

x x

1

1	Les périmètres délimités par une délibération du conseil municipal ou de l'organe délibérant de l'établissement public de coopération intercommunale compétent dans lesquels l'article L. 111-16 ne s'applique pas	
2	Les périmètres d'intervention délimités en application de l'article L. 113-16 pour la protection et la mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains	
3	Le périmètre des zones délimitées en application de l'article L. 115-3 à l'intérieur desquelles certaines divisions foncières sont soumises à déclaration préalable	
4	Les schémas d'aménagement de plage prévus à l'article L. 121-28	
5	L'arrêté du préfet coordonnateur de massif prévu au 1° de l'article L. 122-12	
6	Les périmètres à l'intérieur desquels s'applique le droit de préemption urbain défini par les articles L. 211-1 et suivants, ainsi que les périmètres provisoires ou définitifs des zones d'aménagement différé	
7	Les zones d'aménagement concerté	
8	Le périmètre des secteurs dans lesquels un programme d'aménagement d'ensemble a été approuvé en application de l'article L. 332-9 dans sa rédaction antérieure au 31 décembre 2010	
9	Le périmètre des secteurs relatifs au taux de la taxe d'aménagement, en application de l'article L. 331-14 et L. 331-15	
10	Le périmètre des secteurs affectés par un seuil minimal de densité, en application de l'article L. 331-36	
11	Les périmètres fixés par les conventions de projet urbain partenarial mentionnées à l'article L. 332-11-3 ainsi que ceux délimités en application du II de cet article	
12	Les périmètres à l'intérieur desquels l'autorité compétente peut surseoir à statuer sur les demandes d'autorisation en application de l'article L. 424-1	
13	Les périmètres de projet prévus à l'article L. 322-13	
14	Les périmètres de développement prioritaires délimités en application de l'article L. 712-2 du code de l'énergie	
15	Les périmètres d'interdiction ou de réglementation des plantations et semis d'essences forestières délimités en application de l'article L. 126-1 du code rural et de la pêche maritime	
16	Les périmètres miniers définis en application des livres Ier et II du code minier	
17	Les périmètres de zones spéciales de recherche et d'exploitation de carrières et des zones d'exploitation et d'aménagement coordonné de carrières, délimités en application des articles L. 321-1, L. 333-1 et L. 334-1 du code minier	
18	Le plan des zones à risque d'exposition au plomb	
19	Les bois ou forêts relevant du régime forestier	
20	Les zones délimitées en application de l'article L. 2224-10 du code général des collectivités territoriales et les schémas des réseaux d'eau et d'assainissement et des systèmes d'élimination des déchets, existants ou en cours de réalisation, en précisant les emplacements retenus pour le captage, le traitement et le stockage des eaux destinées à la consommation, les stations d'épuration des eaux usées et le stockage et le traitement des déchets <i>Ces informations sont traitées à l'échelle intercommunale hormis la gestion des eaux pluviales</i>	x
21	Les dispositions d'un projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles rendues opposables en application de l'article L. 562-2 du code de l'environnement	
22	Les secteurs d'information sur les sols en application de l'article L. 125-6 du code de l'environnement ;	
23	Le règlement local de publicité élaboré en application de l'article L. 581-14 du code de l'environnement ;	
24	Les périmètres des biens inscrits au patrimoine mondial et de leur zone tampon mentionnés à l'article L. 612-1 du code du patrimoine.	



SCHEMA DIRECTEUR EAUX PLUVIALES DE LA COMMUNE DE PLOURIN-LES-MORLAIX

**Etude des bassins versants et propositions
d'implantations d'ouvrages de régulations**



novembre 2004

A.E.H.
2 rue du Gouélou
29600 – St-Martin-des-Champs

Tel/fax: 02.98.62.14.28
e-mail: aeh29@aol.com

DHI Eau & Environnement
1 rue Duguesclin
44300 Nantes - France

Tel: +33 2 40 48 40 40
Fax: +33 2 40 48 13 13
e-mail: dhi@dhi.fr
Web: www.dhi.fr

Projet		No du projet			
Schéma Directeur Eaux Pluviales de la commune de Plourin-les-Morlaix		50064			
	Auteurs				
	Mlle Valérie Carles / DHI Eau et Environnement				
	Mr François Hardy / A.E.H.				
Mots-clés		Classification			
Modélisation, Pluie-débit, Bassin versant		☐ Ouvert			
		☐ Interne			
		☒ Propriétaire			

SOMMAIRE

TRANCHE FONCTIONNELLE N°1

1	INTRODUCTION	2
2	CARACTERISATION DE LA ZONE D'ETUDE	3
2.1	Géographie et topographie	3
2.2	Réseau hydrographique.....	3
2.3	Gestion de l'espace	4
2.3.1	Démographie	4
2.3.2	Habitat	4
2.3.3	Activités économiques	5

Phase 1 - Etude des bassins versants et sous-bassins (étude DHI)

3	ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL	7
3.1	Introduction.....	7
3.2	Découpage en sous bassins versants.....	7
3.2	Inventaire des ouvrages de rétention existants et des projets à l'horizon 2006	11
3.4	Modélisation pluie-débit	15
3.4.1	Introduction.....	15
3.4.2	Définition de la pluie de projet.....	15
3.4.3	Validation du modèle	16

Phase 2 - Calcul et proposition d'ouvrages de rétention (DHI) - Intégration paysagère

4	ANALYSE DES ETATS FUTURS ET DIMENSIONNEMENT DE MESURES COMPENSATOIRES.....	19
4.1	Définition des états futurs	19
4.2	Modèle hydraulique	20
4.3	Résultats généraux sur les débits ruisselés	21
4.4	Analyse de l'état 2006 par rapport à l'état de référence	23
4.4.1	Sous bassin versant du Voasguisguen	23
4.4.2	Sous bassin versant du Queffleuth	25
4.4.3	Sous bassin versant du Menguen.....	27
4.5	Analyse de l'état 2010 par rapport à l'état 2006	29
4.5.1	Sous bassin versant du Voasguisguen	29
4.5.2	Sous bassin versant du Queffleuth	30
4.5.3	Sous bassin versant du Menguen.....	34
4.5.4	Sous bassin versant du Ruisseau de Kerbriant 1.....	37
4.5.5	Conclusion.....	38
5	PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT	40
5.1	La maîtrise des eaux de ruissellement.....	40
6	MISE EN ŒUVRE ET INTEGRATION PAYSAGERE	43

TRANCHE FONCTIONNELLE N°2

Phase 3 - Inventaire des secteurs de pollution

7	INTRODUCTION	48
8	NATURE DES ELEMENTS POLLUANTS.....	49
9	LOCALISATION DES PRINCIPAUX POINTS DE REJET.....	50
10	ANALYSE D'ECHANTILLONS D'EAU	53
10.1	Résultats des analyses	53
10.2	Bilan	54
10.3	Conclusion.....	57

11	PROPOSITION D'AMENAGEMENT D'OUVRAGES DE TRAITEMENT	58
11.1	Aménagement d'ouvrages de traitement des eaux pluviales	58

Phase 4 – Programme de travaux

12	ESTIMATION DES AMENAGEMENTS	60
13	CONCLUSION.....	62

ANNEXES

ANNEXE 1: LOGICIEL DE MODELISATION

ANNEXE 2: METHODE DE CALCUL

ANNEXE 3: DIVERS AMENAGEMENTS

ANNEXE 4: ANALYSE DES ÉCHANTILLONS D'EAU

SCHEMA DIRECTEUR EAUX PLUVIALES DE LA COMMUNE DE PLOURIN-LES-MORLAIX

Etude des bassins versants et propositions d'implantations d'ouvrages de régulations

La municipalité de Plourin-les-Morlaix met en œuvre un Schéma Directeur Eaux Pluviales sur l'ensemble de la commune. Dans ce contexte, la municipalité souhaite évaluer l'incidence d'aménagements urbains futurs et trouver des mesures compensatoires permettant de ne pas aggraver les débits ruisselés.

Une étude de modélisation hydraulique a été confiée à DHI Eau & Environnement dont les objectifs sont :

- la détermination des débits ruisselés en situation actuelle
- la simulation des impacts de deux scénarii d'évolution future de l'urbanisation
- le dimensionnement de bassins de retenue permettant de compenser les apports supplémentaires induits par l'imperméabilisation croissante des sols.

Les débits et les volumes ruisselés pour une pluie de projet de 24 heures de période de retour de 10 ans avec une lame d'eau précipitée de 51 mm, ont été calculés pour trois situations : état de référence, horizon 2006 et horizon 2010.

Les simulations réalisées avec un modèle hydrologique montrent que l'évolution de l'urbanisation est susceptible d'engendrer une augmentation des volumes ruisselés de l'ordre de 4 % à l'horizon 2006 et de l'ordre de 11 % à l'horizon 2010 au droit de Morlaix.

Afin de compenser cette augmentation, 8 bassins de retenue ont été dimensionnés à l'horizon 2006 et 18 bassins supplémentaires à l'horizon 2010. Ces bassins compensent les volumes de ruissellement induits par l'urbanisation future mais ne réduisent pas le risque d'inondation actuel.

L'aspect qualitatif, l'intégration paysagère et l'estimation des coûts de ces bassins sont abordés en seconde partie du dossier.

Tranche fonctionnelle n°1

1 - INTRODUCTION

La municipalité de Plourin-les-Morlaix met en œuvre un Schéma Directeur Eaux Pluviales sur l'ensemble de la commune. Dans ce contexte, la municipalité souhaite évaluer l'incidence d'aménagements urbains futurs et trouver des mesures compensatoires permettant de ne pas aggraver les débits ruisselés.

Une étude de modélisation hydraulique a été confiée à DHI Eau & Environnement dont les objectifs sont :

- la détermination des débits ruisselés en situation actuelle
- la simulation des impacts de deux scénarii d'évolution future de l'urbanisation
- le dimensionnement de bassins de retenue permettant de compenser les apports supplémentaires induits par l'imperméabilisation croissante des sols.

Le présent rapport est structuré en quatre grands chapitres :

- Le premier vise à caractériser d'une façon générale la zone d'étude
- Le deuxième est consacré à l'analyse hydrologique de l'état actuel. Cette analyse comprend le découpage en sous bassins versants et la mise en œuvre d'une modélisation pluie-débit permet de déterminer les volumes et les débits ruisselés sur chaque sous bassin.
- Le troisième est consacré à l'analyse des états 2006 et 2010 et au dimensionnement des bassins de retenue.
- Le quatrième présente des généralités sur les techniques alternatives et/ou complémentaires à la solution *bassins de retenue*.

2 – CARACTERISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Ce chapitre est extrait de l'Etude de zonage d'assainissement réalisée par le bureau d'études SETUR en juillet 1997.

2.1 - Géographie et topographie

La commune de Plourin-les-Morlaix se situe dans le Nord-Est du département du Finistère, à environ 4 km au Sud de la ville de Morlaix. Plourin-les-Morlaix s'étend sur 4092 ha entre le Queffleuth à l'Ouest et le Jarlot à l'Est. Elle est bordée au Nord par les territoires des communes de Saint-Martin-Des-Champs et Morlaix, au Sud par la Commune du Cloître-Saint-Thegonnec et à l'Est par la commune de Plougoven.

Le territoire communal recouvre ainsi un vaste plateau, sur près de 11 km selon une direction Nord-Ouest/Sud-Est. Ce plateau, d'une altitude moyenne de 110 m environ, descend en pente douce du Sud, où il s'adosse aux premiers sommets des Monts d'Arrée (le point culminant de la commune est à 242 m, à l'extrême Sud du territoire communal). Il est entaillé par les vallées et talwegs de plusieurs cours d'eau. Le point bas de la commune est ainsi à environ 10 m d'altitude, à l'extrême Nord du territoire communal dans la vallée du Queffleuth.

Les pentes sont faibles ou modérées en position de plateau (3 à 5%), relativement plus fortes en bordure de ruisseau (15 à 20%) et escarpées en bordure des cours d'eau principaux (de l'ordre de 50% voire davantage dans la vallée du Queffleuth).

2.2 - Réseau hydrographique

Le territoire communal de Plourin-les-Morlaix s'étend sur les bassins versants de deux cours d'eau principaux : le Queffleuth à l'Ouest (sépare la commune du territoire communal de Pleyber-Christ) et le Jarlot à l'Est (sépare la commune du territoire communal de Plougoven).

Le Queffleuth naît de la confluence du ruisseau du Relecq et du Briou, environ 3 km en amont du territoire communal, dans les Monts d'Arrée, longe la commune sur plus de 10 km et rejoint la « rivière de Morlaix » 1.5 km environ en aval du territoire communal. Deux ruisseaux (le ruisseau de Bodister et le ruisseau de Kerbriant) traversent le territoire communal de Plourin-les-Morlaix du Sud vers le Nord-Ouest et rejoignent le Queffleuth au lieu-dit « Luzuria ». Le bassin versant du Queffleuth couvre près des trois-quarts Ouest du territoire communal.

Le Jarlot prend sa source environ 3 km en amont du territoire communal, longe la commune sur près de 15 km et rejoint également la « rivière de Morlaix » environ 2 km en aval du territoire communal. Les écoulements s'effectuent selon une direction générale Sud-Nord et convergent vers Morlaix où ils se rejoignent pour former la « Dossen » ou « rivière de Morlaix ». Le bassin versant du Jarlot couvre le quart Est de la commune.

2.3 - Gestion de l'espace

2.3.1 - Démographie

L'évolution de la population de Plourin-les-Morlaix présente 2 phases :

- **Avant 1982**, la population a sensiblement augmenté, surtout entre 1975 et 1982. Accroissement naturel de la population et arrivée de nouveaux ménages dus à la proximité et au développement du pôle économique et urbain de Morlaix.
- **Depuis 1982**, à cette croissance démographique succède une période de stabilité, avec un léger tassement de la population communale. Ce phénomène est lié à un départ d'une fraction de la population vers d'autres départements, alors que le solde de la population est resté positif.

Le développement d'activités économiques sur le territoire même de Plourin-les-Morlaix ne laisse pas prévoir de déclin à court ou moyen terme de la population de la commune (sans doute une progression depuis le dernier recensement).

La capacité d'accueil de la commune est essentiellement constituée par un parc de 70 résidences secondaires, ce qui représente environ 4% du nombre total des logements. Sa capacité d'accueil théorique a ainsi pu être évaluée à environ 280 personnes, soit 6.7% du nombre de résidents permanents (INSE 1990).

2.3.2 - Habitat

La population se répartit sur l'ensemble du territoire communal mais tend à se regrouper au sein de quelques pôles d'urbanisation :

- le bourg de Plourin-les-Morlaix
- Plourin-Nord, secteur aggloméré attenant au pôle d'urbanisation que constitue l'agglomération de Morlaix
- le secteur résidentiel formant un arc entre Saint-Fiacre et Keranpronost, en bordure Nord-Ouest du territoire communal, dans la vallée du Queffleuth.

Le reste des logements se répartit dans près d'une cinquantaine de hameaux ou fermes isolées, dispersés sur l'ensemble du territoire communal.

Le bourg de Plourin-les-Morlaix :

L'urbanisation tend actuellement à se regrouper autour du vieux centre-bourg situé à un peu plus de 3 km au sud de la zone agglomérée de Morlaix. Ce centre ancien s'étire le long de la RD109 qui relie Morlaix à Plougonven. Un habitat pavillonnaire plus récent s'est développé autour de ce centre ancien, traduisant une nette augmentation de la population (entre 75 et 82 notamment).

Le développement de l'urbanisation se poursuit actuellement (lotissements de « la Lande » et Park Ar Buanec). Tous les logements existants ou futurs sont, ou seront, à terme, desservis par le réseau d'assainissement collectif existant.

Plourin-Nord :

De construction relativement récente, ils prolongent la zone agglomérée de Morlaix en bordure Nord du territoire communal. Il s'agit d'un habitat essentiellement pavillonnaire, et ces quartiers ont une vocation résidentielle, de service public et commercial (lycée, terrain de sport, gendarmerie, IME et zone commerciale de St-Fiacre).

Le secteur de Kerbizien à Keranpronost :

Ce secteur d'habitat est majoritairement récent et assez dispersé. Quelques maisons plus anciennes sont aussi présentes (fermes ou anciennes fermes).

Le hameau de Quelern :

Ce secteur compte une trentaine d'habitations et est constitué de 2 ensembles distincts :

- au sud : habitations anciennes
- au nord : lotissement plus récent (environ 16 logements).

Ces habitations disposent presque toutes de la surface non bâtie nécessaire à la mise en place d'équipements d'assainissement autonome dans des conditions satisfaisantes.

2.3.3 - Activités économiques

En 1990, la population communale comptait 1862 actifs, dont près de 21% ayant un emploi sur la commune.

Agriculture :

En 1990, on dénombrait 82 exploitations agricoles sur le territoire communal (élevage bovin laitier mais aussi porcins et volailles). L'activité agricole est en déclin au regard du nombre d'exploitations au cours des dernières décennies mais demeure une des principales activités de la commune et reste un secteur très dynamique (Plourin, 1^{ère} commune en production laitière du Finistère).

