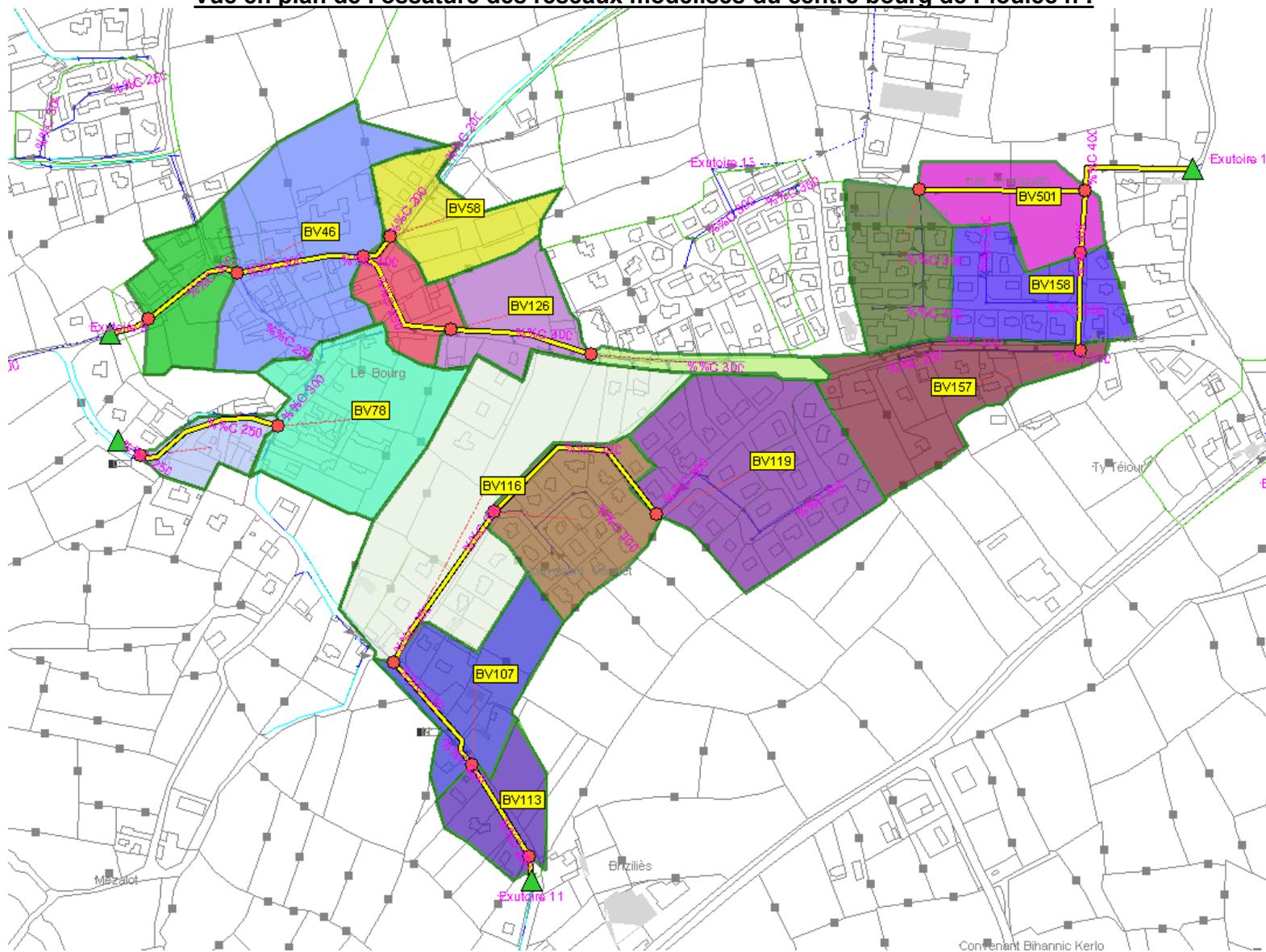
Quelques explications concernant les schémas de PCSWMM :

J112 nœuds de calcul situé au regard N°112

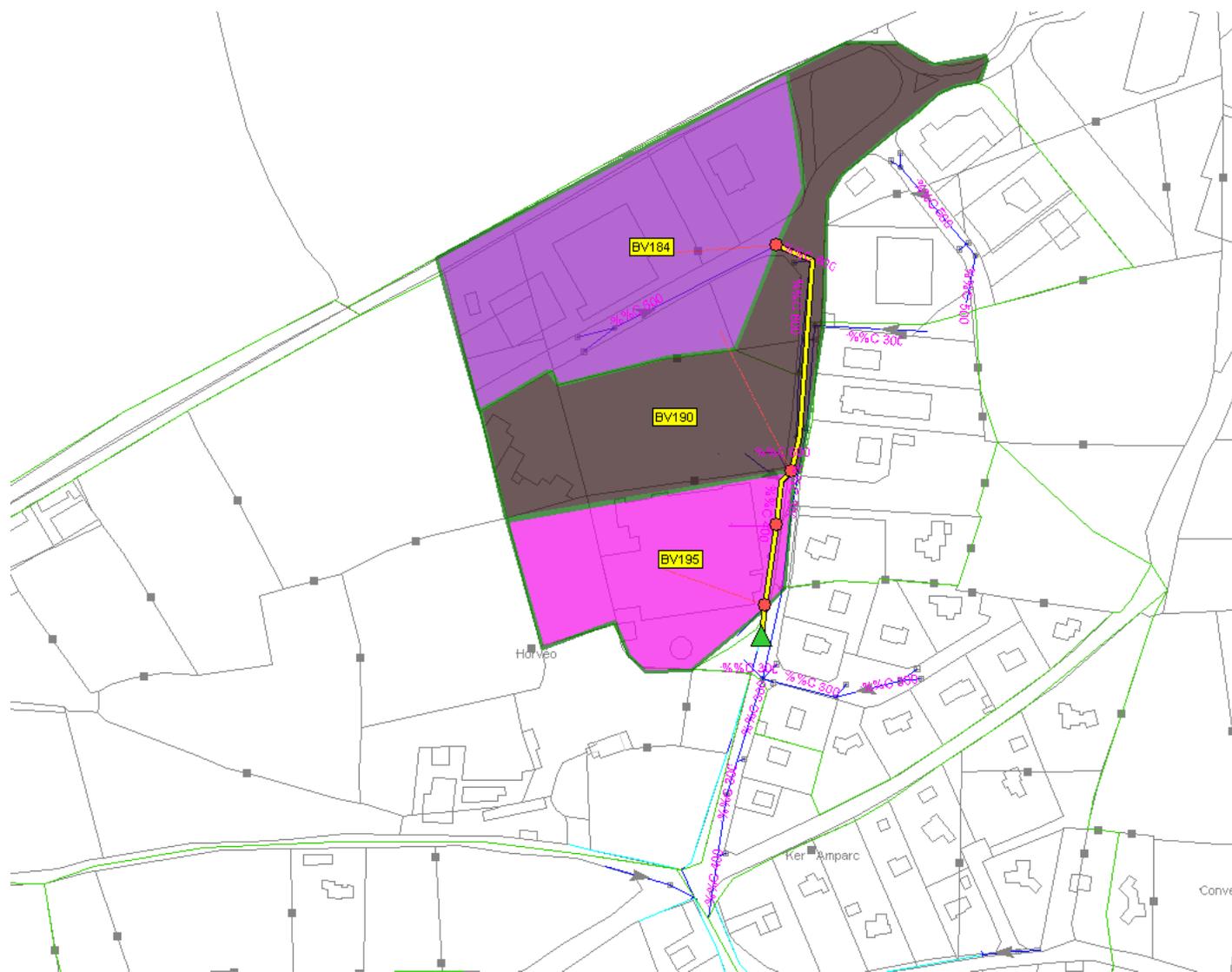
EXUT1 nœud de calcul situé sur l'exutoire N°1

Le sens des écoulements est indiqué suivant les flèches (>). Les tableaux des pages suivantes représentent les caractéristiques des bassins versants et des conduites dans le modèle PCSWMM.

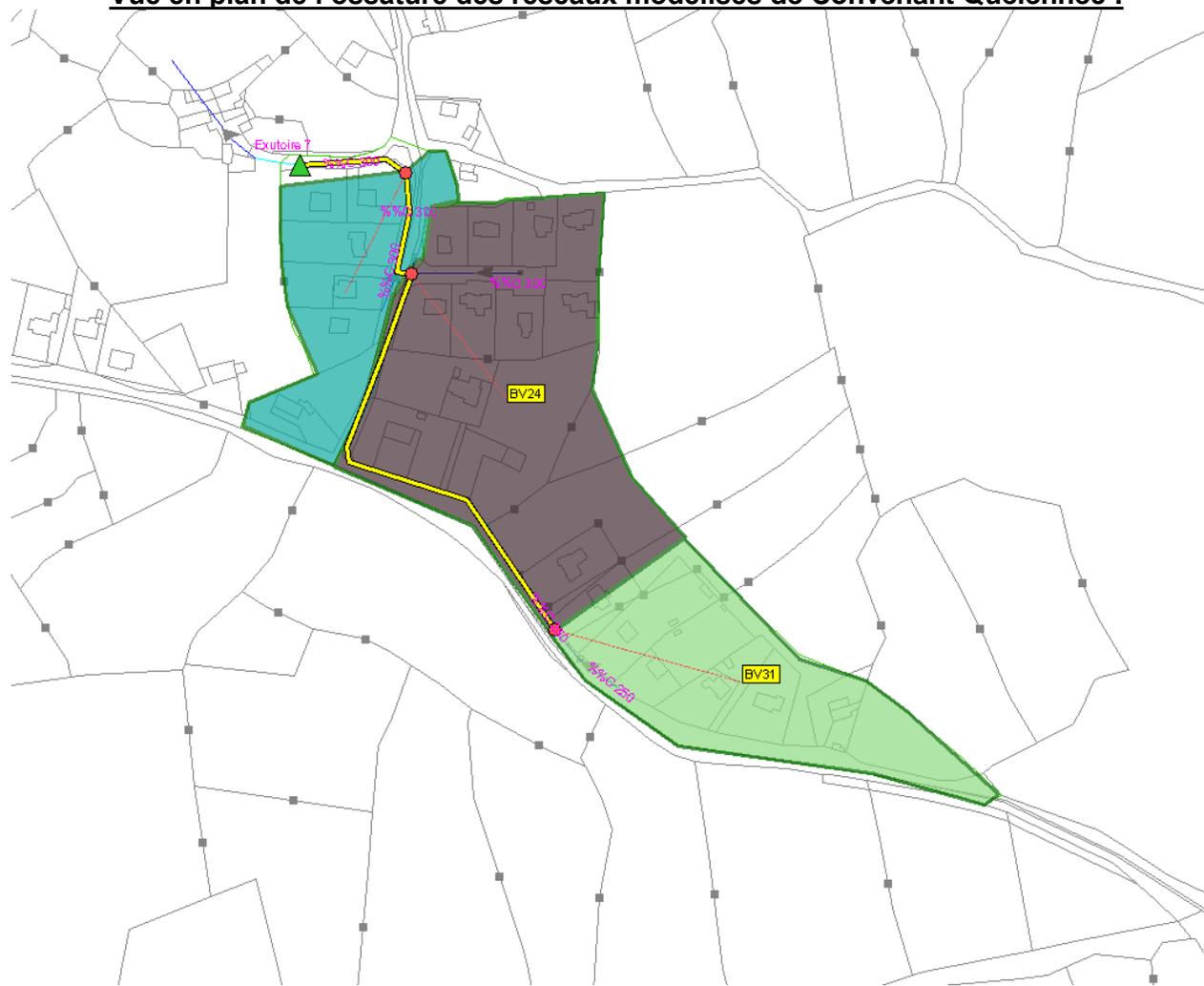
Vue en plan de l'ossature des réseaux modélisés du centre bourg de Ploulec'h :