Activités artisanales et industrielles :

Elles sont implantées en périphérie du bourg et dans Plourin-Nord. Elles sont regroupées au sein d'une zone d'activité (Z.A. de Kerasody) en limite Ouest du bourg et ne seraient pas génératrices de quantités importantes d'effluents (petites entreprises à caractère artisanal et station d'épuration). Une zone commerciale et d'activités est également implantée sur le plateau de St-Fiacre dans le secteur Plourin-Nord.

Phase 1 - Etude des bassins versants et sous-bassins (étude DHI)

3 - ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL

3.1 - Introduction

Ce chapitre présente, dans un premier temps, un découpage en sous bassins versants, puis il rappelle les aménagements existants et projetés susceptibles d'influencer le fonctionnement hydrologique. Finalement, le calage et les résultats de la modélisation pluie-débit de l'état actuel sont donnés.

L'évènement hydrologique de référence est une pluie de 24 heures décennale.

Les données mises à disposition pour réaliser l'analyse sont :

- le fond de carte IGN 1/25000 en format numérique
- l'Etude de zonage d'assainissement réalisée par le bureau d'études SETUR en juillet 1997
- l'Etude des mesures de protection contre les inondations dans les bassins versants de la rivière de Morlaix par le bureau d'études ISL en septembre 2003.

3.2 - Découpage en sous bassins versants

Dans un premier temps, la zone d'étude (c'est-à-dire le territoire communal) a été découpée en 29 sous bassins versants élémentaires dont les surfaces, les chemins hydrauliques, les pentes et les surfaces imperméables ont été calculées. La figure 3.1 localise les différents sous-bassins. La figure 3.2 montre les sens d'écoulement au niveau de chacun des sous-bassins.

Les noms des bassins versants ont été définis en associant les noms des rivières traversant les bassins versants avec un numéro. Plus le bassin versant se trouve loin de l'exutoire, plus le numéro est élevé.



Légende :

- : Limite des sous bassins versants
- : Rivière
- : Thalweg



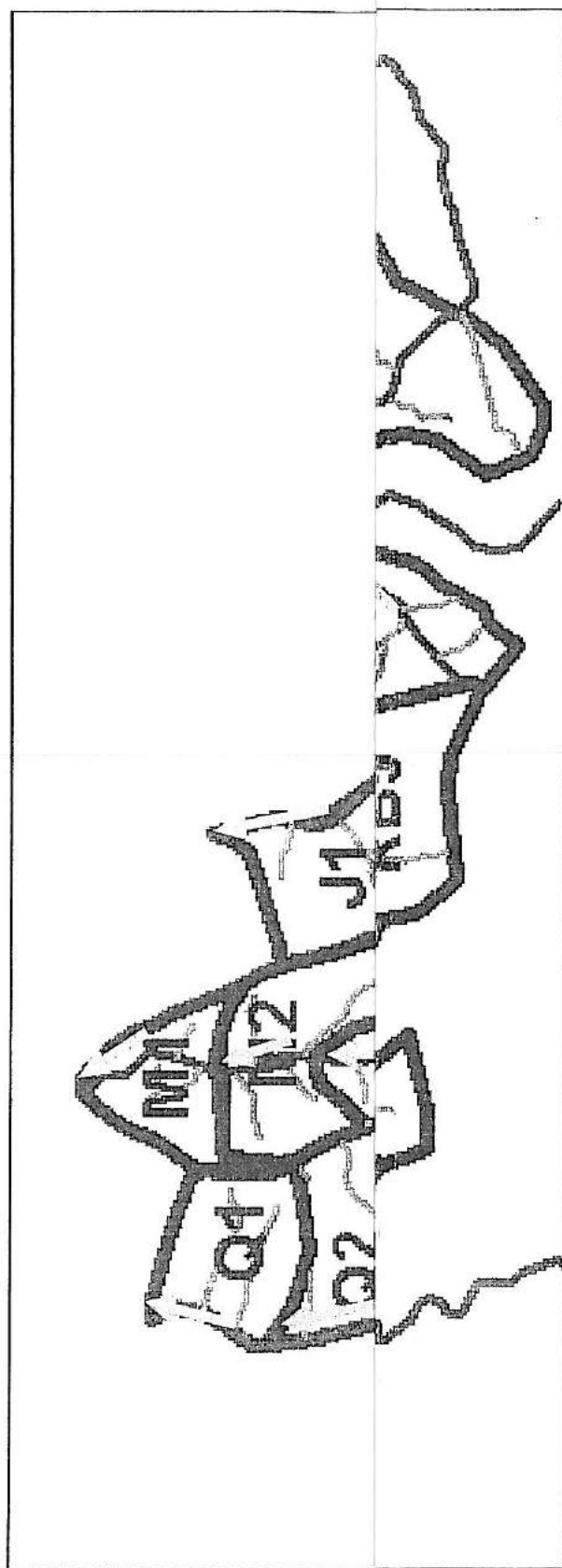


Figure 3.2 : Cartographie des sens d'écoulement au niveau de chaque sous bassin versant



Le tableau 3.1 présente les principales caractéristiques de chaque sous bassin versant.

Bassin versant	Nom du bassin versant	Longueur du chemin hydraulique (km)	Dénivelée (m)	Pente (m/m)	Superficie (km ²)	Surfaces imperméables (%)	
Menguen 1	M1	0.95	50	0.053	0.47	60	Surface totale bassin versant Menguen = 2.70 km ²
Menguen 2	M2	1.26	45	0.036	0.80	30	
Menguen 3	M3	2.00	50	0.025	1.43	10	
Voasguisguen	VO	1.92	60	0.031	1.93	30	Surface totale bassin versant Jarlot = 9.28 km ²
Coatlosquet	CO	1.78	70	0.039	0.89	10	
Jarlot 1	J1	1.41	10	0.007	0.83	10	
Jarlot 2	J2	1.68	80	0.048	1.20	10	
Jarlot 3	J3	3.32	90	0.027	1.96	10	
Jarlot 4	J4	1.38	55	0.040	0.61	10	
Jarlot 5	J5	1.64	45	0.027	0.56	10	
Jarlot 6	J6	3.46	80	0.023	1.99	10	
Jarlot 7	J7	3.22	80	0.025	2.13	10	Surface totale bassin versant Queffleuth = 7.98 km ²
Queffleuth 1	Q1	1.18	87	0.074	0.56	30	
Queffleuth 2	Q2	1.99	80	0.040	0.96	15	
Queffleuth 3	Q3	1.47	75	0.051	0.93	15	
Queffleuth 4	Q4	2.53	85	0.034	1.09	10	
Queffleuth 5	Q5	3.24	95	0.029	2.45	10	
Queffleuth 6	Q6	1.08	70	0.065	0.92	10	
Queffleuth 7	Q7	2.07	110	0.053	1.07	10	Surface totale bassin versant Ruisseau de Bodister = 9.16 km ²
Ruisseau de Bodister 1	RB1	3.46	90	0.026	2.87	10	
Ruisseau de Bodister 2	RB2	2.77	80	0.029	2.39	10	
Ruisseau de Bodister 3	RB3	2.42	65	0.027	1.37	10	
Ruisseau de Bodister 4	RB4	1.60	70	0.044	0.89	10	
Ruisseau de Bodister 5	RB5	1.95	100	0.051	1.64	15	Surface totale bassin versant Ruisseau de Kerbriant = 8.64 km ²
Ruisseau de Kerbriant 1	RK1	2.90	60	0.021	3.00	15	
Ruisseau de Kerbriant 2	RK2	2.65	80	0.030	2.24	10	
Ruisseau de Kerbriant 3	RK3	1.07	42	0.039	0.67	10	
Ruisseau de Kerbriant 4	RK4	2.25	45	0.020	1.91	10	
Ruisseau de Kerbriant 5	RK5	1.17	65	0.056	0.82	10	

Tableau 3.1 : Principales caractéristiques des bassins versants de la zone d'étude

NB : La dénomination « Ruisseau de Kerbriant » a été choisie arbitrairement à défaut d'une dénomination officielle. Il s'agit du ruisseau remontant jusqu'au hameau de Kerbriant.

3.3 - Inventaire des ouvrages de rétention existants et des projets à l'horizon 2006

Les figures 3.3 et 3.4 localisent les bassins de retenue existants et projetés à l'horizon 2006 sur le territoire communal. Chaque bassin est désigné par une lettre (E pour les ouvrages existants et P pour les ouvrages projetés) et un chiffre afin de faciliter leur identification.

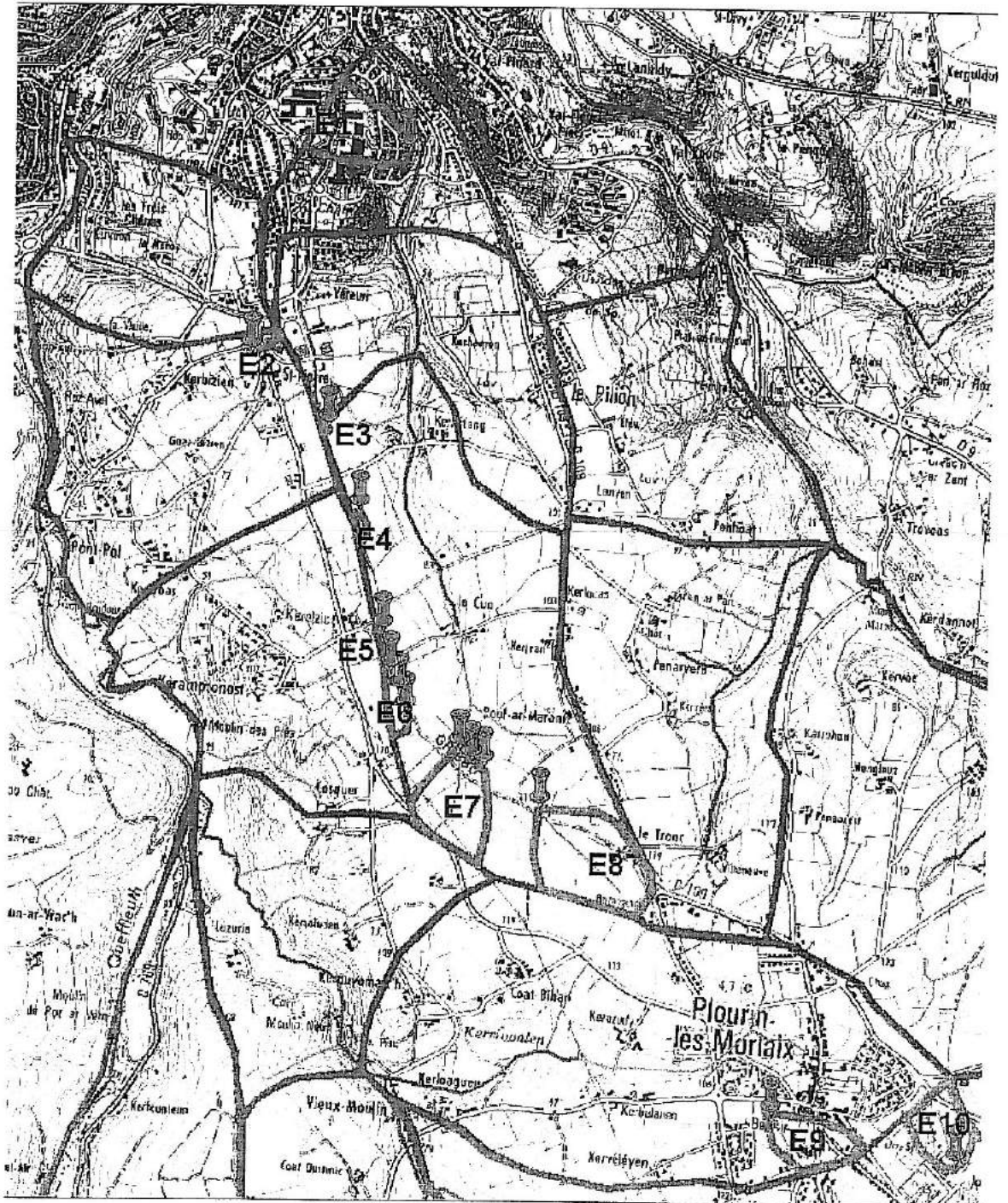


Figure 3.3 : Localisation des ouvrages existants

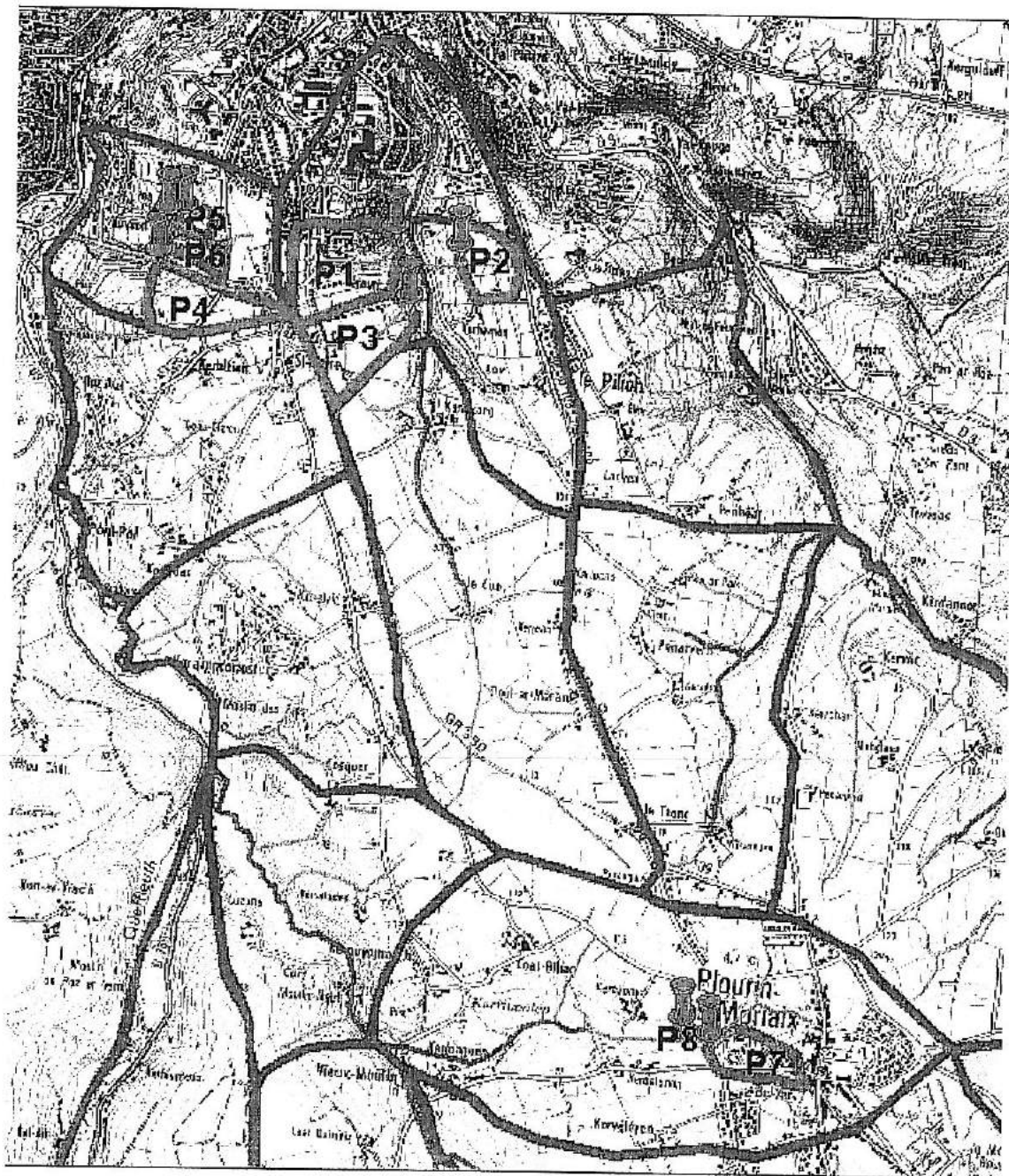


Figure 3.4 : Localisation des projets horizon 2006

- Au niveau du bassin du Menguen :

Sous-bassin M1 : un fossé de rétention sera réalisé en 2004 (L=80 m, l=10 m et V=1500 m³). Du fait de sa date de réalisation, ce fossé a été inclus dans les ouvrages existants (E1).

Sous-bassin M2 : projet d'urbanisation (P2), construction du lotissement Véléry-Ven (S = 5.50 ha) et possibilité de construire deux bassins de rétention (P1 et P3).

Sous-bassin M3 : le Chemin Vert (GR380), de Le Tronc à St-Fiacre, existence d'un ensemble de 10 bassins (dont la construction de l'un d'entre eux a démarré le 29/01/2004), volume global ~1200m³ (au minimum) : 1 bassin (E8, L ~40m, l ~30m et V ~150m³), 3 bassins en série (E6, V ~150m³), 1 bassin supplémentaire dont la construction a démarré récemment (E5, V ~90m³), 3 bassins en série (E7, V ~250m³), 1 bassin/fossé (E4, L ~200/300m et V ~350m³) et 1 bassin/fossé (E3, V ~90m³).

- Au niveau du bassin du Queffleuth :

Sous-bassin Q1 : projet de construction d'un lotissement privé (P5) comprenant 48 habitations (l'entrepreneur va préconiser des petits fossés de rétention et des puits d'infiltration des eaux de toiture), mise en place d'une régulation des eaux pluviales du lotissement du Merdy (P6), projet de construction d'un centre de loisirs aquatiques (S = 6-7ha) et création d'une zone commerciale (3 lots) à côté du centre de loisirs aquatiques (P4).

Sous-bassin Q2 : Park Ar Feunteun (lotissement privé Lagadec), existence d'un fossé de rétention (L ~30m et V ~200m³), nommé E2.

- Au niveau du bassin Voasguisguen :

Park Ar Buanec, ZAC : existence d'un fossé de rétention et de 2 bassins (E9, V ~900m³) et projet de construction d'un bassin supplémentaire avec l'extension de la ZAC (P7).

Zone des lavoirs (zone de Kersody) : une zone de stockage est prévue (P8).

- Au niveau du bassin Ruisseau de Kerbriant 1 :

Coat Pin : existence d'un fossé de rétention (E10, construit en 2000) reliant 3 bassins (L ~300m et V ~900m³)

Le tableau 3.2 présente les caractéristiques des sous-bassins versants drainés par les ouvrages de retenue ainsi que les volumes des bassins de retenue existants.

Bassin versant/ouvrage	Localisation	Longueur du chemin hydraulique (km)	Dénivelée (m)	Pente (m/m)	Superficie (km ²)	Surfaces imperméables (%)
E1	Menguen1	0.235	15.00	0.064	0.080	80
P1	Menguen2	0.40	40.00	0.101	0.140	40
P2		0.22	22.00	0.100	0.055	70
P3		0.23	23.00	0.100	0.113	70
E3 (1 bassin)	Menguen3	0.03	0.30	0.011	0.008	10
E4 (1 bassin)		0.07	0.50	0.007	0.004	10
E5 (1 bassin)		0.03	0.30	0.011	0.001	10
E6 (3 bassins)		0.23	2.00	0.009	0.017	10
E7 (3 bassins)		0.35	15.00	0.043	0.088	10
E8 (1 bassin)		0.47	6.00	0.013	0.145	10
E2	Queffleuth2	0.09	1.00	0.011	0.005	50
P4	Queffleuth1	0.33	40.00	0.123	0.090	50
P5		0.12	15.00	0.124	0.011	70
P6		0.25	26.00	0.106	0.026	60
P7	Voasguisguen	0.13	4.00	0.031	0.056	60
E9		0.25	9.00	0.037	0.056	70
P8		0.04	5.00	0.125	0.015	50
E10	Ruisseau de Kerbriant1	0.24	0.50	0.002	0.054	50

Tableau 3.2 : Caractéristiques des sous-bassins versants correspondant aux bassins de retenue

3.4 - Modélisation pluie-débit

3.4.1 - Introduction

La construction du modèle hydrologique se compose des phases suivantes:

- Définition des sous-bassins versants (surface, pente, surface imperméabilisée, coefficient de perte par infiltration) selon les données déterminées au paragraphe 3.2.
- Définition de la pluie de projet.
- Vérification des débits aux exutoires en situation actuelle.
- Analyse des résultats pour tous les sous bassins versants.

3.4.2 - Définition de la pluie de projet

La pluie de projet retenue est une pluie d'une durée de 24 heures de période de retour 10 ans. A partir des coefficients de Montana, de la station de Landivisiau Saint Servais (cf. annexe 2), il a été calculé une lame d'eau précipitée de 65 mm pour une pluie décennale de 24 heures.

Cependant, l'étude réalisée par le bureau d'études ISL en septembre 2003 montre après ajustements statistiques que la lame d'eau précipitée pour une pluie identique est de 51 mm à la station de Pleyber-Christ. Cette valeur a été retenue pour la construction du hyétogramme car la station de Pleyber-Christ est plus représentative de la situation au niveau de la zone d'étude.

Le graphique suivant présente le hyétogramme de la pluie de 24 heures d'une période de retour 10 ans.

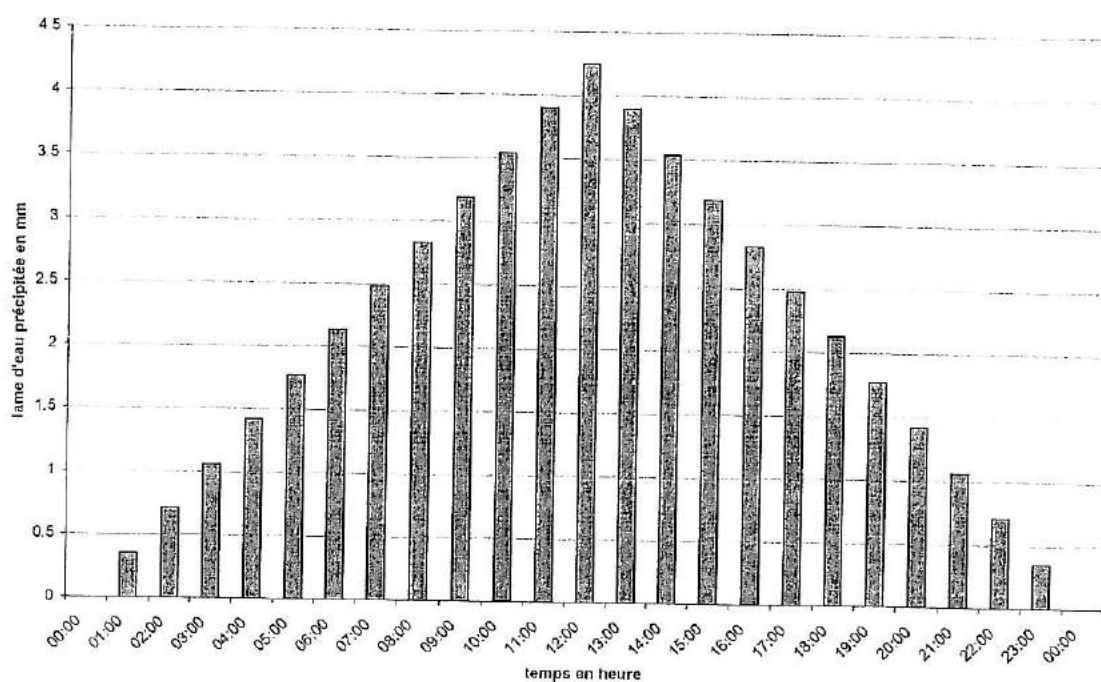


Figure 3.5 : Hyetogramme de la pluie de 24 heures d'une période de retour 10 ans

3.4.3 - Validation du modèle

Les données hydrométriques disponibles sur la zone d'étude sont peu nombreuses et correspondent aux bassins versants du Jarlot et du Queffleuth. La comparaison de ces données avec les résultats du modèle s'avère cependant délicate du fait des différences importantes de surface de bassin versant.

Bassin versant	Surface totale km ²	Surface comprise dans la zone d'étude km ²
Queffleuth	97 km ²	28 km ²
Jarlot	91 km ²	10 km ²

Tableau 3.3 : Comparaison des surfaces totales et celles comprises dans la zone d'étude des bassins versants

Le tableau 3.4 présente les débits décennaux estimés par l'étude ISL et calculés à partir des mesures effectuées sur les stations de la DIREN.

Bassin versant	Débit estimé par l'étude ISL m ³ /s (bassin versant total)	Débit calculé aux stations DIREN m ³ /s
Queffleuth	22	21 à la station J2614020 sur le Queffleuth au niveau de Plourin-les-Morlaix aux trois chênes (bassin versant de 96 km ²)
Jarlot	18	5.7 à la station J2603010 sur le Jarlot au niveau de Plougouven (bassin versant de 44 km ²)

Tableau 3.4 : Comparaison des débits décennaux estimés par l'étude ISL et calculés aux stations de la DIREN

Le tableau 3.6 présente les volumes ruisselés calculés au niveau de chaque sous bassin versant. Les méthodes de calcul utilisées par le logiciel MOUSE sont présentées dans l'annexe 3.

Sous bassins versants	Volumes ruisselés (m ³)
Menguen1	12500
Menguen2	10600
Menguen3	4400
Queffleuth1	7500
Queffleuth2	3500
Queffleuth3	3500
Queffleuth4	4000
Queffleuth5	9200
Queffleuth6	3400
Queffleuth7	3400
Voasguisguen	24000
Coatlosquet	3300
Ruisseau de Bodister1	10700
Ruisseau de Bodister2	9000
Ruisseau de Bodister3	5300
Ruisseau de Bodister4	3500
Ruisseau de Bodister5	6100
Ruisseau de Kerbriant1	11000
Ruisseau de Kerbriant2	8400
Ruisseau de Kerbriant3	2500
Ruisseau de Kerbriant4	7100
Ruisseau de Kerbriant5	3000
Jarlot1	3100
Jarlot2	4500
Jarlot3	7400
Jarlot4	2300
Jarlot5	2100
Jarlot6	7500
Jarlot7	7900

Tableau 3.6 : Volumes ruisselés à l'exutoire de chaque bassin versant en état actuel

4 - ANALYSE DES ETATS FUTURS ET DIMENSIONNEMENT DE MESURES COMPENSATOIRES

4.1 - Définition des états futurs

Cinq situations ont été identifiées et sont décrites dans le tableau 4.1. Deux scénarios d'évolution future ont été définis. Le premier scénario, correspondant à l'horizon 2006, intègre les aménagements P1 à P8 décrits au paragraphe 3.3. Le deuxième scénario, correspondant à l'horizon 2010, il est basé sur la situation aménagée avec des bassins de retenue à l'horizon 2006 et intègre l'urbanisation de toutes les zones NA restantes recensées sur le PLU.

Abréviation	Désignation	Contenu
R	Etat de référence	Il s'agit de l'état actuel intégrant les aménagements E1 à E10 définis au paragraphe 3.3.
2006	Etat 2006	A l'état de référence ont été ajoutés les aménagements P1 à P8 définis au paragraphe 3.3.
2006B	Etat 2006 aménagés avec des bassins de retenue	A l'état 2006 ont été ajoutés 8 bassins de retenue
2010	Etat 2010	A partir de l'état 2006B, toutes les zones NA restantes recensées sur le PLU ont été urbanisées.
2010B	Etat 2010 aménagés avec des bassins de retenue	A l'état 2010 ont été ajoutés 18 bassins de retenue supplémentaires, soit un total de 26 bassins de retenue par rapport à l'état de référence.

Tableau 4.1 : Désignation des différentes situations simulées

Pour chacune de ces situations, les débits ruisselés ont été calculés. Les bassins de retenue ont été dimensionnés de façon à compenser l'augmentation des apports induite par les projets d'urbanisation. Ce dimensionnement résulte d'un processus itératif répondant à plusieurs contraintes :

- non-aggravation des débits de pointe
- choix de diamètres usuels pour l'orifice de vidange des bassins de retenu

4.2 - Modèle hydraulique

Les transformations pluie-débit réalisées sur les sous bassins versants permettent d'apprécier localement l'impact d'une modification de l'occupation du sol. Cependant, afin de disposer d'une vision synoptique du fonctionnement hydraulique du réseau eaux pluviales, il est nécessaire de coupler les modèles pluie-débit à un modèle hydraulique qui simulera l'écoulement et l'interaction des volumes ruisselés.

Cette deuxième modélisation a été réalisée avec le module hydrodynamique du logiciel MOUSE dont une description technique est fournie dans l'annexe 3. Elle permet de :

- connaître en tout point du réseau les variations de débit et de hauteur d'eau
- d'apprécier les temps de propagation des ondes de crue
- d'apprécier la capacité du réseau
- de dimensionner et de simuler l'impact de bassins de retenue

La qualité des résultats fournis par un modèle hydraulique est directement liée à la précision des données d'entrée correspondant à l'architecture du modèle : géométrie des réseaux, côtes précises des ouvrages, pertes de charges, etc. Dans le cadre de la présente étude les données disponibles sont peu précises :

- Les données altimétriques ont été estimées à partir des cartes IGN 1/25000 dont la précision est de l'ordre de $\pm 2,5$ m
- Aucun levé topographique de la géométrie des sections d'écoulement n'existe. Par conséquent, des sections schématiques de forme trapézoïdale ont été retenues.
- Aucune donnée de calage des hauteurs d'eau n'existe. Par conséquent, un coefficient de Manning uniforme de 25 a été retenu.
- Les bassins de retenue existants ont été définis à partir des informations fournies par les services techniques de la commune de Plourin-les-Morlaix.
- Les débits de base des cours d'eau n'ont pas été pris en compte.

De ces hypothèses, il découle que le modèle hydraulique permet d'apporter un éclairage sur le fonctionnement général des mécanismes de transfert des eaux pluviales par les principaux axes d'écoulements naturels mais que les valeurs numériques des paramètres calculés (hauteurs d'eau, temps de transfert...) ne peuvent pas être exploitées.

Le modèle hydraulique se compose de trois axes d'écoulement principaux : le Queffleuth, le Menguen et le Jarlot dont les caractéristiques sont synthétisées dans le tableau 4.2.

	Longueur cheminement hydraulique (km)	Nombre de bassins de retenue existants	Nombre de bassins de retenue construits en 2006	Nombre de bassins de retenue construits en 2010
Queffleuth	13.28	3	5	15
Menguen	3.35	11	3	3
Jarlot	12.31	0	0	0

Tableau 4.2 : Caractéristiques des principaux axes d'écoulement

Compte tenu de l'absence de projets d'aménagement sur le bassin versant du Jarlot, aucun bassin de retenue n'y a été défini. Les projets de zones de surstockage proposés par le bureau d'études ISL n'ont pas été pris en compte dans le modèle car ils n'ont pas d'influence sur le dimensionnement des bassins de retenue locaux.

4.3 - Résultats généraux sur les débits ruisselés

L'urbanisation future va engendrer une augmentation des volumes ruisselés dont l'ampleur est quantifiée dans le tableau 4.3 pour chacun des sous bassins versants. Aucun projet n'étant prévu sur le bassin versant du Jarlot, ce dernier a été omis de ce tableau.

Bassin versant	Sous bassin versant	Augmentation du volume ruisselé à l'horizon 2006 par rapport à la situation actuelle	Augmentation du volume ruisselé à l'horizon 2010 par rapport à la situation actuelle
Queffleuth	Q1	35 %	58 %
	Q2	0 %	31 %
	Q3	0 %	2 %
	VO	4 %	24 %
	RK1	0 %	28 %
Menguen	M1	0 %	2 %
	M2	39 %	60 %

Tableau 4.3 : Augmentation des volumes ruisselés par sous bassin versant en 2006 et 2010 par rapport à la situation actuelle

L'augmentation du volume ruisselé par grand bassin est donnée dans le tableau 4.4. Elle est de 4 % à l'horizon 2006 et de 11 % à l'horizon 2010.

Bassin versant	Augmentation du volume ruisselé à l'horizon 2006 par rapport à la situation actuelle	Augmentation du volume ruisselé à l'horizon 2010 par rapport à la situation actuelle
Queffleuth	3 %	11 %
Menguen	15 %	24 %
Jarlot	0 %	0 %
Total	4 %	11 %

Tableau 4.4 : Augmentation des volumes ruisselés par grand bassin versant en 2006 et 2010 par rapport à la situation actuelle

L'augmentation du volume ruisselé ne se traduit pas forcément par une augmentation des débits de pointe ni des hauteurs d'eau. En effet, c'est le rôle des bassins de retenue de réguler les hydrogrammes de ruissellement afin de ne pas aggraver le risque inondation.

4.4 - Analyse de l'état 2006 par rapport à l'état de référence

4.4.1 - Sous bassin versant du Voasguisguen

La figure 4.1 présente la localisation des projets d'urbanisation et la position des bassins de retenue.

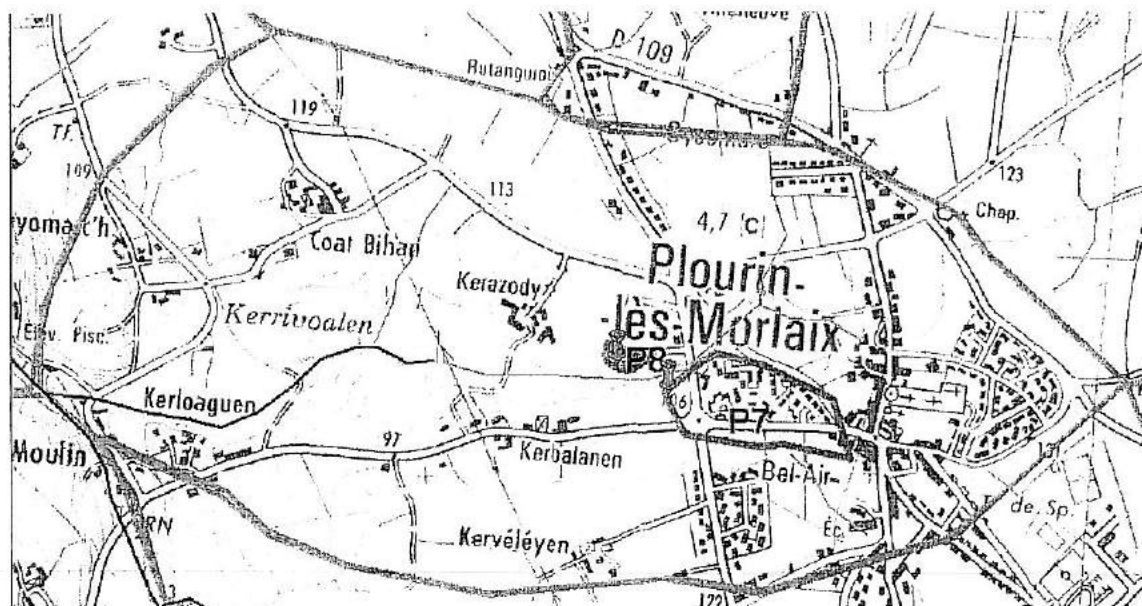


Figure 4.1 : Localisation des projets d'urbanisation et position des bassins

Le projet P7 correspond au projet d'aménagement de la ZAC, le projet P8 à celui des lavoirs.