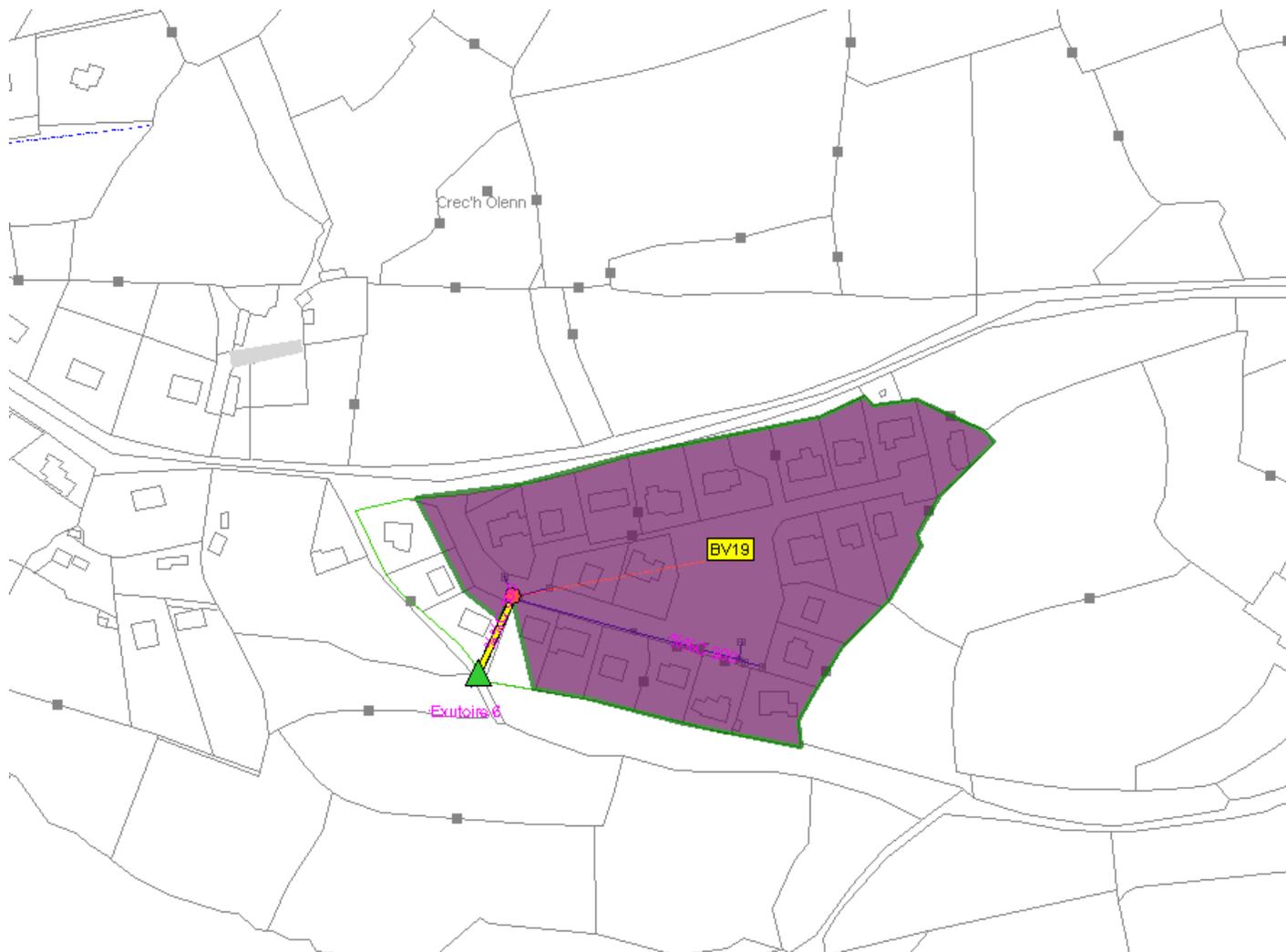
Vue en plan de l'ossature des réseaux modélisés de la zone urbaine située à l'Est du centre bourg de Ploulec'h :



Vue en plan de l'ossature des réseaux modélisés de Conventant Quélenec :



Vue en plan de l'ossature des réseaux modélisés de la zone urbaine située à l'Est du Yaudet :



Vue en plan de l'ossature des réseaux modélisés du Yaudet :



Caractéristiques des conduites dans le modèle PCSWMM :

| Nom conduite | Nœud amont | Nœud aval | Longueur (m) | Coefficient Manning/Strickler | Cote amont | Cote aval | Type Section | Section (m) | Pente de la conduite (m/m) |
|--------------|------------|-----------|--------------|-------------------------------|------------|-----------|--------------|-------------|----------------------------|
| C3 | J3 | J1 | 45.37 | 75 | 97.1 | 93.94 | Circulaire | 0.2 | 0.0698 |
| C1 | J1 | Exut1 | 111.76 | 75 | 93.94 | 88 | Circulaire | 0.3 | 0.0532 |
| C19 | J19 | Exut6 | 36.23 | 75 | 150.58 | 150 | Circulaire | 0.3 | 0.0160 |
| C31 | J31 | J24 | 261.74 | 75 | 83.76 | 79.97 | Circulaire | 0.25 | 0.0145 |
| C24 | J24 | J29 | 62.75 | 75 | 79.97 | 79.45 | Circulaire | 0.3 | 0.0083 |
| C29 | J29 | Exut7 | 59.93 | 75 | 79.45 | 79 | Circulaire | 0.3 | 0.0075 |
| C78 | J78 | J96 | 145.41 | 75 | 96.63 | 92.08 | Circulaire | 0.25 | 0.0313 |
| C130 | J130 | J126 | 138.43 | 75 | 100.83 | 99.33 | Circulaire | 0.3 | 0.0108 |
| C126 | J126 | J54 | 122.23 | 75 | 99.33 | 97.73 | Circulaire | 0.3 | 0.0131 |
| C54 | J54 | J46 | 122.89 | 75 | 97.73 | 94.58 | Circulaire | 0.3 | 0.0256 |
| C46 | J46 | J51 | 102.07 | 75 | 94.58 | 92.36 | Circulaire | 0.3 | 0.0218 |
| C51 | J51 | Exut9 | 40.3 | 75 | 92.36 | 92 | Circulaire | 0.3 | 0.0089 |
| C58 | J58 | J54 | 34.63 | 75 | 98.61 | 97.73 | Circulaire | 0.25 | 0.0254 |
| C107 | J107 | J113 | 103.28 | 75 | 96.5 | 96.14 | Circulaire | 0.25 | 0.0035 |
| C113 | J113 | Exut11 | 22.5 | 75 | 96.14 | 95.33 | Circulaire | 0.25 | 0.0360 |
| C116 | J116 | J107 | 125.88 | 75 | 98.11 | 96.5 | Circulaire | 0.25 | 0.0128 |
| C117 | J117 | J116 | 173.24 | 75 | 99.25 | 98.11 | Circulaire | 0.3 | 0.0066 |
| C119 | J119 | J117 | 211.52 | 75 | 100.34 | 99.25 | Circulaire | 0.3 | 0.0052 |
| C157 | J157 | J158 | 92.93 | 75 | 100.54 | 99.64 | Circulaire | 0.4 | 0.0097 |
| C158 | J158 | J501 | 60.05 | 75 | 99.64 | 99.13 | Circulaire | 0.4 | 0.0085 |
| C500 | J500 | J501 | 159.73 | 75 | 100.43 | 99.13 | Circulaire | 0.4 | 0.0081 |
| C501 | J501 | Exut12 | 124.79 | 75 | 99.13 | 97.82 | Circulaire | 0.4 | 0.0105 |
| C184 | J184 | J190 | 137.38 | 75 | 99.57 | 98.46 | Circulaire | 0.6 | 0.0081 |
| C190 | J190 | J192 | 31.98 | 75 | 98.46 | 98.32 | Circulaire | 0.4 | 0.0044 |
| C192 | J192 | J195 | 44.34 | 75 | 98.32 | 97.94 | Circulaire | 0.3 | 0.0086 |
| C195 | J195 | Exut15 | 16.65 | 75 | 97.94 | 97.65 | Circulaire | 0.3 | 0.0174 |

Caractéristiques des bassins versants dans le modèle PCSWMM :

| Nom bassin versant | Nœud de branchement | Surface (ha) | Longueur hydraulique (m) | Pente (%) |
|--------------------|---------------------|--------------|--------------------------|-----------|
| BV116 | J116 | 4.03 | 450 | 0.6 |
| BV119 | J119 | 3.25 | 250 | 0.5 |
| BV46 | J46 | 3 | 60 | 1 |
| BV24 | J24 | 2.49 | 260 | 1.4 |
| BV78 | J78 | 2.29 | 250 | 1.3 |
| BV19 | J19 | 2.19 | 250 | 0.5 |
| BV157 | J157 | 2.06 | 250 | 1 |
| BV184 | J184 | 2.04 | 200 | 1 |
| BV190 | J190 | 1.98 | 200 | 1 |
| BV117 | J117 | 1.76 | 200 | 0.5 |
| BV107 | J107 | 1.6 | 200 | 1.1 |
| BV158 | J158 | 1.5 | 170 | 1.1 |
| BV31 | J31 | 1.39 | 270 | 0.5 |
| BV500 | J500 | 1.38 | 180 | 1 |
| BV501 | J501 | 1.21 | 170 | 1 |
| BV58 | J58 | 1.19 | 23.8 | 0.5 |
| BV126 | J126 | 1.17 | 150 | 1 |
| BV195 | J195 | 1.17 | 130 | 1.5 |
| BV51 | J51 | 1.09 | 200 | 1.2 |
| BV29 | J29 | 0.93 | 170 | 1.4 |
| BV113 | J113 | 0.93 | 18.6 | 1.2 |
| BV54 | J54 | 0.74 | 150 | 1 |
| BV3 | J3 | 0.69 | 230 | 7 |
| BV96 | J96 | 0.55 | 180 | 1.3 |
| BV130 | J130 | 0.41 | 220 | 1 |
| BV1 | J1 | 0.19 | 75 | 7 |

Caractéristiques des nœuds de calcul dans le modèle PCSWMM :

| Nom Nœud | X | Y | Radier (m IGN) | Profondeur (m) | Cote tampon (m IGN) |
|----------|-----------|-----------|----------------|----------------|---------------------|
| J1 | 168543.25 | 131266.44 | 46.97 | 0.43 | 47.4 |
| J3 | 168548.19 | 131221.34 | 48.55 | 0.48 | 49.03 |
| J19 | 169186.07 | 130781.17 | 75.29 | 1 | 76.29 |
| J31 | 170161.17 | 130741.74 | 83.76 | 0.5 | 84.26 |
| J24 | 170082.77 | 130934.69 | 79.97 | 0.59 | 80.56 |
| J29 | 170079.34 | 130989.11 | 79.45 | 0.6 | 80.05 |
| J78 | 170699.98 | 129626.96 | 96.63 | 0.8 | 97.43 |
| J96 | 170567.16 | 129598.53 | 92.08 | 0.6 | 92.68 |
| J130 | 171001.23 | 129695.62 | 100.83 | 1 | 101.83 |
| J126 | 170865.89 | 129719.37 | 99.33 | 0.7 | 100.03 |
| J58 | 170807.58 | 129807.20 | 98.61 | 0.51 | 99.12 |
| J54 | 170781.67 | 129788.48 | 97.73 | 0.86 | 98.59 |
| J46 | 170660.37 | 129773.36 | 94.58 | 0.65 | 95.23 |
| J51 | 170574.70 | 129729.45 | 92.36 | 0.5 | 92.86 |
| J119 | 171063.80 | 129542.98 | 100.34 | 1 | 101.34 |
| J117 | 170907.23 | 129544.78 | 99.25 | 0.9 | 100.15 |
| J116 | 170810.76 | 129401.16 | 98.11 | 0.72 | 98.83 |
| J107 | 170886.71 | 129303.62 | 96.5 | 0.55 | 97.05 |
| J113 | 170941.06 | 129215.80 | 96.14 | 0.53 | 96.67 |
| J501 | 171476.16 | 129851.70 | 99.13 | 1.1 | 100.23 |
| J158 | 171471.88 | 129791.80 | 99.64 | 0.9 | 100.54 |
| J500 | 171316.43 | 129852.11 | 100.43 | 1.6 | 102.03 |
| J157 | 171471.27 | 129699.10 | 100.54 | 1.32 | 101.86 |
| J184 | 172282.26 | 129871.00 | 99.57 | 0.79 | 100.36 |
| J190 | 172290.54 | 129747.54 | 98.46 | 1 | 99.46 |
| J192 | 172281.90 | 129718.02 | 98.32 | 2 | 100.32 |
| J195 | 172275.78 | 129674.11 | 97.94 | 2.2 | 100.14 |
| Exut1 | 168497.53 | 131366.21 | 44 | | |
| Exut6 | 169170.56 | 130748.43 | 75 | | |
| Exut7 | 170021.88 | 130993.68 | 79 | | |
| Exut10 | 170545.57 | 129613.28 | 91.5 | | |
| Exut9 | 170537.63 | 129715.05 | 92 | | |
| Exut11 | 170943.94 | 129193.48 | 95.33 | | |
| Exut12 | 171579.66 | 129873.30 | 97.82 | | |
| Exut15 | 172273.98 | 129657.55 | 97.65 | | |

Légende des vues en plans des modélisations présentées pages suivantes :

Le logiciel PCSWIMM permet de visualiser le fonctionnement hydraulique. Les conventions utilisées sont les suivantes :

-  : Collecteur (EP)
-  : Tampon (EP), pas de débordement
-  : Débordement au niveau d'un tampon
-  : Limite des bassins versants

IV.2.2. SIMULATION HYDRAULIQUE EN SITUATION ACTUELLE

Les modélisations ont été effectuées pour les pluies de période de retour 5 ans (pluie correspondant aux évènements les plus fréquents), 10 ans (pluie retenue généralement pour le dimensionnement des réseaux eaux pluviales) et 30 ans (pluies exceptionnelles).

Concernant la pluie de période de retour de 30 ans, la modélisation permet d'apprécier leur impact sur le fonctionnement des réseaux et les débordements occasionnés.

Remarque 1:

Le logiciel de modélisation des écoulements PCSWMM considère que tout ce qui ruisselle sur le bassin versant est capturé par le réseau eaux pluviales, les fossés, les ruisseaux.

En réalité, une certaine part de ruissellement ne s'engouffre pas dans les réseaux : stockage dans des dépressions du sol, grille avaloir obstruée et ruissellement de surface direct jusqu'à l'exutoire,...

Nous avons donc considéré par la suite que les débordements estimés par le modèle ne sont significatifs que s'ils sont supérieurs à 5 m³. Les débordements inférieurs ou égaux à 5 m³ ne sont pas pris en compte (surestimation des volumes par la modélisation).

Remarque 2 :

Les pluies de projet retenues dans le cadre de la modélisation des écoulements sont des pluies de Desbordes. Elles ont été créées à l'aide des coefficients pluviométriques de Montana de la station Météo-France de Saint Briuc.

Elles sont toutes doubles triangulaires, avec une durée totale de 4 heures et un pic centré d'une durée de 30 minutes.

| Période de retour | Résultats de simulation |
|--------------------------|---|
| 2 ans | Débordement des réseaux d'eaux pluviales à la zone d'activités de Bel Air (Intermarché). Un collecteur DN 600 se jette dans un collecteur DN300. Débordement du réseau d'eaux pluviales à la route de Kerissy. Le collecteur DN 250 de cette rue est sous dimensionné. |

| Période de retour | Résultats de simulation |
|--------------------------|---|
| 5 ans | Débordement des réseaux d'eaux pluviales à la zone d'activités de Bel Air (Intermarché). Un collecteur DN 600 se jette dans un collecteur DN300. Débordement du réseau d'eaux pluviales à la route de Kerissy. Le collecteur DN 250 de cette rue est sous dimensionné. |

| Période de retour | Résultats de simulation |
|--------------------------|---|
| 10 ans | Débordement des réseaux d'eaux pluviales à la zone d'activités de Bel Air (Intermarché). Un collecteur DN 600 se jette dans un collecteur DN300. Débordement du réseau d'eaux pluviales à la route de Kerissy. Le collecteur DN 250 de cette rue est sous dimensionné. |

| Période de retour | Résultats de simulation |
|--------------------------|---|
| 30 ans | Débordement des réseaux d'eaux pluviales à la zone d'activités de Bel Air (Intermarché). Un collecteur DN 600 se jette dans un collecteur DN300. Débordement du réseau d'eaux pluviales à la route de Kerissy. Le collecteur DN 250 de cette rue est sous dimensionné. |

| Période de retour | Résultats de simulation |
|--------------------------|---|
| 100 ans | Tous les réseaux d'eaux pluviales de la commune sont en charge. |

Les résultats des simulations mathématiques à l'annexe IV, synthétisent les débits de débordements observés sur chacun des nœuds de calculs (regards du réseau eaux pluviales) pour chacune des simulations présentées précédemment.

IV.3. CONCLUSION ET ANALYSE DES RESULTATS :

La phase de diagnostic du réseau hydrographique et eaux pluviales de la commune de Ploulec'h a permis :

- de mettre à jour le plan des réseaux eaux pluviales,
- de définir les enjeux qualitatifs,
- de quantifier les écoulements sur le réseau,
- d'identifier les dysfonctionnements.

Quelques zones de désordres hydrauliques ont été identifiées dans le cadre des visites de terrain et de la modélisation mathématique des écoulements.

La modélisation mathématique des réseaux d'eaux pluviales nous a permis de connaître les problèmes hydrauliques suivants :

Débordement du réseau d'eaux pluviales à la zone d'activités de Bel Air. Il existe une réduction importante de section de canalisation sur ce secteur. Une buse DN 600 se jette dans une buse DN 300.

Chacune de ces anomalies sera traitée dans le cadre de la phase 2 du schéma directeur eaux pluviales (phase de propositions d'aménagements).

V. PHASE II : PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

Le présent chapitre constitue les propositions d'aménagements pour résoudre les désordres hydrauliques et qualitatifs rencontrés et ceux décelés lors des simulations mathématiques des réseaux d'eaux pluviales dans l'état actuel.

Ce dossier fait suite à la phase 1 du schéma directeur qui présentait un diagnostic hydraulique de la ville de Ploulec'h :

- Réalisation du plan général des écoulements sur lequel figure tous les regards des réseaux d'eaux pluviales avec les informations topographiques sur les regards (altitude terrain naturel, altitude fil d'eau), les diamètres des collecteurs, les bassins versants, etc....
- Modélisations mathématiques des réseaux d'eaux pluviales avec le logiciel PCSWMM,
- Recensement des désordres hydrauliques et qualitatifs de la ville de Ploulec'h,

L'étude diagnostic a permis de révéler quelques désordres hydrauliques et qualitatifs qui se caractérisent par de sous dimensionnement des réseaux d'eaux pluviales et par de mauvais branchements.

Toutefois, les visites terrain ont permis d'identifier quelques malfaçons du réseau d'eaux pluviales. Parmi ces malfaçons on notera :

- La présence d'eaux usées dans les réseaux au niveau du lotissement de Kerkaradec,
- Des réductions de section au niveau des réseaux :
 - Zone d'activités de Bel Air,
 - Rue des Ecoles tronçon 69 – 54,
 - Rue de l'ancienne boulangerie tronçon 77 – 83 :
 - Impasse Ker Ganivet Bian tronçon 117 – 116
- Comme évoqué précédemment, on notera le manque d'entretien des bassins de rétention.
- Grilles cassées au niveau de la route de Quellenec grille n°28 :

Les collecteurs d'eaux pluviales présentent un bon état général sur l'ensemble de la commune. Ils sont cependant parfois encrassés par des gravats ou des dépôts de terre végétale. On note notamment un encrassement au niveau des réseaux

- Lotissement Milin Avel – tronçon 21 – 19 :
- Lotissement du Vieux Calvaire – tronçon 133 – 134 :
- ZAC de Convent Biannic – tronçon 187 – 189 (voir le plan page 16).
- ZAC de Convent Biannic – tronçon 202 – 201 (voir le plan page 16).
- Giratoire Garluères :

On note également des discontinuités de certains fossés où les passages busés sont soit bouchés soit inexistantes comme au niveau de la route de Kerissy ou route de Kerjean

V.1. NOTICE EXPLICATIVE SUR LE CHIFFRAGE DES AMENAGEMENTS PRECONISES

V.1.1. METHODE APPLIQUEE POUR L'ESTIMATION DES COUTS DES AMENAGEMENTS PRECONISES

Au stade de l'étude d'un schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales, l'estimation des coûts des aménagements préconisés est réalisée sur la base de ratios, compte tenu de la méconnaissance de l'ensemble des critères nécessaires pour effectuer un chiffrage précis (réseaux divers, géotechnique, etc...).