Les résultats suivants présentent la méthodologie appliquée au dimensionnement des bassins de retenue pour chaque projet d'urbanisation. L'exemple choisi explique le dimensionnement du bassin réalisé pour le projet d'aménagement de la ZAC (P7) du bassin versant de Voasguisguen. Ce projet d'une superficie de 5.6 hectares entraîne une augmentation du coefficient de ruissellement. Celui-ci passe de 30% en situation actuelle à 60% en situation horizon 2006. L'augmentation de l'imperméabilisation des sols entraîne par conséquent une augmentation des débits ruisselés à l'exutoire de ce sous-bassin.

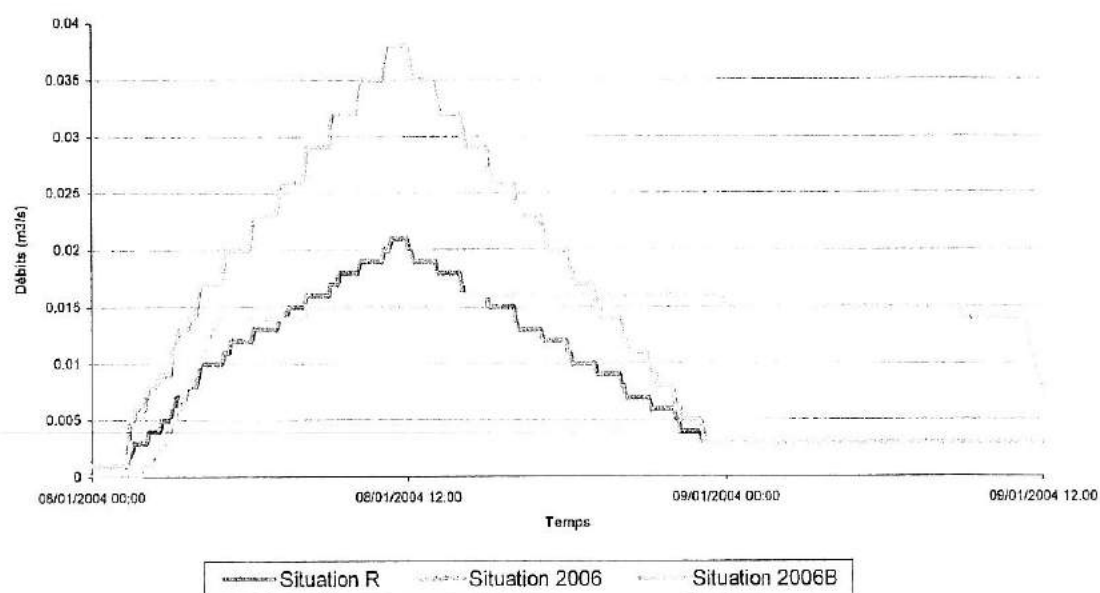
Pour ne pas aggraver le ruissellement à l'aval de ce bassin en situation future, il est donc programmé de réaliser un bassin de retenue permettant de stocker les volumes engendrés par l'imperméabilisation des sols.

La comparaison des hydrogrammes en situation actuelle et horizon 2006 permet d'estimer le volume généré par l'imperméabilisation des sols. Pour le projet de la ZAC, le volume ruisselé en situation actuelle est de 746 m³ et de 1492 m³ en situation horizon 2006. Le volume généré par ce projet est donc de 746 m³.

Les hydrogrammes de la figure 4.2 présentent le débit calculé pour la situation actuelle, la situation horizon 2006 et la situation aménagée avec la mise en place d'un bassin de retenue à l'exutoire du sous-bassin versant concerné par ce projet.

La mise en place d'un bassin permet de réduire et de décaler le pic du ruissellement en dessous du maximum observé en situation actuelle. Le débit est alors régulé dans le bassin puis la vidange s'effectue lentement.

Le volume de stockage du bassin est de 760 m³ et son exutoire est contrôlé par une canalisation de diamètre 0.15 m.



Figure

4.2 : Débit à l'exutoire du sous bassin versant, dimensionnement du bassin de la ZAC

Le tableau 4.5 présente la surface du projet, les volumes ruisselés pour les deux situations (actuelle, horizon 2006).

	Surface (ha)	Volume ruisselé en m ³		
		Situation actuelle (% imperméabilisé)	Situation horizon 2006 (% imper- méabilisé)	Différence entre les deux situations
P7	5.6	746 (30%)	1492 (60%)	746
P8	1.5	200 (30%)	333 (50%)	133

Tableau 4.5 : Volumes ruisselés à l'exutoire des sous bassins versants

Le tableau 4.6 présente les dimensions des différents bassins de rétention préconisés (volume, surface au sol, hauteur et diamètre de la conduite à l'exutoire).

	Volume (m ³)	Surface au sol (m ²)	Hauteur (m)	Diamètre de la conduite à l'exutoire (m)
P7	760	380	2	0.15
P8	130	65	2	0.06

Tableau 4.6 : Caractéristiques des bassins de retenue

4.4.2 - Sous bassin versant du Queffleuth

La figure 4.3 présente la localisation des projets d'urbanisation et la position des bassins de retenue.

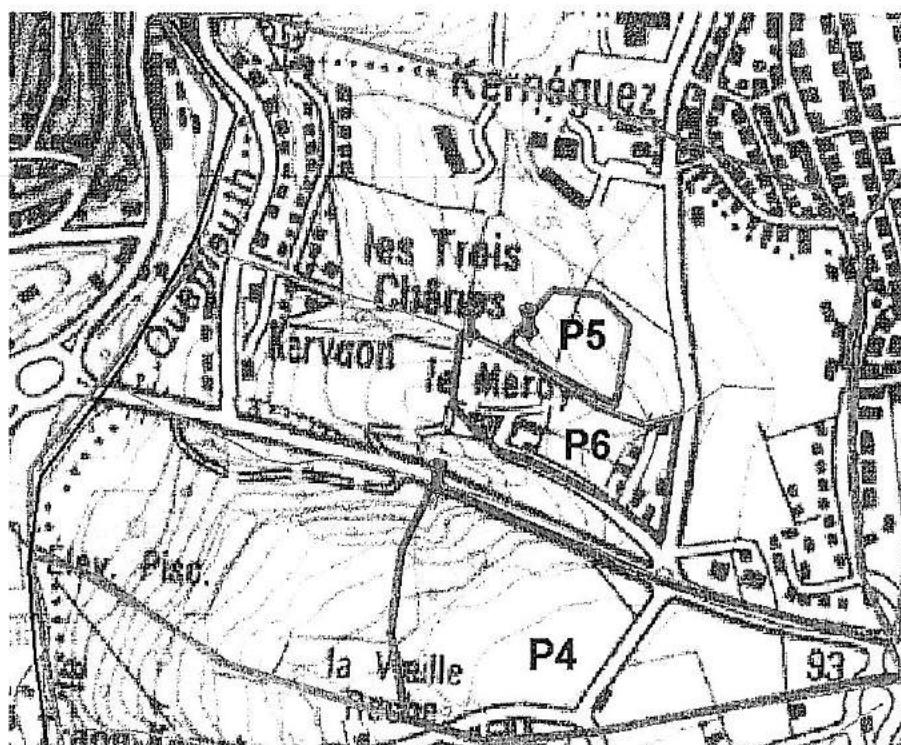


Figure 4.3 : Localisation des projets d'urbanisation et position des bassins

Le projet P4 correspond au projet d'aménagement de la zone commerciale et de la piscine, le projet P6 au lotissement du Merdy et le projet P5 à une zone de lotissement.

Le tableau 4.7 présente la surface du projet, les volumes ruisselés pour les deux situations (actuelle, horizon 2006).

	Surface (ha)	Volume ruisselé en m ³		
		Situation actuelle (% imperméabilisé)	Situation horizon 2006 (% imperméabilisé)	Différence entre les deux situations
P4	9	1200 (30%)	2798 (70%)	1598
P6	2.6	693 (60%)		
P5	5.5	733 (30%)	1710 (70%)	977

Tableau 4.7 : Volumes ruisselés à l'exutoire des sous bassins versants

Le tableau 4.8 présente les dimensions des différents bassins de rétention préconisés (volume, surface au sol, hauteur et diamètre de la conduite à l'exutoire).

	Volume (m ³)	Surface au sol (m ²)	Hauteur (m)	Diamètre de la conduite à l'exutoire (m)
P4	1620	540	3	0.15
P6	300	200	1.5	0.17
P5	980	490	2	0.15

Tableau 4.8 : Caractéristiques des bassins de retenue

4.4.3 - Sous bassin versant du Menguen

La figure 4.4 présente la localisation des projets d'urbanisation et la position des bassins de retenue.

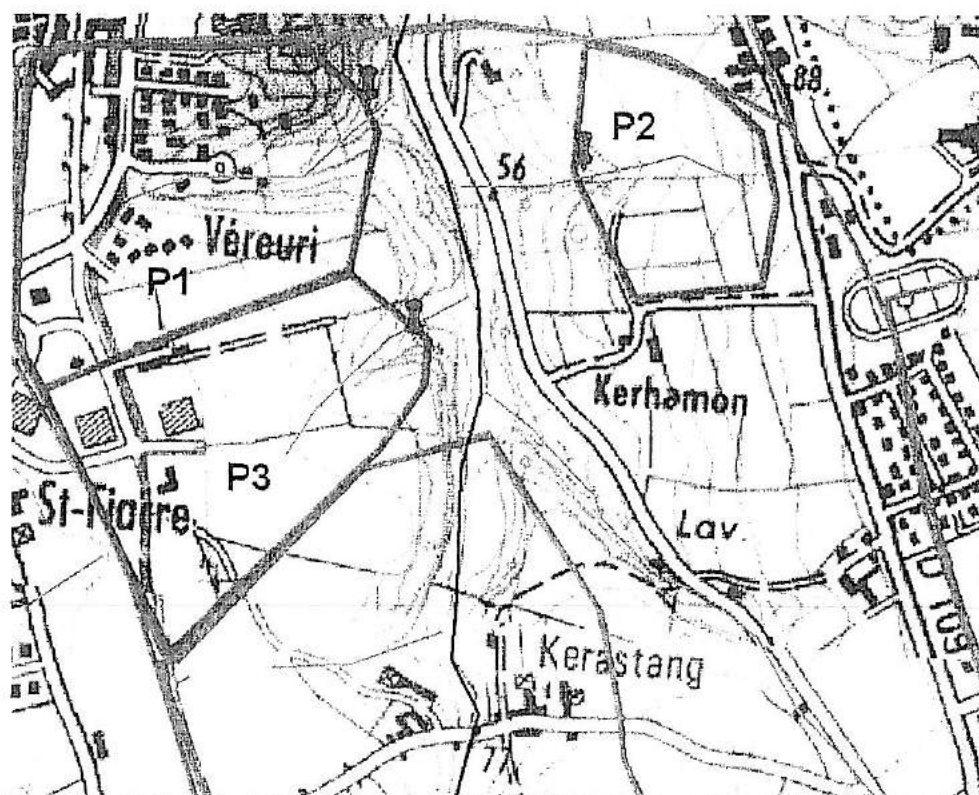


Figure 4.4 : Localisation du projet d'urbanisation et position du bassin sur le sous bassin M2

Les projets P1 et P3 correspondent à des projets de bassin et le projet P2 à la zone de lotissement.

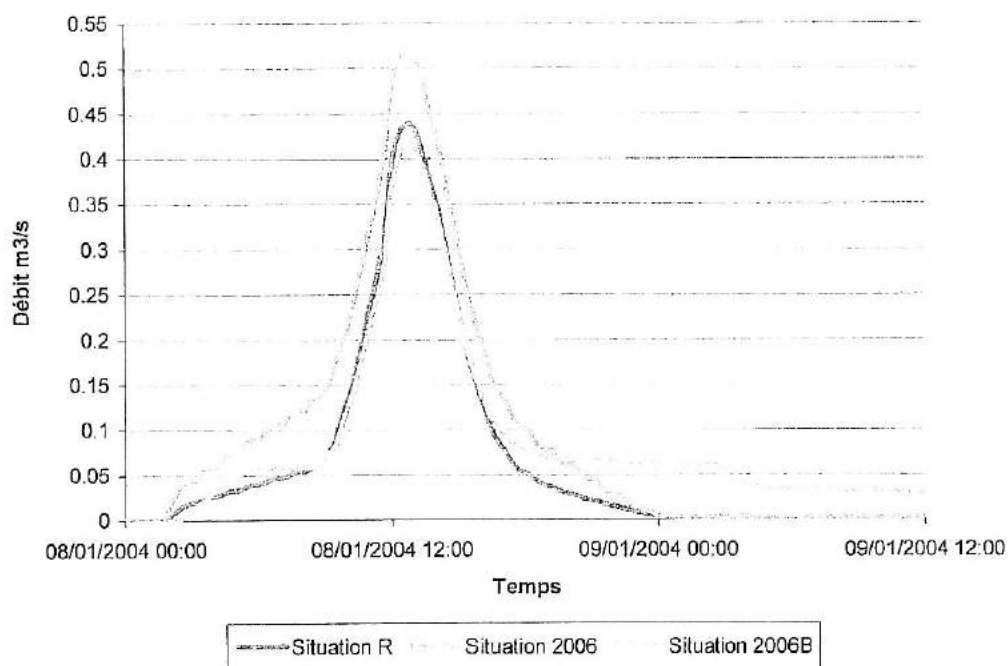


Figure 4.5 : Hydrogrammes situés à l'exutoire du sous bassin M2

Le tableau 4.9 présente la surface du projet, les volumes ruisselés pour les deux situations (actuelle, horizon 2006).

	Surface (ha)	Volume ruisselé en m ³		
		Situation actuelle (% imperméabilisé)	Situation horizon 2006 (% imperméabilisé)	Différence entre les deux situations
P1	14	1866 (30%)	2488 (40%)	622
P2	5.5	206 (10%)	1710 (70%)	1504
P3	11.3	1507 (30%)	3517 (70%)	2010

Tableau 4.9 : Volumes ruisselés à l'exutoire des sous bassins versants

Initialement, le bureau d'études avait fixé le pourcentage d'imperméabilisation du sol en situation actuelle du projet P2 à 30%. Le maître d'ouvrage a décidé de l'abaisser à 10%.

Le tableau 4.10 présente les dimensions des différents bassins de rétention préconisés (volume, surface au sol, hauteur et diamètre de la conduite à l'exutoire).

	Volume (m ³)	Surface au sol (m ²)	Hauteur (m)	Diamètre de la conduite à l'exutoire (m)
P1	620	310	2	0.15
P2	1300	650	2	0.13
P3	2200	880	2.5	0.20

Tableau 4.10 : Caractéristiques des bassins de retenue

4.5 - Analyse de l'état 2010 par rapport à l'état 2006

4.5.1 - Sous bassin versant du Voasguisguen

La figure 4.6 présente la localisation des projets d'urbanisation et la position des bassins de retenue.

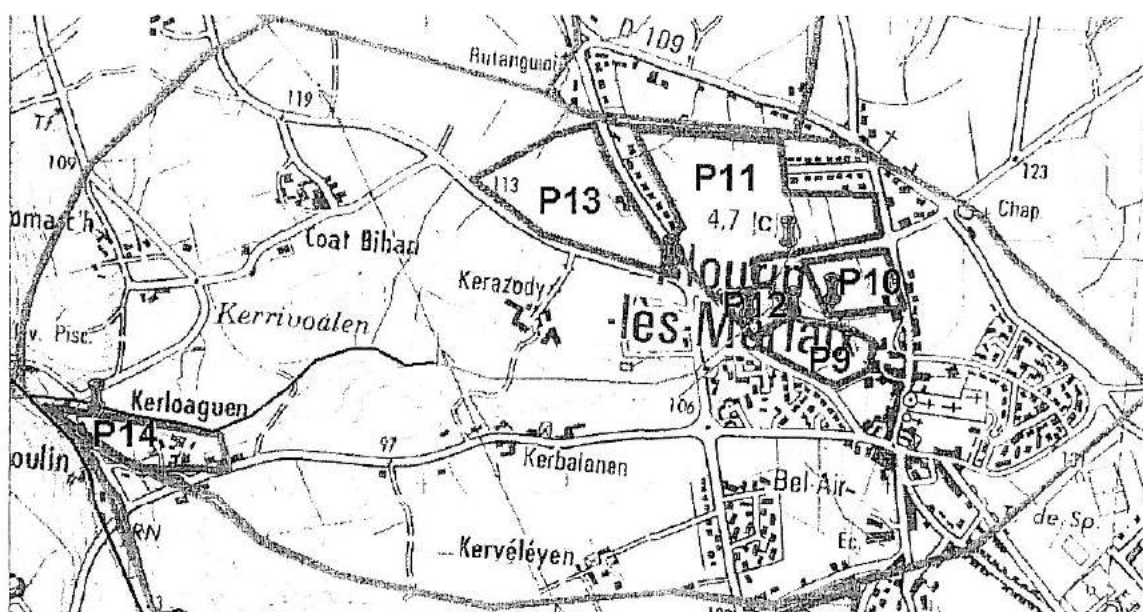


Figure 4.6 : Localisation des projets d'urbanisation et position des bassins

Les projets P9 à P14 correspondent à l'urbanisation totale des zones urbanisables NA dans le PLU.

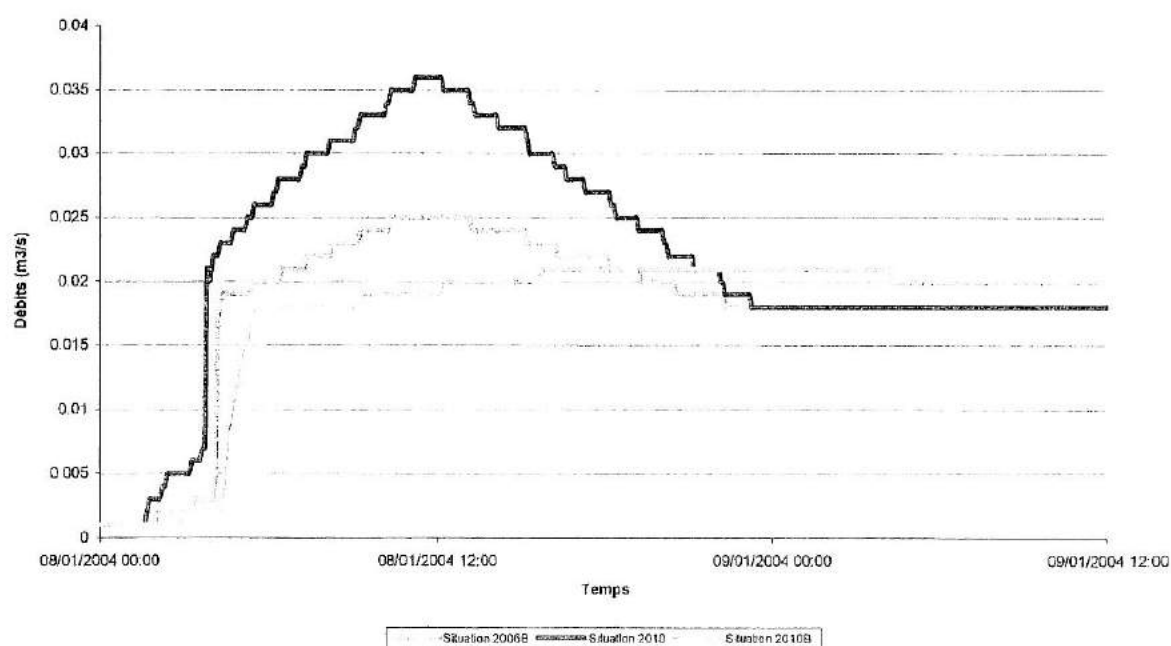


Figure 4.7 : Hydrogrammes situés en amont de l'exutoire du Voasguisguen

Le tableau 4.11 présente la surface du projet, les volumes ruisselés pour les deux situations (horizon 2006, horizon 2010).

	Surface (ha)	Volume ruisselé en m ³		
		Situation horizon 2006 (% imperméabilisé)	Situation horizon 2010 (% imperméabilisé)	Différence entre les deux situations
P9	2.3	306 (30%)	715 (70%)	409
P10	2.5	333 (30%)	777 (70%)	444
P11	12.5	1666 (30%)	3887 (70%)	2221
P12	1.0	129 (30%)	300 (70%)	172
P13	6.0	796 (30%)	1857 (70%)	1061
P14	2.6	342 (30%)	798 (70%)	456

Tableau 4.11 : Volumes ruisselés à l'exutoire des sous bassins versants

Le tableau 4.12 présente les dimensions des différents bassins de rétention préconisés (volume, surface au sol, hauteur et diamètre de la conduite à l'exutoire).

	Volume (m ³)	Surface au sol (m ²)	Hauteur (m)	Diamètre de la conduite à l'exutoire (m)
P9	420	210	2	0.1
P10	460	230	2	0.1
P11	2220	740	3	0.1
P12	180	90	2	0.1
P13	1060	530	2	0.1
P14	460	230	2	0.1

Tableau 4.12 : Caractéristiques des bassins de retenue

4.5.2 - Sous bassin versant du Queffleuth

Les volumes engendrés par les surfaces imperméabilisées de la Rode ainsi que les futurs projets d'extension ne sont pas pris en compte par le modèle (ouvrages départementaux).

La figure 4.8 présente la localisation des projets d'urbanisation et la position des bassins de retenue.

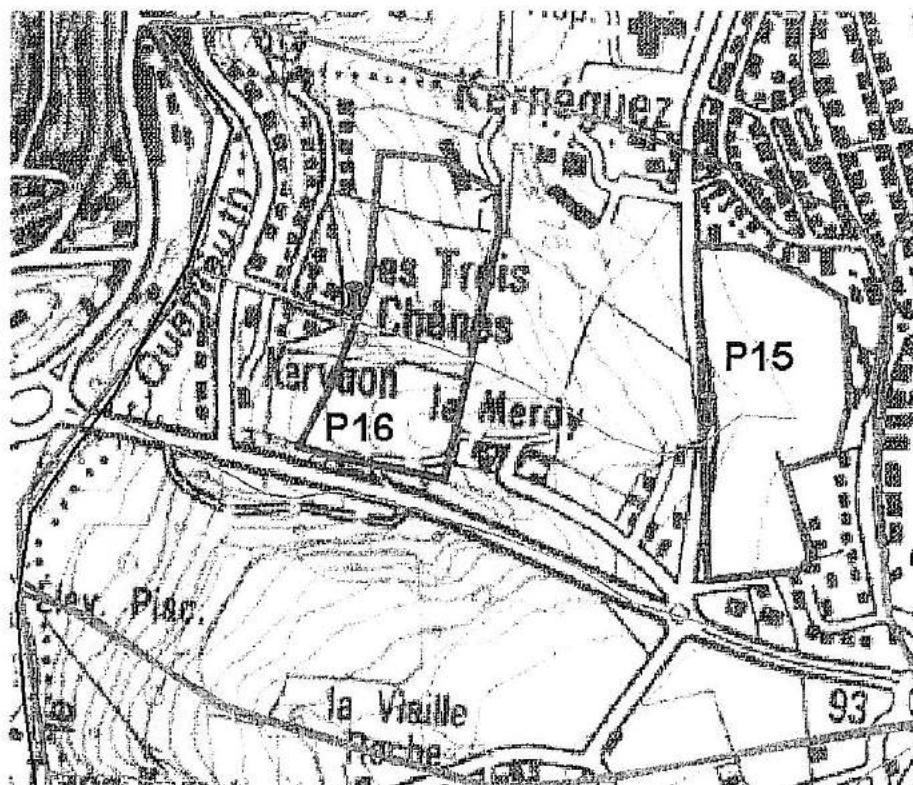


Figure 4.8 : Localisation des projets d'urbanisation et position des bassins pour le Q1

Les projets P15 et P16 correspondent à l'urbanisation totale des zones urbanisables NA dans le PLU.

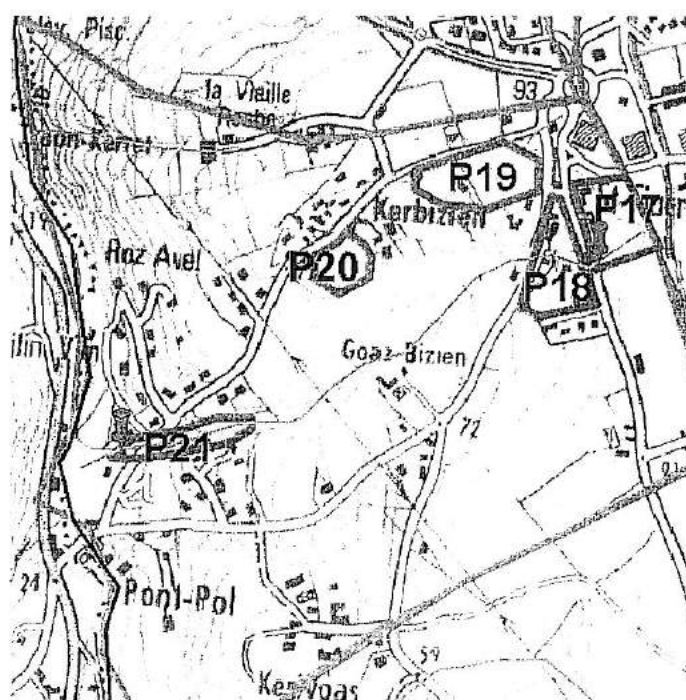


Figure 4.9 : Localisation des projets d'urbanisation et position des bassins pour le Q2

MAILED 1194 11/11/88

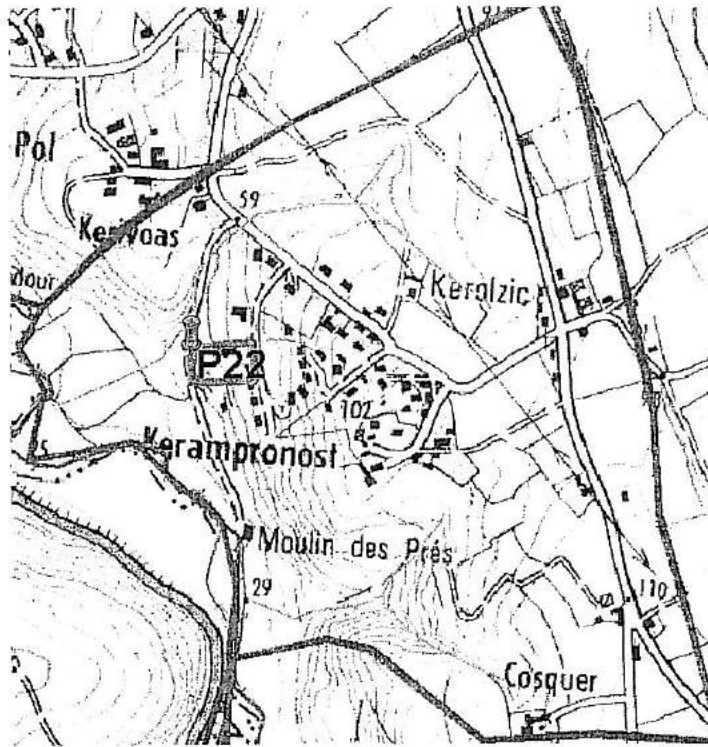


Figure 4.10 : Localisation du projet d'urbanisation et position du bassin pour le Q3

Le projet P22 correspond à l'urbanisation totale des zones urbanisables NA dans le PLU.

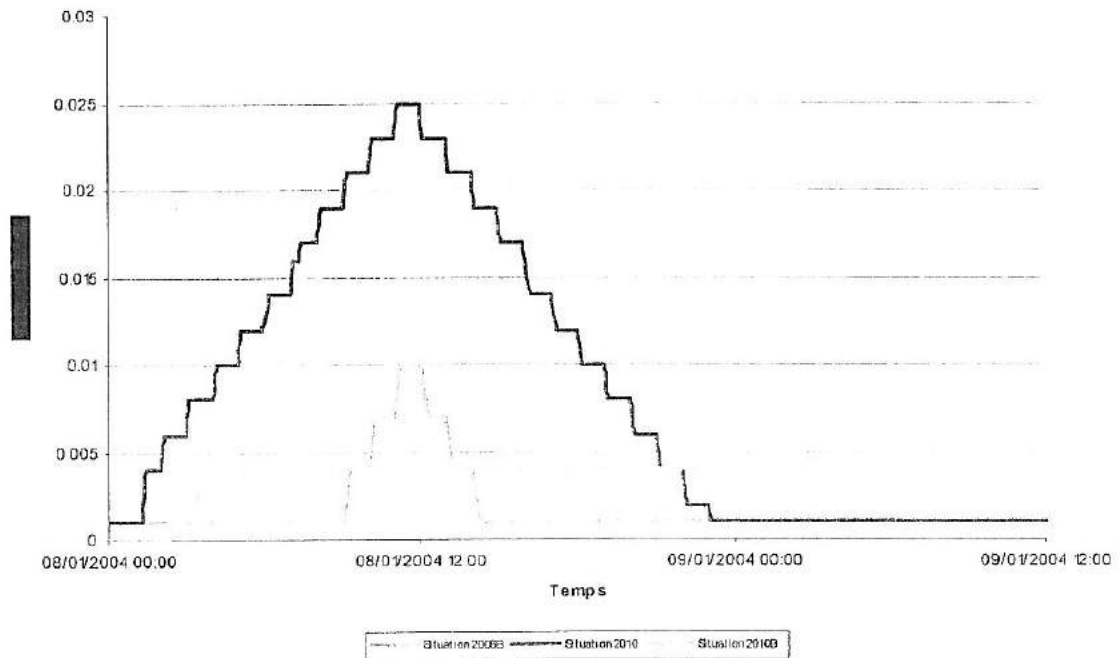


Figure 4.11 : Hydrogrammes ruisselés à l'exutoire du projet Q2-P1

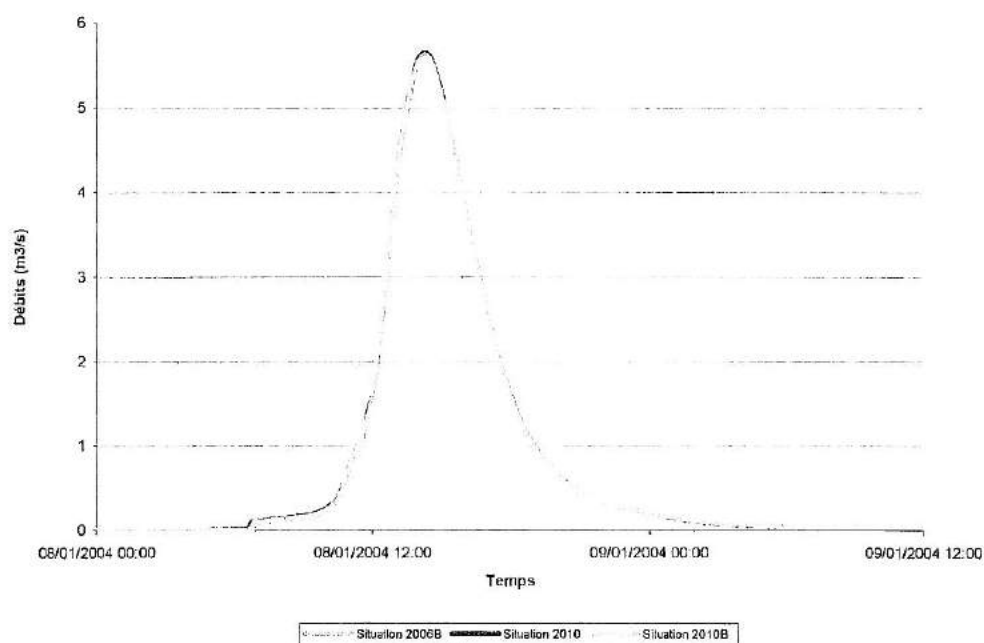


Figure 4.12 : Hydrogrammes ruisselés à l'exutoire du sous bassin Q2

Le tableau 4.13 présente la surface du projet, les volumes ruisselés pour les deux situations (horizon 2006, horizon 2010).

	Surface (ha)	Volume ruisselé en m ³		
		Situation horizon 2006 (% imperméabilisé)	Situation horizon 2010 (% imperméabilisé)	Différence entre les deux situations
P15	5.2	688 (30%)	1605 (70%)	917
P16	4.6	619 (30%)	1444 (70%)	825
P17	3.4	127 (15%)	1055 (70%)	928
P21	0.6	24 (15%)	198 (70%)	174
P22	0.2	7 (15%)	62 (70%)	55

Tableau 4.13 : Volumes ruisselés à l'exutoire des sous bassins versants

Le tableau 4.14 présente les dimensions des différents bassins de rétention préconisés (volume, surface au sol, hauteur et diamètre de la conduite à l'exutoire).

	Volume (m ³)	Surface au sol (m ²)	Hauteur (m)	Diamètre de la conduite à l'exutoire (m)
P15	920	460	2	0.1
P16	840	420	2	0.12
P17	940	470	2	0.1
P21	100	100	1	0.08
P22	60	30	2	0.1

Tableau 4.14 : Caractéristiques des bassins de retenue

4.5.3 - Sous bassin versant du Menguen

La figure 4.13 présente la localisation des projets d'urbanisation et la position des bassins de retenue.