Les chiffrages fournis dans la présente étude ne peuvent donc être utilisés comme tels pour l'élaboration des Dossiers de Consultations des Entreprises.

Lorsque la ville de Ploulec'h envisagera la réalisation des aménagements préconisés dans la présente étude, elle devra réaliser des études complémentaires nécessaires pour préciser le chiffrage (voir chapitre suivant).

Le coût des études complémentaires et de la mission de Maitrise d'œuvre n'est pas inclus dans les estimations.

V.1.2. ETUDES COMPLEMENTAIRES NECESSAIRES POUR AFFINER LE CHIFFRAGE

Entre la phase de chiffrage des travaux, dans le cadre d'un schéma directeur d'assainissement pluvial (faisabilité) et la réalisation des travaux, des investigations et études complémentaires devront être menées.

V.1.2.1. Levés topographiques

Des levés topographiques (profils en travers, profils en long, relevés du terrain naturel et des fils d'eaux) devront être réalisés sur le site d'implantation des aménagements préconisés (remplacement de collecteurs, bassins de stockage et de régulation des eaux pluviales, etc...) afin d'affiner les caractéristiques (pente des réseaux, hauteur de digue, emprise, ...).

V.1.2.2. Investigations géotechniques

Des investissements géotechniques sont à réaliser dans le cas général de réalisation d'un bassin de retenue et sont d'autant plus importantes lorsque le bassin comporte une digue. En effet, la réalisation d'une digue demande une grande attention et exige une étude très soignée du sol et du sous-sol en place dans l'emprise de la digue et dans sa proximité.

V.1.2.3. Sondage (uniquement pour une digue)

Des essais en place (pénétromètre, pressiomètre, scissomètre...) répartis dans l'axe de la digue sont préconisés. Généralement les zones les plus sensibles sont les zones de grande hauteur et les extrémités des digues (risque de contournement). En règle générale, les sondages et essais en place doivent atteindre une profondeur au moins égale à celle de la hauteur maximum de la digue.

V.1.2.4. Reconnaissance du site

Cette phase a pour objet principal l'étude de l'étanchéité du bassin et l'utilisation des terres de déblai pour la construction de la digue.

L'étude d'étanchéité comportera des tests Porchet ainsi qu'une campagne d'essais de perméabilité de type Lefranc, nécessitant la réalisation de forages équipés de tubes piézométriques. Ces sondages positionnés sous le niveau de fond de bassin permettent d'évaluer les débits de fuite. Ces sondages sont implantés tous les 100 à 300 m suivant l'homogénéité du site et la superficie de retenue.

L'utilisation des terres de déblai comme matériaux de remblai pour la digue doit être étudiée. Pour se faire, une reconnaissance des sols est menée à partir d'échantillons remaniés. On admet généralement un maillage des sondages de 50 x 50 mètres.

V.1.2.5. Suivi piézométrique

Le suivi piézométrique devra être envisagé en période de hautes eaux et en période d'étiage afin d'estimer les fluctuations de la nappe. L'influence du thalweg sur la nappe phréatique devra également être déterminée.

L'incidence d'un rabattement de nappe sur les ouvrages avoisinants situés au pourtour et à l'aval devra également être évaluée.

Le suivi piézométrique est primordial dans le cas de réalisation de bassins de stockage et de régulation des eaux pluviales afin de déterminer si ces derniers se trouvent sous l'influence de la nappe ce qui signifie la mise en œuvre d'un ouvrage totalement étanchéifié.

V.1.2.6. Les essais en laboratoire

Il s'agit d'essais d'identification de comportement et de matériaux afin de définir les possibilités de réemploi des matériaux, la perméabilité, la stabilité des talus.

- Les essais d'identification ont pour objet la classification des sols et concernent essentiellement :
 - La granulométrie,
 - La valeur au bleu, les limites d'Atterberg, l'équivalent de sable.

- Les essais spécifiques aux mouvements des terres caractérisant l'état des matériaux, concernent :
 - La teneur en eau,
 - L'essai Proctor normalisé,
 - L'essai CBR.

- Les essais spécifiques aux calculs de stabilité des ouvrages :
 - Poids volumique humide et sec,
 - Compression simple.

V.1.2.7. Etude de danger (uniquement pour un ouvrage de rétention)

Dans le cas de la mise en œuvre d'une digue sur un ruisseau pour empêcher les inondations en aval, il faudra procéder à une étude de danger de la rupture de la digue.

Cette étude permettra de connaître l'impact sur les biens et les personnes situés en aval de la digue en cas de rupture ainsi que de prévoir des moyens d'alertes pour prévenir du danger.

Le présent rapport fait suite à l'étude de diagnostic du réseau hydrographique et de l'assainissement pluvial de la commune de Ploulec'h.

Ce diagnostic a permis de recenser différents désordres hydrauliques sur le secteur d'étude. Le présent rapport apporte des solutions afin de résoudre les dysfonctionnements et les malfaçons observés dans l'état actuel.

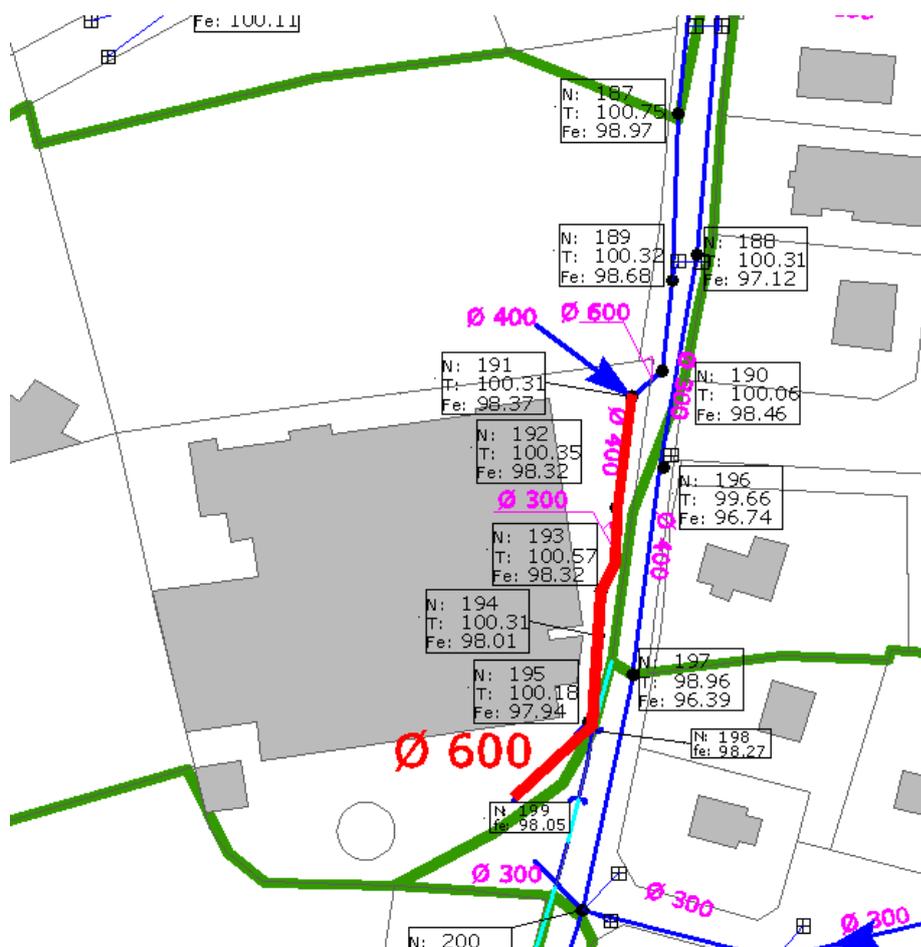
V.2. PROBLEME HYDRAULIQUE DE LA ZONE D'ACTIVITES DE BEL AIR:

Il existe une réduction importante de section de canalisation sur ce secteur. Une buse DN 600 se jette dans une buse DN 300.

Intermarché possède déjà un bassin tampon. Il faudra remplacer le collecteur sous dimensionné entre le bassin tampon et le parking d'Intermarché. Prévoir également la mise aux normes du bassin tampon d'Intermarché (cloison siphonide, débroussaillage, ...).

| Désignation | Unité | Quantité | Prix unitaire € H.T. | Prix total estimé € H.T. |
|---|-------|----------|-------------------------|-----------------------------|
| Fourniture et pose collecteur DN 600 mm (y compris la tranchée) | M | 90 | 500 | 45 000 € |
| Regard visitable | U | 3 | 1000 | 3 000 € |
| Grilles pluviales | U | 4 | 350 | 1 400 € |
| Installation chantier | F | 1 | 500 | 500 € |
| Divers et imprévu (10%) | F | 1 | | 4 990 € |
| Etude maîtrise d'œuvre (5%) | F | 1 | | 2 495 € |
| Total estimé € HT | | | | 57 385 € |

Plan de localisation du nouveau collecteur :



V.3. PROBLEME HYDRAULIQUE DE LA ROUTE DE KERISSY:

Débordement du réseau d'eaux pluviales à la route de Kerissy. Le collecteur DN 250 de cette rue est sous dimensionné.