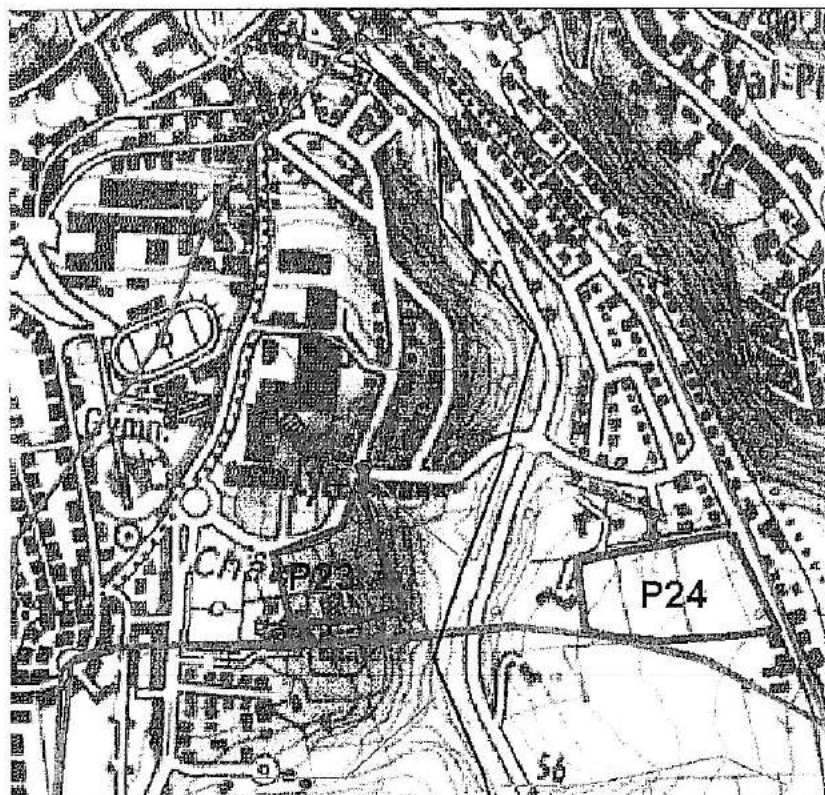


Figure 4.13 : Localisation des projets d'urbanisation et position des bassins du M1

Les projets P23 et P24 correspondent à l'urbanisation totale des zones urbanisables NA dans le PLU.

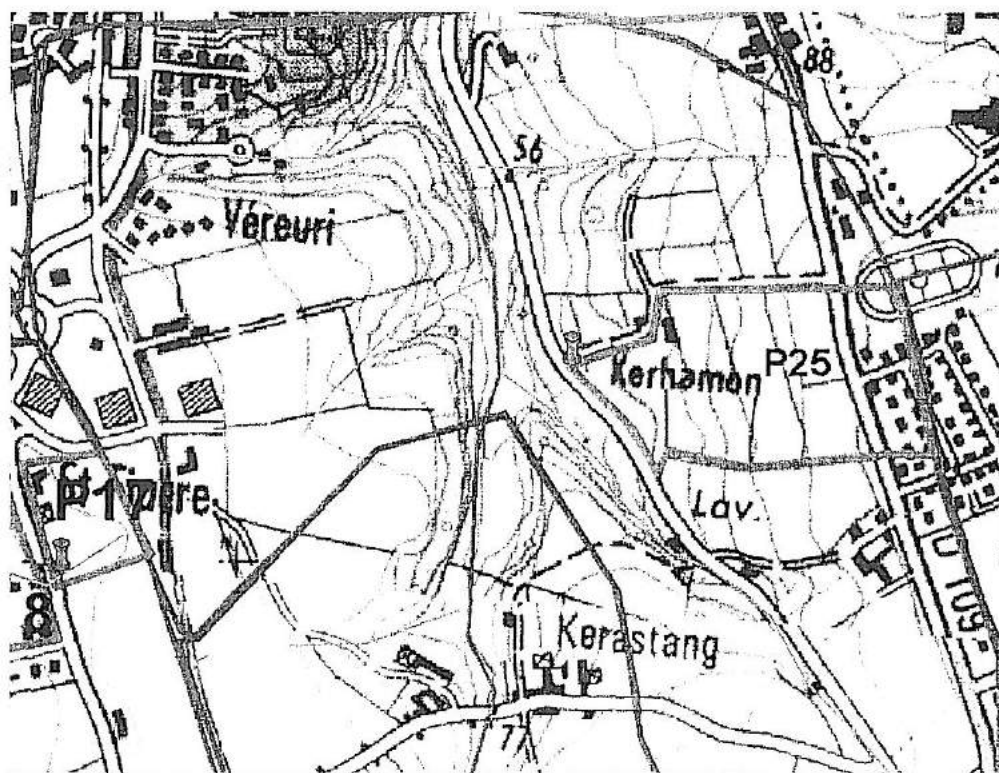


Figure 4.14 : Localisation des projets d'urbanisation et position des bassins du M2

Le projet P25 correspond à l'urbanisation totale des zones urbanisables NA dans le PLU.

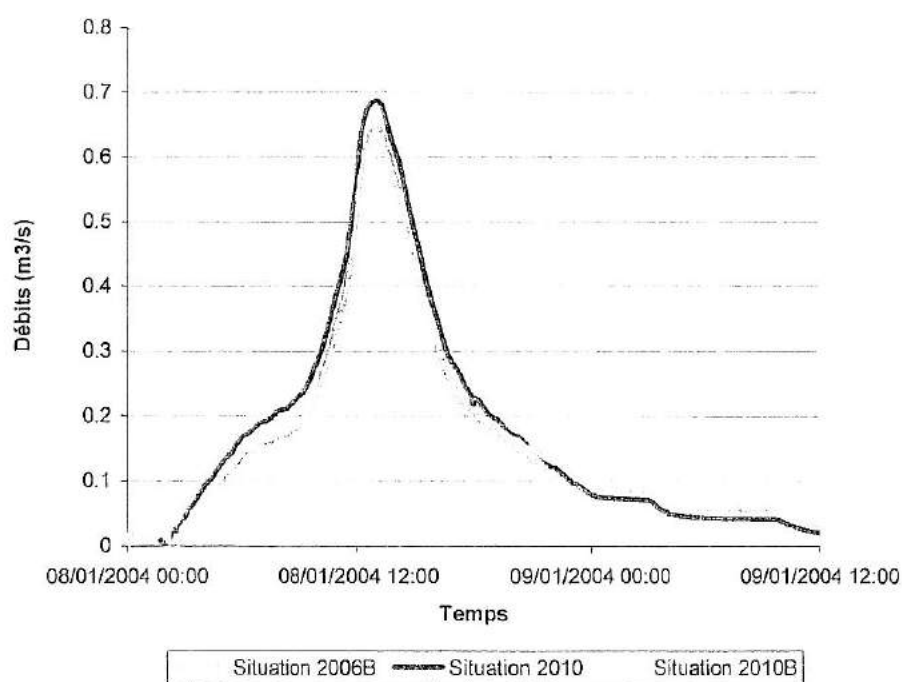


Figure 4.15 : Hydrogrammes ruisselés à l'exutoire du sous bassin M1

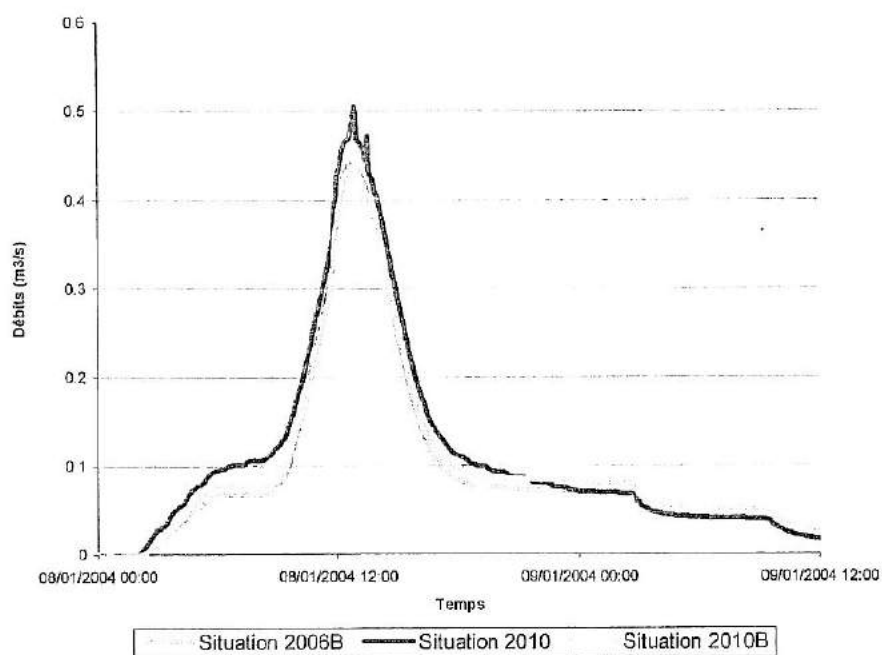


Figure 4.16 : Hydrogrammes ruisselés à l'exutoire du sous bassin M2

Le tableau 4.15 présente la surface du projet, les volumes ruisselés pour les deux situations (horizon 2006, horizon 2010).

	Surface (ha)	Volume ruisselé en m ³		
		Situation horizon 2006 (% imper- méabilisé)	Situation horizon 2010 (% imper- méabilisé)	Différence entre les deux situations
P23	1.5	403 (60%)	470 (70%)	67
P24	2.8	732 (60%)	854 (70%)	122
P25	8.1	305 (10%)	2531 (70%)	2226

Tableau 4.15 : Volumes ruisselés à l'exutoire des sous bassins versants

Initialement, le bureau d'études avait fixé le pourcentage d'imperméabilisation du sol en situation actuelle du projet P25 à 30%. Le maître d'ouvrage a décidé de l'abaisser à 10%.

Le tableau 4.16 présente les dimensions des différents bassins de rétention préconisés (volume, surface au sol, hauteur et diamètre de la conduite à l'exutoire).

	Volume (m ³)	Surface au sol (m ²)	Hauteur (m)	Diamètre de la conduite à l'exutoire (m)
P23	70	70	1	0.12
P24	120	80	1.5	0.1
P25	2000	1000	2	0.15

Tableau 4.16 : Caractéristiques des bassins de retenue

4.5.4 – Sous-bassin versant du Ruisseau de Kerbriant 1

La figure 4.17 présente la localisation des projets d'urbanisation et la position des bassins de retenue.

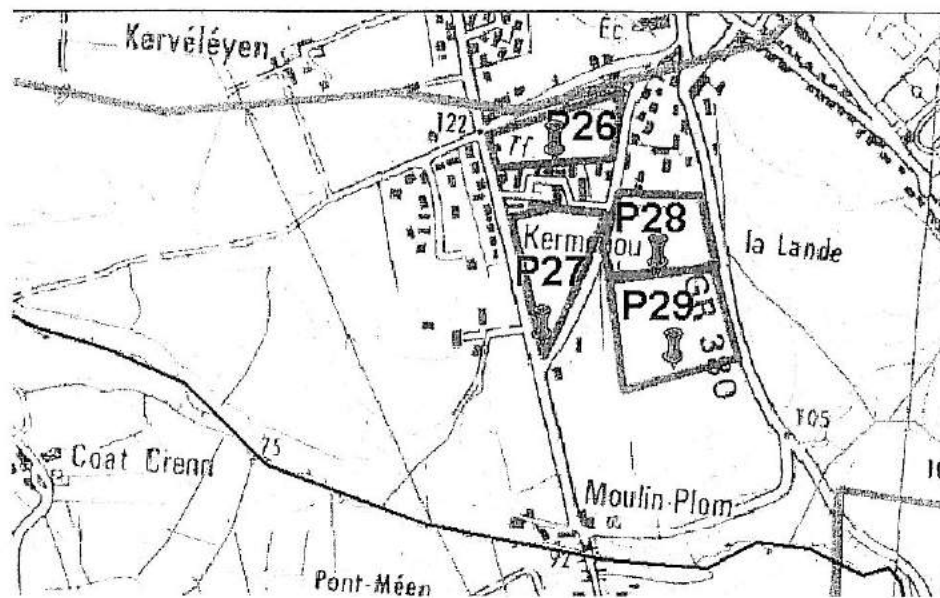


Figure 4.17 : Localisation des projets d'urbanisation et position des bassins du RK1

Les projets P26 à P29 correspondent à l'urbanisation totale des zones urbanisables NA dans le PLU.

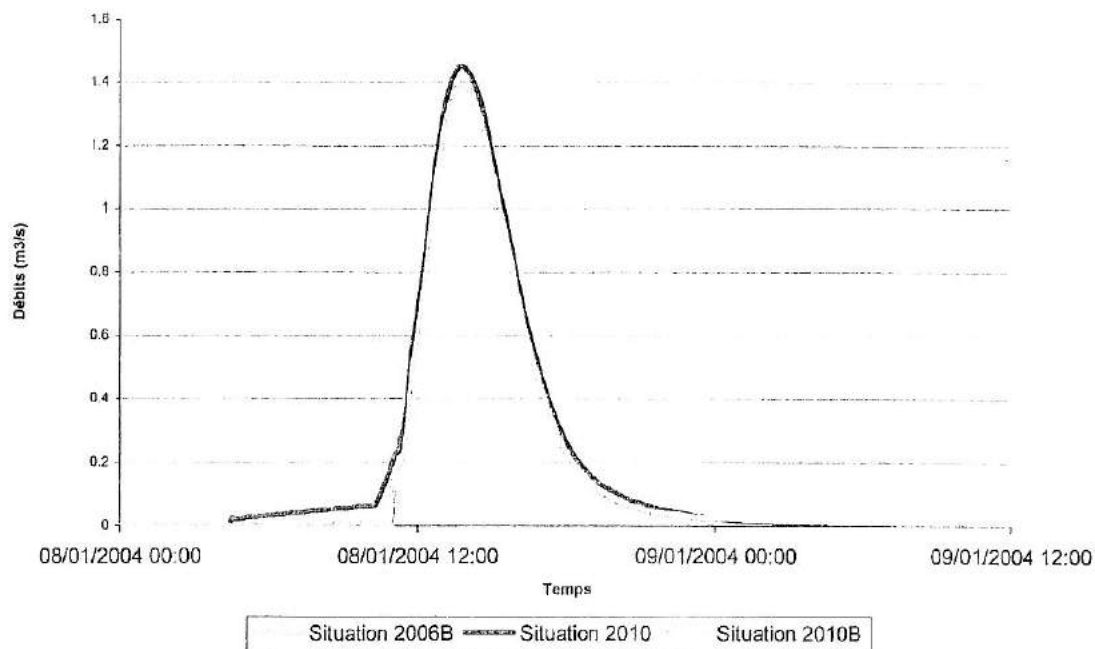


Figure 4.18 : Hydrogrammes ruisselés à l'exutoire du sous bassin RK1

Le tableau 4.17 présente la surface du projet, les volumes ruisselés pour les deux situations (horizon 2006, horizon 2010).

	Surface (ha)	Volume ruisselé en m ³		
		Situation horizon 2006 (% imperméabilisé)	Situation horizon 2010 (% imperméabilisé)	Différence entre les deux situations
P26	2.5	92 (15%)	763 (70%)	671
P27	2.6	96 (15%)	793 (70%)	697
P28	2.7	100 (15%)	834 (70%)	734
P29	3.7	140 (15%)	1161 (70%)	1021

Tableau 4.17 : Volumes ruisselés à l'exutoire des sous bassins versants

Le tableau 4.18 présente les dimensions des différents bassins de rétention préconisés (volume, surface au sol, hauteur et diamètre de la conduite à l'exutoire).

	Volume (m ³)	Surface au sol (m ²)	Hauteur (m)	Diamètre de la conduite à l'exutoire (m)
P26	700	350	2	0.1
P27	700	350	2	0.1
P28	740	370	2	0.1
P29	1040	520	2	0.1

Tableau 4.18 : Caractéristiques des bassins de retenue

4.5.5 - CONCLUSION

La commune de Plourin-les-Morlaix couvre une zone d'environ 44 km² incluant trois cours d'eau majeurs : le Queffleuth, le Menguen et le Jarlot. Cette zone a été découpée en 29 sous-bassins versants de taille homogène. Les caractéristiques physiques de ces bassins ont été déterminées.

Les débits et les volumes ruisselés pour une pluie de projet de 24 heures de période de retour de 10 ans avec une lame d'eau précipitée de 51 mm, ont été calculés pour trois situations : état de référence, horizon 2006 et horizon 2010.

Les simulations réalisées avec un modèle hydrologique montrent que l'évolution de l'urbanisation est susceptible d'engendrer une augmentation des volumes ruisselés de l'ordre de 4 % à l'horizon 2006 et de l'ordre de 11 % à l'horizon 2010 au droit de Morlaix.

Afin de compenser cette augmentation, 8 bassins de retenue ont été dimensionnés à l'horizon 2006 et 18 bassins supplémentaires à l'horizon 2010. Ces bassins compensent les volumes de ruissellement induits par l'urbanisation future mais ne réduisent pas le risque d'inondation actuel.

La faisabilité technique, l'intégration paysagère et l'estimation des coûts de ces bassins devront être abordés ultérieurement.

5 – Propositions d'aménagement

5.1 – La maîtrise des eaux de ruissellement

L'évolution future de l'urbanisation induira des difficultés d'écoulement sur les réseaux de transfert et le milieu superficiel si aucune protection n'est mise en œuvre pour limiter l'effet du ruissellement des eaux de pluie.

L'étude de modélisation hydraulique conduite par le bureau DHI a permis de réaliser un diagnostic de la situation existante (débits ruisselés et ouvrages existants), de définir les impacts selon l'évolution future de l'urbanisation et de proposer un dimensionnement de bassins de rétention.

5.1.1 – Rappel de la réglementation

Les aménagements et les travaux d'urbanisation où sont réalisés de la voirie, des parkings et des constructions ont pour conséquence une imperméabilisation des surfaces. Les projets d'urbanisation engendrent donc une augmentation des phénomènes de ruissellement parallèlement à la diminution de celui de l'infiltration.

D'après la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993, ces travaux relèvent du régime de déclaration ou d'autorisation au titre de la rubrique 5.3.0 relative aux rejets d'eaux pluviales dans les eaux superficielles ou dans un bassin d'infiltration.

Rubrique 5.3.0.

Rejet d'eaux pluviales dans les eaux superficielles ou dans un bassin d'infiltration :

Dossier de **déclaration** si la superficie totale desservie est supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha.

Dossier d'**autorisation** si la superficie totale desservie est supérieure à 20 ha.

Conformément au décret n°93-742 du 29 mars 1993, le dossier de déclaration ou d'autorisation est adressé au Préfet par le pétitionnaire et doit comporter un document indiquant, compte tenu des variations saisonnières et climatiques, les incidences de l'aménagement sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux y compris de ruissellement, ainsi que sur chacun des éléments mentionnés à l'article 2 de la loi du 3 janvier 1992, en fonction des procédés mis en œuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou concernées.

5.1.2 - Les techniques envisageables

Pour faire face aux insuffisances d'écoulement et limiter le débit de pointe sur les émissaires, plusieurs techniques peuvent être préconisées, à savoir :

- L'infiltration
- Le stockage et régulation
- Le renforcement de collecteur

5.1.2.1 - L'infiltration

C'est la technique qu'il convient de privilégier et de mettre en œuvre quand les caractéristiques du projet le permettent.

La technique consiste à évacuer les eaux de ruissellement dans le sous-sol. Cette pratique ne peut être mise en œuvre que lorsque la nature des sols et sous-sols le permet (sol perméable, absence de nappe). L'adoption de la technique de l'infiltration se caractérise par la mise en œuvre de :

- ❖ Puisard d'infiltration,
- ❖ Tranchée filtrante,
- ❖ Bassin d'infiltration.

Nous pouvons citer comme réalisation récente, le lotissement de St-Fiacre (Park ar Feunteun), réalisé en 2003 où chaque lot est équipé d'un puits d'infiltration recevant les eaux de toiture.

Dans le projet « du chemin vert », un fossé a par ailleurs, comme exutoire une surface d'infiltration.

Dans le cas présent, et après réalisation d'une étude de sol concluant sur un sous-sol infiltrant, cette technique sera envisageable sur les projets de lotissement (maîtrise d'ouvrage privée) du Velery Ven ; le projet serait réalisé alors sans bassin de rétention.

5.1.2.2 - Le stockage

La solution du stockage par bassin de rétention avec régulation aval du débit est souvent la plus adaptée.

Jusqu'à présent, c'est cette solution qui a été la plus largement adoptée pour les réalisations communales (ZAC de Park ar Buanec, Chemin vert et Coat Pin...).

Dans les zones d'extension future, il peut être envisagé des formes de stockage plus disséminées telles que :

- ❖ Le stockage à la parcelle
- ❖ Le stockage sous voirie, sous parking,
- ❖ Le stockage dans les rus et les fossés (noues),
- ❖ Le stockage en zone naturelle inondable.

Le dimensionnement des volumes de stockage a été calculé pour les futurs projets d'urbanisation dans la première phase de l'étude du schéma d'assainissement d'eaux pluviales (étude DHI Eau et Environnement).

Par ailleurs, à l'échelle du bassin versant du Queffleuth et du Jarlot géré par le Syndicat Mixte du Trégor, l'étude réalisée par ISL (année 2004) définit des zones de surstockage ayant pour objet d'écarter les débits de pointe sur ces deux cours d'eau.

5.1.2.3 - Le renforcement de collecteur

Cette alternative peut être préconisée lorsque les techniques de stockage ou d'infiltration ne peuvent être mises en œuvre ou deviennent économiquement rédhibitoires.

6 – Mise en œuvre et Intégration paysagère

Selon le cas, les aménagements sont créés soit :

- à l'échelle du bassin versant,
- à l'échelle du quartier ou d'une zone d'aménagement,
- à l'échelle de la parcelle.

A l'échelle d'un bassin versant, les aménagements pour ralentir le ruissellement consistent dans un premier temps à créer ou restaurer les fossés en bas de parcelles agricoles et reconstruire ou entretenir le si efficace complexe talus/haie/fossé...

Sur la commune de Plourin-les-Morlaix, la réalisation du projet « du Chemin Vert », sentier piéton est également un exemple d'aménagement hydraulique. A la faveur de la restauration du chemin, un ensemble de fossés, noues et bassins de rétention ont pu être créés.

Les fossés et les noues

En secteur rural, si l'espace le permet, les fossés pourront être aménagés pour améliorer leur capacité de stockage (recalibrage de la section).

Selon la nature, la perméabilité du sol et la tenue des berges, les fossés pourront être maçonnés, rendus étanches ou végétalisés.

En fonction du profil en long (la pente) du fossé ou de la noue, des cloisons intermédiaires permettent d'augmenter la capacité de stockage. Ces cloisons seront munies d'un orifice permettant de réguler le débit sortant.

La cloison peut être construite en différents matériaux : rondins en bois, cloisons maçonnées, végétalisées, enrochements...

Par ailleurs, les noues, larges et peu profondes qui peuvent être situées sur des talwegs naturels recalibrés, permettent l'aménagement de véritables espaces verts.

Les bassins de rétention/régulation

En secteur urbain, une entrée d'agglomération ou l'accès à un secteur d'activités risque d'être visuellement dégradé par la présence de bassins d'écroulement des eaux pluviales.

Selon leur fonction et leur implantation, ces bassins peuvent recevoir différents aménagements.

Le bassin en eau

Le bassin en eau est particulièrement attractif pour un quartier s'il est conçu comme élément décoratif ou de loisir.

Pour ce type d'ouvrage, l'imperméabilisation doit être parfaite et si nécessaire, le bassin est étanché par une géomembrane recouvert de terre végétale ; le bassin peut être alors végétalisé et agrémenté de plantes aquatiques.

Sur le bassin en eau peut être installé des jets d'eau ou selon le profil du bassin un ensemble de chutes d'eau ayant aussi pour fonction d'oxygéner l'eau de manière naturelle.

Dans un aménagement paysager, il peut être également avantageux dans le cadre du maintien des berges, de construire une rocaille ou de mettre en œuvre les techniques de tressage, fascinage.

Le bassin à sec

Le bassin peut être traité en prairie fleurie ou engazonné naturellement.

Si la nappe phréatique est proche du fond de bassin, ce dernier accueillera un jardin humide de graminées et de vivaces.

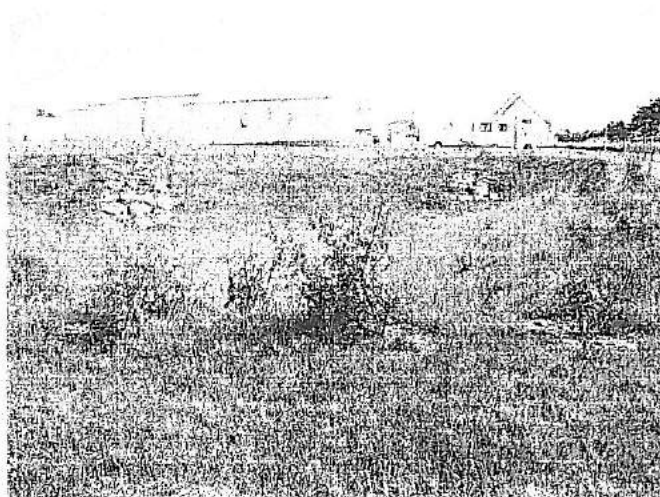
A l'échelle de la parcelle ou d'un quartier, il convient de privilégier l'infiltration des eaux pluviales, à l'aide de puits d'infiltration par exemple, si la perméabilité du sol le permet. Dans le cas d'un sol peu perméable, nous pouvons envisager des ouvrages tels que la tranchée drainante qui restitue l'eau à l'exutoire avec un débit limité.

Commune de Plourin-les-Morlaix

Insertion paysagère

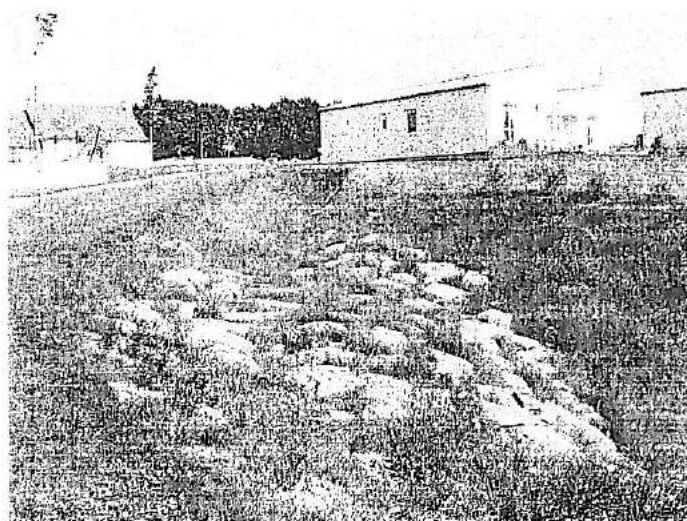
Les bassins de
rétention/régulation

Lotissement communal
Park ar Buanec



Les fossés de
rétention/régulation

Lotissement communal
Park ar Buanec

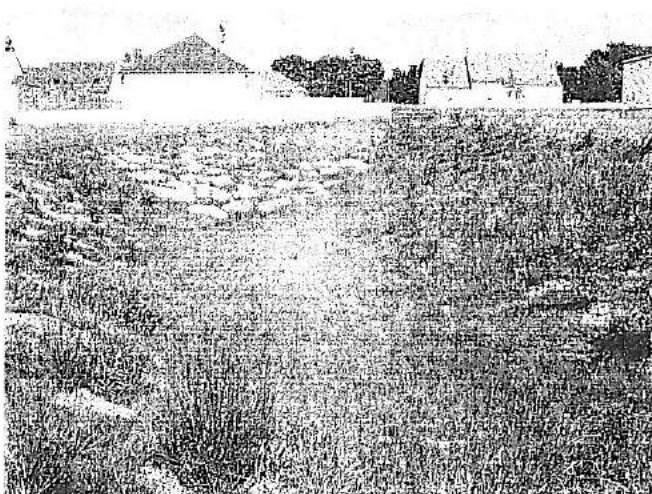


Commune de Plourin-les-Morlaix

Insertion paysagère

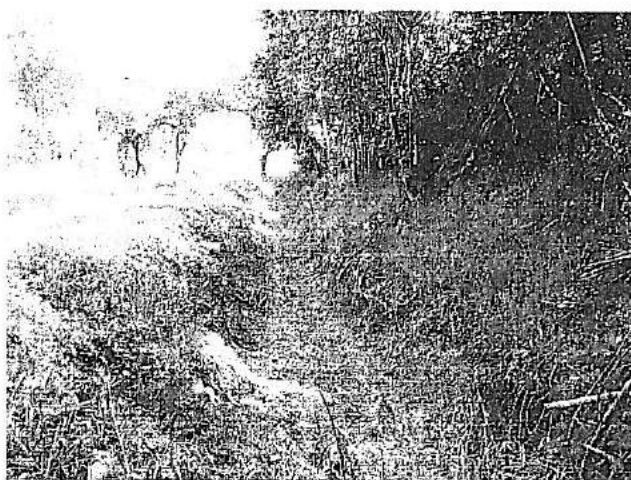
Les bassins de
rétention/régulation

Lotissement communal
Park ar Buanec



Les fossés de
rétention/régulation

Projet
du « Chemin vert »



Tranche fonctionnelle n°2

13 – Conclusion

A l'horizon 2010, c'est donc 26 opérations qui pourront être entreprises en complément des ouvrages déjà réalisés et qui viendront diminuer les débits de ruissellement induits par l'urbanisation.

Dans le chapitre précédent, une estimation sommaire a été réalisée dans le cadre d'une urbanisation progressive des surfaces classées U et NA au Plan d'urbanisme de la commune. Cet échéancier et les budgets peuvent, bien entendu, évoluer et être modifiés selon les projets retenus.

Par ailleurs, nous avons vu que d'autres dispositions d'aménagement pourront être prises comme alternative aux bassins de rétention ; il s'agira en effet de privilégier l'infiltration des eaux pluviales à la rétention dans la mesure où les caractéristiques des terrains (pente, perméabilité; nappe phréatique) le permettent.

Enfin, au niveau qualitatif, les activités comportant un risque de rejet de matières polluantes devront sécuriser leurs exutoires en mettant en œuvre et en assurant l'entretien d'ouvrages spécifiques de décantation et de traitement. Si lors de nos prélèvements, il s'avère que l'ensemble des ruisseaux et écoulements permanents ne sont pas affectés par des pollutions issues des réseaux eaux pluviales, nous avons identifié quelques points de non conformité, notamment :

- en sortie de la zone commerciale du plateau de St-Fiacre (fossés pollués).
- sur la zone de Kersody (déchetterie, ateliers de mécanique...)

Il convient de citer par ailleurs les établissements publics implantés sur le territoire communal tel que l'Hôpital rue de Kersaint-Gilly et le lycée Tristan Corbière (quartiers Nord de Plourin-les-Morlaix). Ces établissements où il conviendrait d'engager une réflexion comportent des surfaces imperméabilisées conséquentes (parking, toiture...) et contribuent également à l'impact négatif (débit de pointe et rejet d'une eau de ruissellement polluée) sur le milieu récepteur.

Création d'un bassin de 420 m ³ – P9	9660.00
Création d'un bassin de 460 m ³ – P10	10580.00
Création d'un bassin de 2220 m ³ – P11	51060.00
Création d'un bassin de 180 m ³ – P12	4140.00
Création d'un bassin de 1060 m ³ – P13	24380.00
Création d'un bassin de 460 m ³ – P14	10580.00
Mise en oeuvre complémentaire de prétraitement	45000.00
Sous-total	155400.00
Sous-bassin versant du Queffleuth	
Urbanisation totale des zones NA sur les « trois chênes », le Merdy, Kerbizien	
Création d'un bassin de 920 m ³ – P15	21160.00
Création d'un bassin de 840 m ³ – P16	19320.00
Création d'un bassin de 940 m ³ – P17	21620.00
Création d'un bassin de 100 m ³ – P21	2300.00
Création d'un bassin de 60 m ³ – P22	1380.00
Mise en oeuvre complémentaire de prétraitement	37500.00
Sous-total	103280.00
Sous-bassin versant du Menguen	
Urbanisation totale des zones NA sur le secteur du Velery Ven, Kerhamon...	
Création d'un bassin 70 m ³ – P23	1610.00
Création d'un bassin de 120 m ³ – P24	2760.00
Création d'un bassin de 2000 m ³ – P25	46000.00
Mise en oeuvre complémentaire de prétraitement	22500.00
Sous-total	72870.00
Sous-bassin versant du ruisseau de Kerbriant	
Urbanisation totale du secteur de Kermenou...	
Création des bassins P26, P27, P28 et P29 (3180 m ³)	73150.00
Total estimation des travaux et ouvrages hydrauliques à l'horizon 2010	404700.00

Phase 4 – Programme de travaux

12 – Estimation des aménagements

La présente étude n'a pas pour but de décider si les aménagements hydrauliques seront réalisés par une maîtrise d'ouvrage communale, intercommunale ou privée. Une estimation financière peut être dressée selon les tableaux suivants en fonction des scénarios envisagés (horizon 2006 et horizon 2010).

Opérations horizon 2006	
	Estimation € HT
Ruisseau du Voasguisguen	
Aménagement de la ZA de Kersody et ZAC Park ar Buanec	
Création d'un bassin de 130 m ³ – P8	2990.00
Création d'un bassin de 760 m ³ – P7	17480.00
Mise en oeuvre complémentaire de prétraitement	15000.00
Sous-total	35470.00
Sous-bassin versant du Queffleuth	
Aménagement de la zone de la piscine et des lotissements du Merdy	
Création d'un bassin de 1620 m ³ – P4	37260.00
Création d'un bassin de 300 m ³ – P6	6900.00
Création d'un bassin de 980 m ³ – P5	22540.00
Mise en oeuvre complémentaire de prétraitement	22500.00
Sous-total	89200.00
Sous-bassin versant du Menguen	
Création de bassin en aval de St-Fiacre et Aménagement de lotissement du Velery Ven (P2)	
Création d'un bassin 620 m ³ – P1	14260.00
Création d'un bassin de 1300 m ³ – P2	29900.00
Création d'un bassin de 2200 m ³ – P3	50600.00
Mise en oeuvre complémentaire de prétraitement	25000.00
Sous-total	119760.00
Total estimation des travaux et ouvrages hydrauliques à l'horizon 2006	244430.00
Opérations horizon 2010	
	Estimation € HT
Ruisseau du Voasguisguen	
Urbanisation totale des zones NA sur le bourg	

Effets de choc pour les rejets ponctuels et de forte intensité
Asphyxie du milieu en oxygène

Effets de stress pour les rejets avec dégradation successive de la
qualité de l'eau
Perturbation de la faune aquatique.