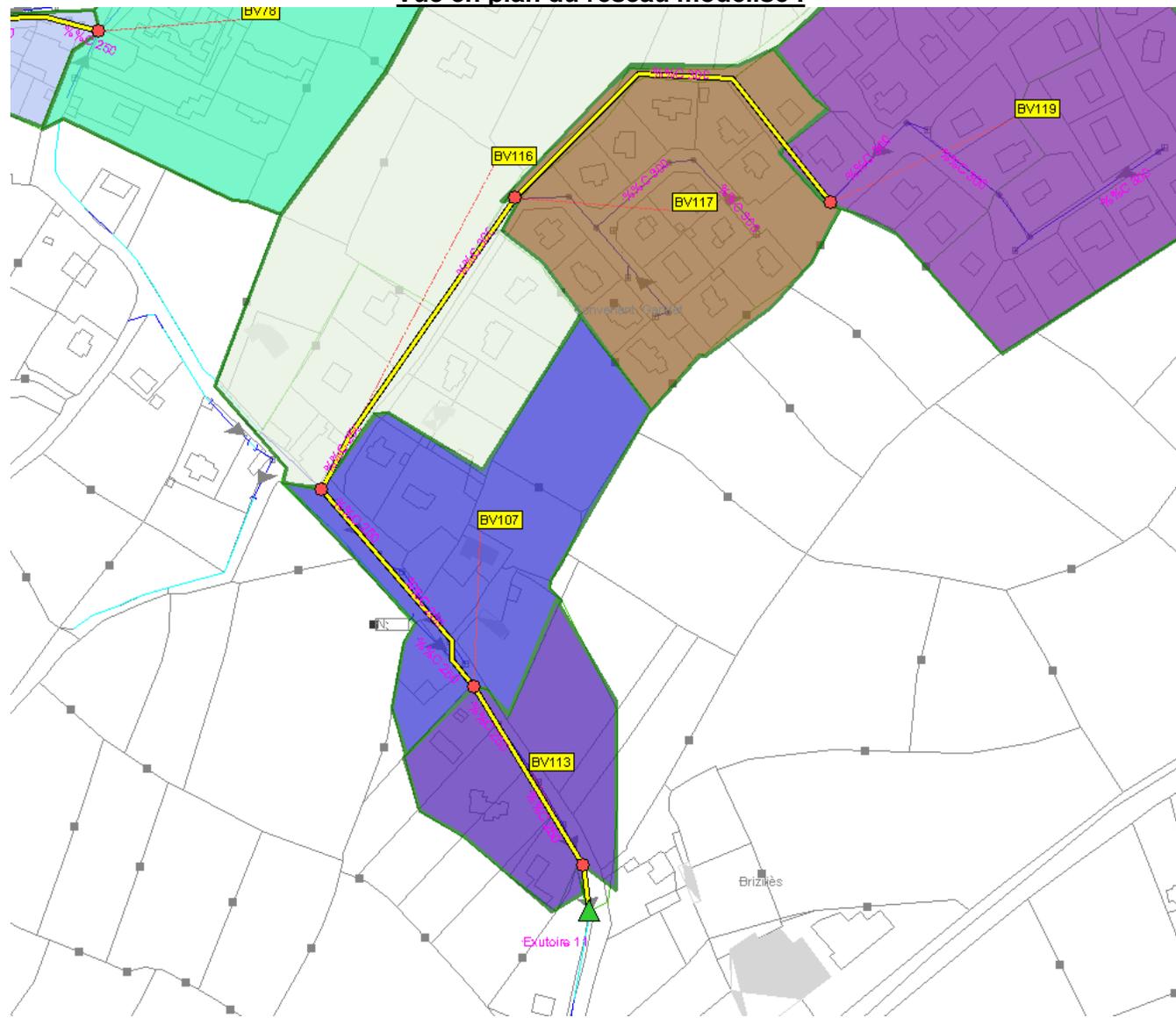
Solution : remplacer le collecteur DN 250 par un collecteur DN 400.

Les résultats des simulations en situation future pour cet aménagement sont présentés pages suivantes.

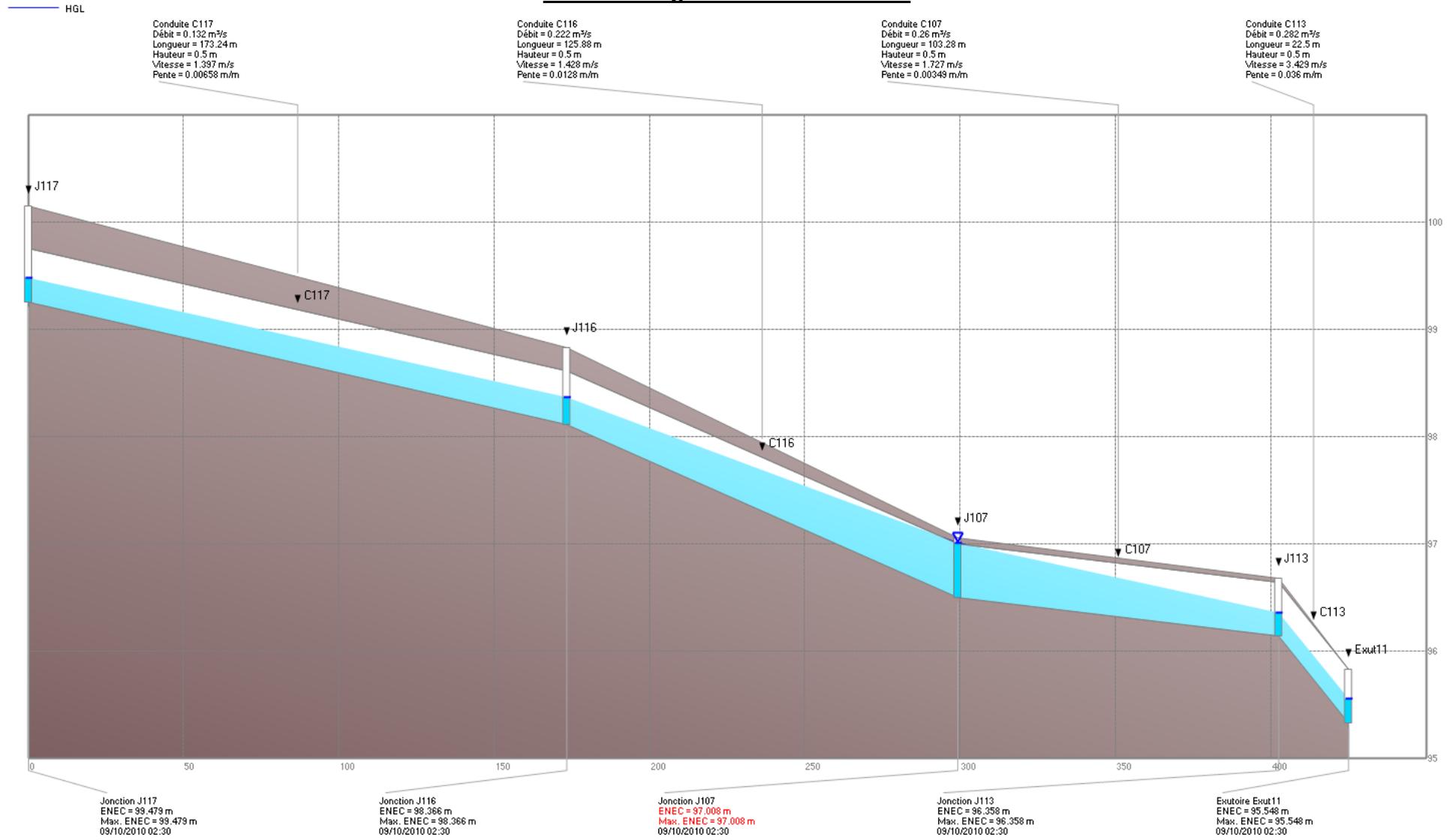
Estimation des travaux :

| Désignation | Unité | Quantité | Prix unitaire € H.T. | Prix total estimé € H.T. |
|---|-------|----------|----------------------|--------------------------|
| Fourniture et pose collecteur DN 400 mm (y compris la tranchée) | M | 300 | 285 | 85 500 € |
| Regard visitable | U | 7 | 1000 | 7 000 € |
| Grilles pluviales | U | 15 | 350 | 5 250 € |
| Tête de buse DN 400 mm | U | 1 | 600 | 600 € |
| Installation chantier | F | 1 | 500 | 500 € |
| Divers et imprévu (10%) | F | 1 | | 9 885 € |
| Etude maitrise d'œuvre (5%) | F | 1 | | 4 943 € |
| Total estimé € HT | | | | 113 678 € |

Vue en plan du réseau modélisé :



Profil en long du réseau modélisé :



V.4. RESEAUX ENCRASSES DE LA COMMUNE:

Prévoir hydrocurage des collecteurs encrassés.

V.5. PRESENCE D'EAUX USEES DANS LES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES DE LA COMMUNE:

Prévoir des tests au colorant sur le système d'assainissement des habitations situées en amont des réseaux pollués. Les maisons mal raccordées au réseau public doivent se mettre en conformité.

VI. CONCLUSION

Cette étude hydraulique réalisée sur la commune de Ploulec'h a permis de recenser les dysfonctionnements hydrauliques sur le réseau d'eaux pluviales.

L'étude hydraulique a permis de mettre en évidence les points suivants :

- Propositions d'aménagements afin de résoudre les points noirs d'ordre hydraulique du réseau d'eaux pluviales,
- Propositions d'aménagements qualitatifs pour améliorer la qualité des eaux pluviales.

VII. PHASE III : ETUDE SOMMAIRE DES DEVELOPPEMENTS FTURS ENVISAGEABLES

L'objet de cette étude est de proposer d'autres scénarii de développement du territoire en terme d'urbanisation qui soient le plus cohérents possible vis-à-vis de l'aspect pluvial.

Au moment de la réalisation de cette étude, le Plan Local d'Urbanisme de la ville de Ploulec'h était en cours de révision.

Lors de nos visites sur le terrain dans le cadre de la reconnaissance des réseaux d'eaux pluviales des bassins versants de la commune, plusieurs secteurs actuellement non urbanisés ont été jugés intéressants du point de vu hydraulique quant à la possibilité qu'ils soient un jour urbanisables.

Ces zones qui sont actuellement des parcelles essentiellement agricoles présentent des caractéristiques qui nous permettent de les classer comme étant potentiellement urbanisable du point de vu hydraulique.

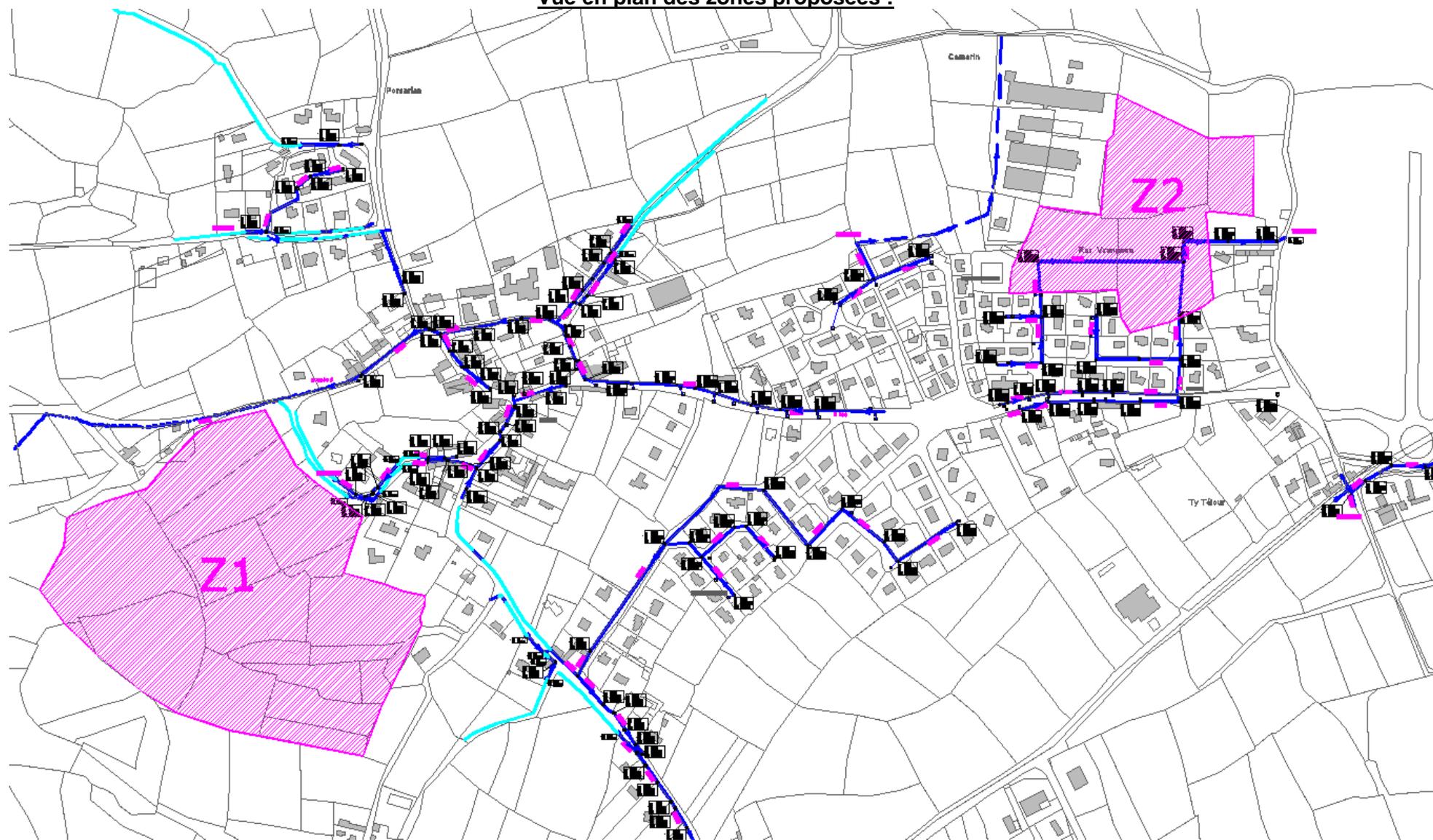
Les critères de sélection et de détermination de ces zones sont :

- Pas de présence de zone humide visuelle,
- Pas situé en zone inondable,
- Pente suffisante pour la création d'un ouvrage de stockage des eaux pluviales et pour la pose des collecteurs,
- Capacité de raccordement aux réseaux d'eaux pluviales existants,
- Pas situé dans un bassin à risque, ou possibilité de prévoir des aménagements au moment de l'urbanisation qui amélioreront également la situation actuelle.

Ainsi, deux zones répondant à ces critères ont été recensées sur la commune de Ploulec'h.

Les cartes pages suivantes présentent l'emplacement de ces zones.

Vue en plan des zones proposées :



ANNEXES

ANNEXE I : PLANS DES RESEAUX D'EAUX PLUVIALES

ANNEXE II : CARACTERISTIQUES DES PLUIES DE PROJET

Pluie Bisannuelle

Séries chronologiques:

- DesbordesQ5
- DesbordesQ10
- DesbordesQ30
- DesbordesQ2**
- DesbordesQ100

Nom: DesbordesQ2

Description: Pluie de projet Desbordes, Ht = 28 mm, Dp = 4 h, Hp = 12 mm, D = 30 min, T = 120 min, Dt = 1 min, unit?e de pluie = mm/h.

Utiliser le fichier de données externe ci-dessus

Entrer les données de série chronologique dans la table ci-de

Si aucune date, le temps est relatif au début de la simulation.

| Date (M/J/A) | Heure (H:M) | Valeur |
|--------------|-------------|--------|
| | 0:00 | 0 |
| | 0:01 | 0.08 |
| | 0:02 | 0.15 |
| | 0:03 | 0.23 |
| | 0:04 | 0.3 |
| | 0:05 | 0.38 |
| | 0:06 | 0.46 |
| | 0:07 | 0.53 |
| | 0:08 | 0.61 |
| | 0:09 | 0.69 |

Séries chronologiques DesbordesQ2

Le graphique illustre la série chronologique de la pluie de projet DesbordesQ2. L'axe des ordonnées (Valeur) est gradué de 0 à 40 mm/h. L'axe des abscisses (Date/Heure) est gradué de Fri 10 Sep 2010 à 4:00. La courbe montre une pluie qui commence à 0:00, augmente progressivement jusqu'à 0:09 (0.69 mm/h), puis présente un pic très aigu à 2:00 (environ 38 mm/h), avant de décroître jusqu'à 0 à 4:00.

Options

OK

Annuler

Ajouter Supprimer

Charger... Enregistrer...

Pluie Quinquennale

Pluviomètres Précipitation Radar Pluies conception

Pluviomètres:

DesbordesQ5

DesbordesQ10

DesbordesQ30

Propriétés:

Attributs

| | |
|-----------------------|-------------|
| Nom | DesbordesQ5 |
| Coordonnée-X | |
| Coordonnée-Y | |
| Description | |
| Étiquette | |
| Format pluie | INTENSITY |
| Intervalle de temps | 0:01 |
| Facteur capture neige | 1.0 |
| Source données | TIMESERIES |
| Nom séries | DesbordesQ5 |

Période intense Desbordes

| | |
|-------------|------------------|
| Temps début | 17/08/2010 02:00 |
| Durée | 35 |

Nom

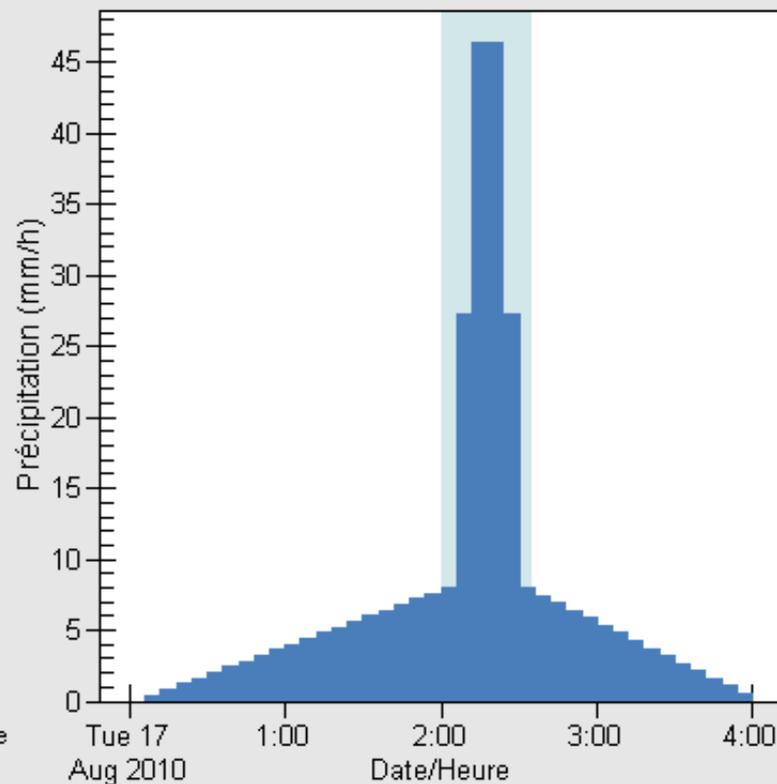
Nom de pluviomètre assigné par l'utilisateur.

Porter en graphique fichier données série chronologique

Ajouter

Supprimer

DesbordesQ5



OK

Annuler

Pluie Décennale

Pluviomètres Précipitation Radar Pluies conception

Pluviomètres:

DesbordesQ5
DesbordesQ10
DesbordesQ30

Propriétés:

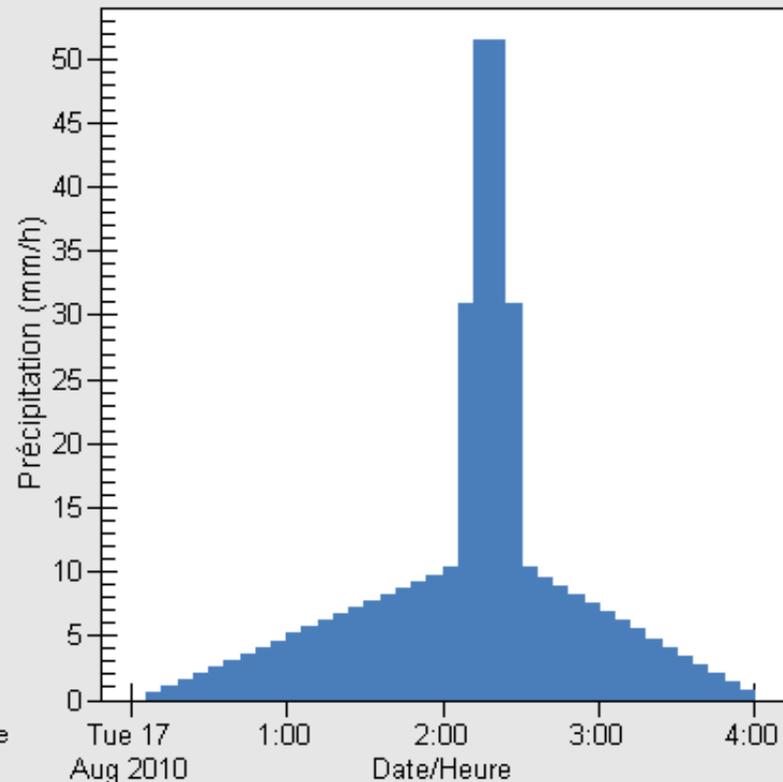
| Attributs | |
|---------------------------|--------------|
| Nom | DesbordesQ10 |
| Coordonnée-X | |
| Coordonnée-Y | |
| Description | |
| Étiquette | |
| Format pluie | INTENSITY |
| Intervalle de temps | 0:06 |
| Facteur capture neige | 1.0 |
| Source données | TIMESERIES |
| Nom séries | DesbordesQ10 |
| Période intense Desbordes | |
| Temps début | 18/08/2010 |
| Durée | 100 |

Nom
Nom de pluviomètre assigné par l'utilisateur.

Porter en graphique fichier données série chronologique

Ajouter Supprimer

DesbordesQ10



OK Annuler

Pluie Trentennale

Pluviomètres Précipitation Radar Pluies conception

Pluviomètres:

- DesbordesQ5
- DesbordesQ10
- DesbordesQ30**

Propriétés:

| | |
|---|--------------|
| <input type="checkbox"/> Attributs | |
| Nom | DesbordesQ30 |
| Coordonnée-X | |
| Coordonnée-Y | |
| Description | |
| Étiquette | |
| Format pluie | INTENSITY |
| Intervalle de temps | 0:06 |
| Facteur capture neige | 1.0 |
| Source données | TIMESERIES |
| Nom séries | DesbordesQ30 |
| <input type="checkbox"/> Période intense Desbordes | |
| Temps début | 18/08/2010 |
| Durée | 100 |

Nom
Nom de pluviomètre assigné par l'utilisateur.

Porter en graphique fichier données série chronologique

DesbordesQ30

Précipitation (mm/h)

Date/Heure

| Date/Heure | Précipitation (mm/h) |
|----------------------|----------------------|
| Tue 17 Aug 2010 1:00 | 0 |
| Tue 17 Aug 2010 2:00 | 10 |
| Tue 17 Aug 2010 2:30 | 70 |
| Tue 17 Aug 2010 3:00 | 10 |
| Tue 17 Aug 2010 4:00 | 0 |

Pluie Centennale

Séries chronologiques:

DesbordesQ5
DesbordesQ10
DesbordesQ30
DesbordesQ2
DesbordesQ100

Nom:

DesbordesQ100

Description:

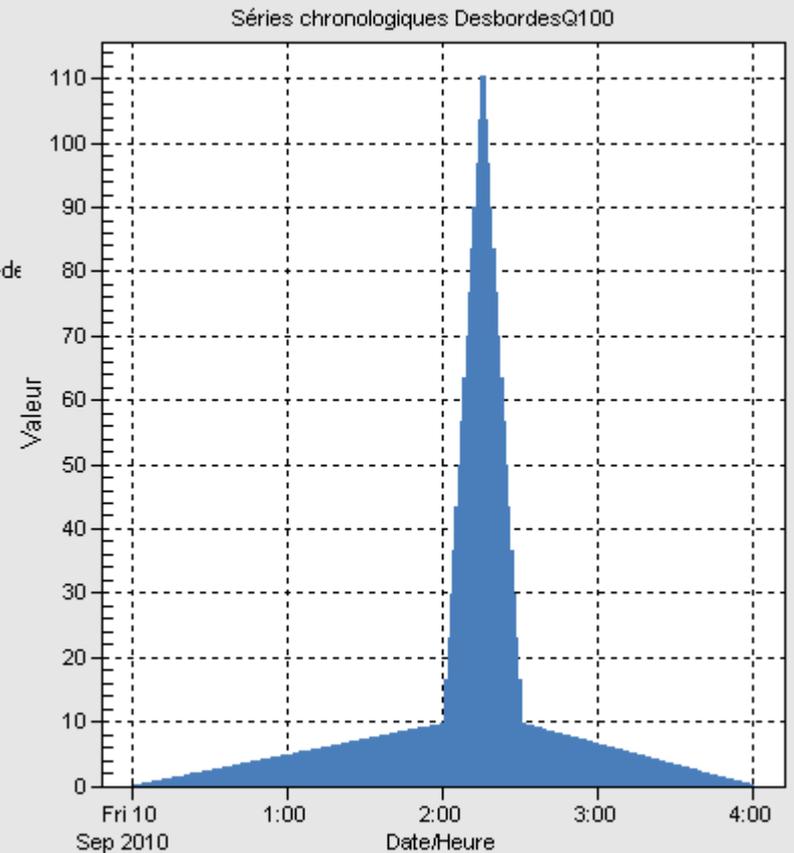
Pluie de projet Desbordes, Ht = 47 mm, Dp = 4 h, Hp = 30 mm, D = 30 min, T = 120 min, Dt = 1 min, unité de pluie = mm/h.

Utiliser le fichier de données externe ci-dessus

Entrer les données de série chronologique dans la table ci-de

Si aucune date, le temps est relatif au début de la simulation.

| Date (M/J/A) | Heure (H:M) | Valeur |
|--------------|-------------|--------|
| | 0:00 | 0 |
| | 0:01 | 0.08 |
| | 0:02 | 0.16 |
| | 0:03 | 0.24 |
| | 0:04 | 0.32 |
| | 0:05 | 0.4 |
| | 0:06 | 0.49 |
| | 0:07 | 0.57 |
| | 0:08 | 0.65 |
| | 0:09 | 0.73 |



Ajouter

Supprimer

Charger...

Enregistrer...

Options

OK

Annuler

ANNEXE III : LEVES TOPOGRAPHIQUES DES REGARDS ET DES GRILLES PLUVIALES

| N° Regard | X | Y | Z fil d'eau | Z tampon |
|-----------|------------|------------|-------------|----------|
| 1 | 168543.7 | 131275.847 | 47.4 | 46.97 |
| 2 | 168544.77 | 131255.476 | 48.08 | 47.73 |
| 3 | 168544.956 | 131232.303 | 49.03 | 48.55 |
| 4 | 168555.154 | 131209.449 | 50.9 | 50.4 |
| 5 | 168541.63 | 131199.418 | 49.08 | 48.71 |
| 6 | 168578.626 | 131189.17 | 54.44 | 53.86 |
| 7 | 168589.101 | 131181.451 | 55.85 | 55.39 |
| 8 | 168601.791 | 131174.686 | 57.34 | 56.94 |
| 9 | 168615.763 | 131167.862 | 58.87 | 58.51 |
| 10 | 168627.718 | 131162.563 | 59.98 | 59.47 |
| 11 | 168648.33 | 131152.775 | 61.66 | 61.18 |
| 12 | 168808.537 | 131119.151 | 64.53 | 64.25 |
| 13 | 168807.213 | 131130.321 | 64.32 | 63.97 |
| 15 | 168644.441 | 131024.229 | 59.85 | 59.56 |
| 16 | 168637.416 | 131023.275 | 59.48 | 59.18 |
| 17 | 168593.271 | 131014.173 | 57.34 | 57.04 |
| 18 | 168612.286 | 131020.413 | 57.97 | 57.65 |
| 19 | 169185.614 | 130780.947 | 76.59 | 75.29 |
| 21 | 169238.843 | 130766.461 | 76.82 | 75.47 |
| 22 | 169285.162 | 130753.834 | 77.28 | 76.04 |
| 24 | 170082.425 | 130935.482 | 80.62 | 79.97 |
| 25 | 170141.984 | 130935.392 | 82.43 | 81.36 |
| 27 | 170080.04 | 130960.508 | 80.32 | 79.57 |
| 28 | 170081.521 | 130968.097 | 80.18 | 79.47 |
| 29 | 170081.697 | 130981.187 | 80.05 | 79.45 |
| 30 | 170167.698 | 130735.08 | 84.28 | 83.86 |
| 31 | 170157.211 | 130748.213 | 84.26 | 83.76 |
| 33 | 170549.212 | 129978.321 | 94.07 | 93.57 |
| 35 | 170557.982 | 129952.129 | 94.7 | 93.49 |
| 36 | 170535.267 | 129947.804 | 94.31 | 93.14 |
| 37 | 170517.629 | 129944.361 | 94.04 | 92.95 |
| 38 | 170504.052 | 129930.016 | 93.41 | 92.49 |
| 41 | 170468.176 | 129882.037 | 91.8 | 91.18 |
| 42 | 170616.1 | 129837.493 | 95.44 | 94.77 |
| 43 | 170622.554 | 129816.788 | 95.57 | 94.75 |
| 44 | 170648.964 | 129777.307 | 95.13 | 94.47 |
| 45 | 170652.429 | 129777.482 | 95.04 | 94.72 |
| 46 | 170660.348 | 129772.411 | 95.23 | 94.58 |
| 47 | 170670.764 | 129753.987 | 96.06 | 95.76 |
| 48 | 170684.764 | 129736.88 | 96.98 | 96.41 |
| 49 | 170699.746 | 129724.948 | 97.61 | 97.24 |
| 50 | 170715.391 | 129713.153 | 97.93 | 97.6 |
| 51 | 170574.407 | 129729.243 | 92.83 | 92.36 |
| 52 | 170697.656 | 129779.252 | 96.86 | 95.91 |
| 53 | 170747.111 | 129786.851 | 97.84 | 96.67 |
| 54 | 170778.296 | 129786.034 | 98.59 | 97.73 |
| 55 | 170806.727 | 129807.368 | 99.12 | 98.61 |
| 56 | 170813.168 | 129805.317 | 99.21 | 98.67 |
| 57 | 170821.085 | 129814.258 | 99.37 | 98.87 |

| | | | | |
|-----|------------|------------|-------|--------|
| 58 | 170816.506 | 129820.003 | 99.35 | 98.85 |
| 60 | 170839.688 | 129850.425 | 99.66 | 99.14 |
| 61 | 170851.132 | 129854.1 | 99.74 | 99.29 |
| 62 | 170847.475 | 129860.284 | 99.68 | 99.15 |
| 63 | 170856.229 | 129860.136 | 99.19 | 99.19 |
| 64 | 170870.943 | 129893.088 | 99.42 | 99.42 |
| 65 | 170795.59 | 129776.634 | 98.81 | grille |
| 66 | 170802.563 | 129758.854 | 99.01 | 98.42 |
| 67 | 170806.998 | 129741.259 | 99.2 | 98.64 |
| 68 | 170809.813 | 129742.717 | 99.23 | grille |
| 69 | 170818.911 | 129723.154 | 99.93 | 99.14 |
| 70 | 170799.754 | 129716.624 | 99.26 | 98.92 |
| 71 | 170777.039 | 129710.578 | 98.92 | 98.57 |
| 72 | 170752.52 | 129707.318 | 98.37 | 97.97 |
| 73 | 170740.929 | 129706.174 | 98.17 | 97.74 |
| 74 | 170739.305 | 129689.939 | 98 | 97.49 |
| 75 | 170732.983 | 129674.135 | 97.78 | 97.28 |
| 76 | 170725.918 | 129666.431 | 97.78 | 97.21 |
| 77 | 170726.117 | 129657.28 | 97.76 | 97.04 |
| 78 | 170700.115 | 129626.756 | 97.4 | 96.63 |
| 79 | 170688.831 | 129604.081 | 97.27 | 96.81 |
| 80 | 170690.837 | 129630.773 | 97.12 | 96.45 |
| 81 | 170686.658 | 129631.539 | 96.78 | 96.26 |
| 82 | 170682.607 | 129637.322 | 96.7 | 96.1 |
| 83 | 170671.547 | 129633.2 | 95.98 | 95.38 |
| 84 | 170664.563 | 129636.509 | 95.89 | 95.36 |
| 85 | 170649.805 | 129635.994 | 95.22 | 94.84 |
| 86 | 170647.035 | 129631.649 | 95.29 | 94.93 |
| 87 | 170635.947 | 129631.324 | 94.63 | 94.63 |
| 88 | 170636.624 | 129636.197 | 94.42 | 94.42 |
| 89 | 170615.179 | 129632.966 | 93.93 | 93.93 |
| 90 | 170591.409 | 129605.684 | 93.58 | 93.01 |
| 91 | 170594.984 | 129601.943 | 93.34 | 93.34 |
| 92 | 170586.437 | 129600.177 | 93.73 | 93.3 |
| 93 | 170585.167 | 129598.625 | 93.55 | 93.12 |
| 94 | 170578.167 | 129595.502 | 93.58 | 92.98 |
| 95 | 170558.642 | 129596.415 | 92.61 | 92.61 |
| 96 | 170567.567 | 129598.222 | 92.68 | 92.08 |
| 97 | 170755.662 | 129444.357 | 97.5 | 97.5 |
| 98 | 170774.593 | 129425.247 | 97.59 | 97.59 |
| 99 | 170778.298 | 129421.273 | 97.5 | 97.5 |
| 100 | 170784.352 | 129414.836 | 97.87 | 97.47 |
| 101 | 170776.959 | 129397.192 | 97.09 | 97.09 |
| 102 | 170839.089 | 129369.614 | 97.4 | 96.96 |
| 103 | 170846.155 | 129362.637 | 97.33 | 96.87 |
| 104 | 170862.43 | 129342.228 | 97.3 | 96.9 |
| 105 | 170855.381 | 129338.044 | 96.83 | 96.83 |
| 106 | 170882.046 | 129315.293 | 97.09 | 96.79 |
| 107 | 170883.422 | 129303.971 | 97.05 | 96.5 |
| 108 | 170874.778 | 129326.174 | 97.02 | 96.67 |

| | | | | |
|-----|------------|------------|--------|--------|
| 109 | 170898.895 | 129281.019 | 97.25 | 96.44 |
| 110 | 170907.991 | 129268.626 | 97.1 | 96.3 |
| 111 | 170915.622 | 129257.523 | 96.93 | 96.25 |
| 112 | 170922.803 | 129246.416 | 96.88 | 96.2 |
| 113 | 170929.431 | 129234.863 | 96.77 | 96.14 |
| 115 | 170944.461 | 129193.867 | 95.34 | 95.34 |
| 116 | 170824.545 | 129427.804 | 98.83 | 98.11 |
| 117 | 170906.742 | 129544.591 | 101.12 | 99.25 |
| 118 | 171015.546 | 129603.275 | 101.88 | 100.02 |
| 119 | 171063.326 | 129542.433 | 101.34 | 100.34 |
| 120 | 171026.97 | 129530.387 | 101.47 | 100.22 |
| 121 | 170995.482 | 129563.789 | 101.53 | 99.95 |
| 122 | 170983.398 | 129562.357 | 101.43 | 99.94 |
| 123 | 170933.575 | 129545.721 | 101.1 | 99.59 |
| 124 | 170947.388 | 129530.19 | 100.84 | 99.56 |
| 125 | 170983.133 | 129488.517 | 100.57 | 99.85 |
| 126 | 170865.203 | 129719.268 | 100.46 | 99.33 |
| 127 | 170919.856 | 129717.045 | 101.1 | 99.8 |
| 128 | 170940.56 | 129714.08 | 101.47 | 100.08 |
| 129 | 170963.384 | 129708.061 | 101.72 | 100.31 |
| 130 | 171001.346 | 129695.858 | 101.89 | 100.83 |
| 131 | 171033.946 | 129690.83 | 102.43 | 100.9 |
| 132 | 171072.57 | 129688.906 | 102.57 | 101.39 |
| 133 | 171226.529 | 129567.708 | 102.44 | 101.3 |
| 134 | 171162.575 | 129525.828 | 102.13 | 100.93 |
| 135 | 171147.371 | 129546.545 | 102.37 | 100.85 |
| 136 | 171101.417 | 129582.073 | 101.83 | collé |
| 137 | 171197.287 | 129859.746 | 101.66 | 100.25 |
| 138 | 171132.611 | 129829.969 | 101.21 | 99.81 |
| 139 | 171105.218 | 129809.474 | 101.57 | 100.1 |
| 140 | 170336.111 | 128766.199 | 85.82 | 85.82 |
| 141 | 170328.691 | 128786.225 | 85.89 | 85.89 |
| 142 | 170308.195 | 128798.969 | 85.47 | 85.47 |
| 143 | 170307.465 | 128808.759 | 85.48 | 85.48 |
| 144 | 170295.148 | 128800.651 | 85.67 | 85.67 |
| 145 | 170265.968 | 128779.565 | 86.17 | 86.17 |
| 146 | 170267.037 | 128772.744 | 86.27 | 86.27 |
| 147 | 170252.109 | 128763.383 | 86.62 | 86.62 |
| 148 | 170340.245 | 128805.703 | 86.82 | 85.76 |
| 149 | 170361.018 | 128825.598 | 86.72 | 85.35 |
| 150 | 170380.546 | 128844.466 | 86.23 | 84.83 |
| 151 | 170412.039 | 128950.846 | 83.64 | 83.22 |
| 152 | 170415.6 | 128955.436 | 83.61 | 83.17 |
| 153 | 170423.025 | 128987.715 | 80.56 | 80.19 |
| 154 | 170422.494 | 128980.41 | 83.81 | 83.44 |
| 155 | 170317.809 | 128979.076 | 84.99 | 84.99 |
| 156 | 170310.922 | 128971.113 | 85.13 | 85.13 |
| 157 | 171471.538 | 129699.231 | 101.86 | 100.54 |
| 158 | 171471.829 | 129791.815 | 101.53 | 99.64 |
| 159 | 171472.188 | 129744.713 | 102 | 100 |

| | | | | |
|-----|------------|------------|--------|--------|
| 160 | 171380.291 | 129744.631 | 102.79 | 100.71 |
| 161 | 171380.098 | 129792.053 | 102.3 | 101.1 |
| 162 | 171319.836 | 129741.638 | 102.7 | 101.31 |
| 163 | 171320.005 | 129791.418 | 102.29 | 100.92 |
| 164 | 171281.054 | 129791.282 | 102.48 | 101.22 |
| 165 | 171271.511 | 129739.722 | 102.96 | 101.6 |
| 167 | 171282.717 | 129699.834 | 102.77 | 102.23 |
| 168 | 171296.735 | 129695.205 | 102.78 | 102.12 |
| 169 | 171305.657 | 129706.645 | 102.7 | 101.85 |
| 170 | 171326.623 | 129701.585 | 102.55 | 101.55 |
| 171 | 171329.717 | 129710.909 | 102.51 | 101.7 |
| 172 | 171365.154 | 129711.15 | 102.05 | 101.19 |
| 173 | 171377.827 | 129702.961 | 101.8 | 101.17 |
| 174 | 171404.313 | 129711.147 | 101.95 | 100.84 |
| 175 | 171427.504 | 129701.102 | 101.91 | 100.94 |
| 176 | 171579.334 | 129705.352 | 101.19 | 100.57 |
| 177 | 171661.871 | 129599.84 | 99.76 | 98.26 |
| 178 | 171683.61 | 129616.331 | 100.36 | collé |
| 179 | 171701.596 | 129624.817 | 100.85 | 98.68 |
| 180 | 171736.085 | 129627.109 | 101.09 | 98.85 |
| 181 | 172391.216 | 129865.061 | 100.64 | 99.25 |
| 182 | 172350.253 | 129913.406 | 101.02 | 99.58 |
| 183 | 172192.753 | 129825.632 | 100.94 | 100.11 |
| 184 | 172281.814 | 129871.089 | 101.36 | 99.57 |
| 185 | 172300.696 | 129862.75 | 101.26 | 99.49 |
| 186 | 172303.124 | 129826.737 | 101.01 | 97.51 |
| 187 | 172298.88 | 129804.218 | 100.75 | 98.97 |
| 188 | 172298.335 | 129771.492 | 100.31 | 97.12 |
| 189 | 172293.137 | 129766.048 | 100.32 | 98.68 |
| 190 | 172291.076 | 129747.183 | 100.06 | 98.46 |
| 191 | 172284.791 | 129741.828 | 100.31 | 98.37 |
| 192 | 172281.393 | 129718.453 | 100.35 | 98.32 |
| 193 | 172277.188 | 129706.609 | 100.57 | 98.32 |
| 194 | 172278.006 | 129689.046 | 100.31 | 98.01 |
| 195 | 172275.878 | 129673.718 | 100.18 | 97.94 |
| 196 | 172291.365 | 129727.043 | 99.66 | 96.74 |
| 197 | 172284.95 | 129683.615 | 98.96 | 96.39 |
| 198 | 172279.742 | 129672.301 | 98.27 | 98.27 |
| 199 | 172276.81 | 129658.093 | 98.05 | 98.05 |
| 200 | 172274.464 | 129634.434 | 98.01 | 96.13 |
| 201 | 172314.438 | 129624.373 | 98.12 | 96.69 |
| 202 | 172350.119 | 129632.813 | 98.25 | 96.95 |
| 203 | 172255.414 | 129570.996 | 96.36 | 95.25 |
| 204 | 172231.424 | 129525.419 | 94.26 | 94.26 |
| 205 | 172223.68 | 129521.546 | 94.95 | 94.55 |
| 206 | 172237.041 | 129514.571 | 94.23 | 94.23 |
| 207 | 172244.458 | 129503.367 | 94.15 | 94.15 |
| 208 | 172261.25 | 129453.543 | 91.99 | 91.99 |
| 209 | 172262.228 | 129446.671 | 91.41 | 91.41 |
| 210 | 172282.868 | 129461.552 | 93.58 | 92.72 |

| | | | | |
|-----|------------|------------|-------|--------|
| 211 | 172298.18 | 129463.199 | 93.78 | 93.04 |
| 212 | 172324.967 | 129466.036 | 93.8 | 93.21 |
| 213 | 172337.267 | 129468.973 | 93.93 | grille |
| 214 | 172395.506 | 129483.799 | 93.85 | 93.85 |
| 215 | 172407.476 | 129484.653 | 94.31 | 93.91 |
| 216 | 172415.123 | 129485.654 | 94.39 | 93.89 |
| 217 | 172674.642 | 129976.983 | 91.47 | 91.17 |
| 218 | 172665.321 | 129981.704 | 91.66 | 91.26 |
| 219 | 172660.126 | 129995.06 | 92.28 | 91.64 |

ANNEXE IV : RESULTATS DES SIMULATIONS

ANNEXE V : DONNEES METEO-FRANCE



COEFFICIENTS DE MONTANA

Formule des hauteurs – Loi GEV

Statistiques sur la période 1986 – 2005

ST BRIEUC (22)

Indicatif : 22372001, alt : 135 m., lat : 48°32'06"N, lon : 02°51'06"W

La formule de Montana permet, de manière théorique, de relier une quantité de pluie $h(t)$ recueillie au cours d'un épisode pluvieux avec sa durée t :

$$h(t) = a \times t^{(1-b)}$$

Les quantités de pluie $h(t)$ s'expriment en millimètres et les durées t en minutes.

Les coefficients de Montana (a, b) sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les quantités de pluie ayant une durée de retour donnée.

Cet ajustement est réalisé à partir des pas de temps (durées) disponibles entre 6 minutes et 6 heures.

Pour ces pas de temps, la taille de l'échantillon est au minimum de 19 années.

Coefficients de Montana pour des pluies de durée de 6 minutes à 6 heures

| Durée de retour | a | b |
|-----------------|--------|-------|
| 5 ans | 4.585 | 0.652 |
| 10 ans | 6.267 | 0.686 |
| 20 ans | 8.289 | 0.719 |
| 30 ans | 9.625 | 0.736 |
| 50 ans | 11.551 | 0.759 |
| 100 ans | 14.566 | 0.788 |