11.1 2 – Les moyens de traitement

moyens préventifs

entretien et curage des réseaux
nettoyage régulier de la voirie

la décantation

La création de bassins de rétention permet alors la décantation de ces matières en suspension et assure ainsi un rôle de dessableur.

D'autres ouvrages de dépollution peuvent venir compléter l'effet décanteur du bassin de rétention.

Il peut s'agir d'installer :

- un dégrilleur pour protéger l'alimentation des canalisations en amont de la zone d'activités.
- un déshuileur-débourbeur sur les principaux nœuds du réseau d'eaux pluviales ou sur l'alimentation d'un bassin de rétention.

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 renforçant les décrets précédents rend l'usage des décanteurs débourbeurs obligatoire sous peine de sanctions pénales. Toutes constructions neuves doit être équipée. Pour les constructions anciennes un délai de 5 ans est admis pour la mise en conformité aux normes édictées.

Tous les parkings, aires de circulation, de stationnement, aires de lavage, ateliers mécaniques, stations service sont concernés.

Lors de nos visites sur le terrain, nous avons pu constater des non-conformités en la matière (zone commerciale de St-Fiacre, zone artisanale de Kersody).

Le piégeage par les végétaux

La végétalisation des ouvrages de rétention permet le piégeage d'ions, de phénols, de métaux lourds dans les plantes et notamment dans les plantes aquatiques et amphibies.

Ruisseau du Menguen

Lors du prélèvement, la qualité des eaux du ruisseau est bonne. Les travaux engagés pour réaliser un réseau de collecte des eaux usées des secteurs amont contribuent à l'amélioration qualitative du ruisseau.

11 – Propositions d'aménagement d'ouvrages de traitement

11.1 - Aménagement d'ouvrages de traitement des eaux pluviales

11.1.1 – La pollution des eaux de ruissellement

Nature et importance de la pollution

La pollution transitée par les réseaux pluviaux est essentiellement liée aux fortes teneurs en MES (300 à 450 mg/l) à comparer avec des concentrations de 300 à 500 mg/l dans les eaux domestiques non épurées.

Cette pollution essentiellement fixée sur les Matières en Suspension décantables peut être caractérisée selon le tableau suivant :

DCO	DBO ₅	NTK	HC	Pb
83 à 92%	90 à 95%	65 à 80%	82 à 99%	97 à 99%

Les flux de pollution sont très variables selon les sites :
-1000 à 7400 kg MES/ha de surface active.

Un événement pluvieux peut apporter de 6 à 27% de cette masse annuelle.

D'autres formes de pollution ne sont pas non plus négligeables :

- déchets solides (plastiques, polystyrène, papiers....)
- matières organiques
- métaux lourds (plomb, zinc, cadmium...)
- hydrocarbures,

Conséquences

La pollution transportée par les réseaux pluviaux dégrade l'écosystème et les effets sur ce dernier sont de trois ordres.

Effets cumulatifs pour les rejets continus

envasement

Ingestion progressive de micropolluants par la faune piscicole

Qualité des eaux du Menguen – prélèvement n°8

La qualité des eaux du ruisseau du Menguen peut être qualifiée de très bonne : taux de matière organique oxydable inférieur à 10 mg/l et taux de matières azotées (NTK) inférieur à 1 mg/l.

10.3 – Conclusion de l'analyse qualitative des eaux

Secteurs du bourg de Plourin-les-Morlaix

Le réseau eaux pluviales du bourg de Plourin-les –Morlaix ne rejète pas en règle générale, d'eaux souillées par des rejets domestiques. Un seul prélèvement a pu mettre en évidence et de façon notoire un rejet d'eaux usées domestiques.

Ces investigations démontrent l'amélioration de la qualité des réseaux de collecte des eaux usées sur le bourg de Plourin-les-Morlaix; les études (diagnostique du réseau eaux usées, zonage d'assainissement sur le territoire communal) et les travaux de réhabilitation et d'amélioration du réseau ont permis d'isoler puis de maîtriser les sources de pollution de l'eau.

Ruisseau du Voasguisguen

Dans sa partie aval, la qualité des eaux du ruisseau n'est pas affectée par les rejets des diverses activités situées à l'amont : rejet de la STEP du bourg, rejet des eaux pluviales du bourg ou de la ZA de Kersody...

Néanmoins, pour assurer une meilleure protection du ruisseau, la commune va réaliser des travaux de fiabilisation en effectuant le rejet des eaux traitées de la STEP sur le ruisseau du Coatlosquet (en aval du point de confluence avec le Voasguisguen).

Secteur rural

Les prélèvements entrepris sur les différents ruisseaux (ruisseau de Kerbriant, de Bodister et vallon du Fumé) nous montre après analyse la bonne qualité de l'eau.

Secteur Nord de la commune de Plourin-les-Morlaix

Le fossé qui reçoit les écoulements de la zone commerciale du Plateau de St-Fiacre et qui se déverse, in fine, dans le ruisseau du Menguen est pollué. Il convient d'enquêter pour isoler les sources de pollution auprès des quelques propriétaires ou gérants d'activités.

Commune de Plourin-les-Morlaix

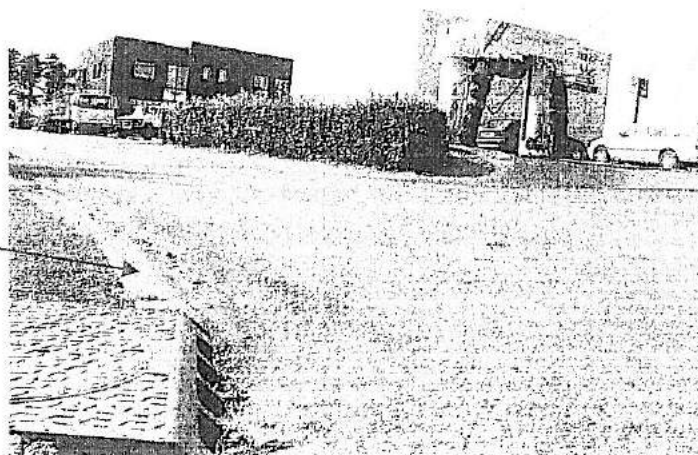
Secteurs de pollution

Le fossé
en sortie
de la zone
commerciale
de St-Fiacre



Fossé évacuant
des eaux
polluées en

Evacuation directe
des eaux de lavage
au réseau EP



Qualité des eaux sur le ruisseau du Voasguisguen, le ruisseau de Kerbriant et le ruisseau de Bodister

Exutoire Vieux Moulin (ruisseau de Voasguisguen) – prélèvement n°7

Exutoire du Quélern (ruisseau de Kerbriant) – prélèvement n°11

Le Moulin de la Boissière (ruisseau de Bodister) – prélèvement n°12

Lors du prélèvement, les résultats d'analyse font apparaître une eau de très bonne qualité :valeurs très faibles en matières organiques oxydables et en matières azotées.

Qualité des eaux en secteur rural

Ecoulements à l'amont du hameau du Fumé – prélèvement n°9

Ecoulements à l'aval du hameau du Fumé – prélèvement n°10

Les résultats d'analyse font apparaître une eau de très bonne qualité sur les deux prises d'échantillon réalisées au niveau du hameau du Fumé.

Rejet des eaux de ruissellement sur les quartiers Nord de la commune de Plourin-les-Morlaix

Exutoire du Plateau de St-Fiacre – prélèvement n°13

L'analyse fait apparaître une eau polluée par des rejets du secteur de la zone commerciale ; le taux de Matière organique (DCO) classe l'échantillon (classement de qualité par altération) dans les eaux de très mauvaise qualité.

L'échantillon est prélevé dans le fossé en sortie de réseau eaux pluviales de la zone commerciale (avec postes de livraison de carburant et station de lavage automobiles) et contient également des hydrocarbures .

10.2 - Bilan des analyses effectuées sur les échantillons d'eau prélevés sur les exutoires eaux pluviales et sur les ruisseaux

Les résultats d'analyse peuvent être comparés à la grille de qualité des eaux. Les prélèvements ont été effectués durant une période de saison sèche.

Hors événement pluvieux, et si les réseaux ne collectent que les eaux de ruissellement (eaux de pluie), les exutoires sont en général à sec (sans écoulement) ; lorsque nous constatons des écoulements, ceci correspond alors à du captage de nappe ou de source. Nous recherchons alors par analyse d'échantillon, la qualité de ces eaux qui peuvent être souillées par des rejets d'eaux usées domestiques.

Rejet des eaux de ruissellement en sortie de zone artisanale

Exutoire de la ZA de Kersody – prélèvement n°1

L'analyse fait apparaître un taux d'azote (ammoniacal, et azote Kjeldahl) ainsi qu'un taux de Matière organique (DCO) qui classe l'échantillon (classement de qualité par altération) à la limite de la classe 1A et 1B – très bonne et bonne qualité.

L'échantillon est prélevé en sortie de réseau eaux pluviales de la zone d'activités.

Rejet des eaux de ruissellement à la périphérie du bourg de Plourin-les-Morlaix

Exutoire rue du Trégor (aval du lotissement de Traon-Ker - réseau EP du bourg) – prélèvement n°2

Exutoire de Kergus (secteur Sud du bourg) – prélèvement n°3

Exutoire Coat Pin – prélèvement n°5

Exutoire Kernevez – prélèvement n°6

Les échantillons font apparaître une eau de bonne qualité, avec un taux de matière organique et de matières azotées très faible, lors du prélèvement.

Exutoire la Lande, rue de Coatanscour – prélèvement n°4

L'analyse de l'échantillon fait apparaître une eau de mauvaise qualité affectée par des rejets d'eaux usées domestiques.

Le prélèvement est effectué dans le fossé ouvert en aval des surfaces commerciales.

10 – Analyse des échantillons d'eau prélevés sur les exutoires

Les prélèvements ont été effectués le mercredi 23 juin et le lundi 28 juin 2004; il s'agit de journées sans pluie correspondant à une période sèche.

10.1 - Résultat des analyses physico-chimiques

Prélèvement du 25 juin 2004

N° prélt	pH	NO ₃ mg/l	NH ₄ mg/l	DCO mg O ₂ /l	conductivité μS/cm	NTK mg/l
1	7.30	27.4	0.47	17	247.4	1.44
2	6.95	35.4	0.02	12	223.3	<1.00
3	7.15	27.5	0.04	21	209.0	1.16
4	7.25	<0.5	24.80	99	709.0	25.91
5	4.90	65.2	0.12	<10	233.5	<1.00
6	6.85	31.1	0.12	10	297.4	1.39
7	7.30	36.5	0.04	<10	291.2	<1.00
8	7.35	38.0	0.03	<10	314.3	<1.00
9	7.40	31.9	0.02	<10	213.4	<1.00
10	7.40	32.1	0.02	15	212.8	<1.00

Prélèvement du 28 juin 2004

N° prélt	pH	NO ₃ mg/l	NH ₄ mg/l	DCO mg O ₂ /l	conductivité μS/cm	NTK mg/l
11	5.85	64.3	0.03	9	307.6	<1.00
12	7.20	25.8	0.02	15	205.2	<1.00
13	8.60	2.9	1.46	161	1198.0	4.79

Analyse hydrocarbures sur échantillon n°13 (plateau St-Fiacre)
-indice CH2 : 3.95 mg/l

Prélèvement n°10

A l'aval du hameau du Fumé, un prélèvement a été effectué dans l'écoulement permanent du fond de vallon. Cet écoulement rejoint le cours du Queffleuth.

Secteurs Sud de la commune de Plourin-les-Morlaix

Bassin versant du Queffleuth

Ruisseau de Kerbriant (affluent du Queffleuth)

Prélèvement n°11

En secteur rural, le prélèvement est effectué sur un écoulement qui reçoit les eaux de ruissellement du hameau de Quelern. Cet écoulement rejoint en aval le ruisseau de Kerbriant qui circule au Sud du bourg de Plourin-les-Morlaix.

Ruisseau de Bodister (affluent du Queffleuth)

Prélèvement n°12

Au hameau du Moulin de la Boissière, circule le ruisseau de Bodister qui draine les eaux de ruissellement du bourg du Cloître-St-Thégonnec. Le prélèvement est effectué dans le ruisseau qui reçoit les eaux de ruissellement du hameau du Moulin de la Boissière.

Secteurs Nord de la commune de Plourin-les-Morlaix

Bassin versant du Jarlot

Ruisseau du Menguen (affluent du Jarlot)

Prélèvement n°8

Le prélèvement est effectué dans le ruisseau du Menguen au niveau du lavoir; à ce niveau, le ruisseau reçoit les écoulements des secteurs urbanisés amont (Quartiers Nord-Est).

Prélèvement n°13

Le Plateau de St-Fiacre se situe au Sud du secteur aggloméré morlaisien, Le réseau eaux pluviales des plateformes commerciales (station carburant, lavage, centre commercial) se dirige vers le ruisseau du Menguen.

Ruisseau de Kerbriant (affluent du Queffleuth)

Prélèvement n°3

Le prélèvement a été effectué dans le rû de Kergus ou ruisseau de Kerbriant qui reçoit le réseau d'eaux pluviales de la partie Sud du bourg de Plourin-les-Morlaix.

Prélèvement n°4

Le prélèvement a été effectué sur l'exutoire de la Lande, rue Coatanscour. Cet écoulement s'achemine vers le ruisseau de Kerbriant.

Prélèvement n°5

Le prélèvement a été effectué sur l'exutoire Coat Pin, en sortie du lotissement privé Loussot. Cet écoulement permanent draine les secteurs urbanisés à partir du stade municipal. Cet écoulement s'achemine vers le ruisseau de Kerbriant.

Bassin versant du Jarlot

Prélèvement n°6

Au Nord du bourg de Plourin-les-Morlaix,, l'exutoire de Kernevez (ou hameau de Villeneuve) rejète dans un écoulement permanent qui conflue en aval vers le Jarlot. Au niveau de cet exutoire, nous recevons, entre autres, les eaux pluviales de secteurs urbanisés (rue du Trégor, rue d'Arvor...).

Secteurs Ouest de la commune de Plourin-les-Morlaix

Bassin versant du Queffleuth

Le hameau du Fumé

Prélèvement n°9

A l'amont du hameau du Fumé, un prélèvement a été effectué dans l'écoulement permanent du fond de vallon.

8 – Nature des éléments polluants

Si la pluie recueille les impuretés de l'atmosphère, c'est surtout lors du ruissellement au sol qu'elle entraîne la majeure partie des polluants.

Nature des produits indésirables

Sur les chaussées, la pluie se charge en poussières d'origine minérale, en matières organiques, en métaux lourds, en huiles, en toxiques divers, en hydrocarbures, en HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), en amiante, en germes pathogènes... Les niveaux de pollution peuvent être plus ou moins importants. Dans une zone d'habitat résidentiel le risque potentiel sera, par exemple, plus faible que dans une zone d'activités industrielles.

En zone rurale, nous retrouvons également dans le milieu superficiel les pesticides (insecticides, fongicides, désherbants...) et leurs produits dérivés.

Enjeux

Les réseaux d'eaux pluviales ont en général pour exutoire le milieu superficiel (rû, rivière, étang...); les eaux pluviales chargées en matières polluantes viennent alors en se dégradant par réaction d'oxydation consommer l'oxygène dissous dans le ruisseau. Ces processus de dégradation et d'autoépuration du cours d'eau peuvent alors compromettre la vie aquatique et notamment celle des poissons qui est conditionnée par un taux minimal d'oxygène dissous.

Les conséquences sont aggravées en été lorsque survient une pluie d'orage qui lessive les collecteurs alors que les taux d'oxygène dissous dans l'eau sont les plus bas.

Objectifs de qualité des eaux de rivière

Des objectifs de qualité ont été affectés au « Queffleuth » et au « Jarlot » par l'arrêté préfectoral du n°85/3635 du 18 décembre 1985, en application de la loi sur l'eau du 16 décembre 1964.

Phase 3 – Inventaire des secteurs de pollution

7 - Introduction

Dans le cadre de l'étude du schéma directeur des eaux pluviales de la commune de Plourin-les-Morlaix, nous avons, dans une première étape, fait état des aménagements existants en matière de réseaux de collecte des eaux pluviales. Un relevé de l'ensemble des réseaux a été entrepris sur l'ensemble des secteurs agglomérés.

Le bureau d'études DHI a analysé, à l'aide d'une modélisation hydraulique, l'incidence des aménagements urbains futurs sur le ruissellement des surfaces imperméabilisées.

Cette étude a permis de comparer par rapport à la situation actuelle l'augmentation des débits ruisselés. Nous avons proposé sur les bassins versants en cours d'urbanisation et à urbaniser, le dimensionnement de bassins de rétention afin de compenser les apports supplémentaires induits par l'imperméabilisation croissante des sols.

Par ailleurs, parallèlement à l'objectif de la maîtrise des débits de ruissellement et au ralentissement des temps de transfert, il s'agit d'analyser la maîtrise de la charge polluante du ruissellement.

ANNEXES

Annexe 1

Logiciel de modélisation

MOUSE

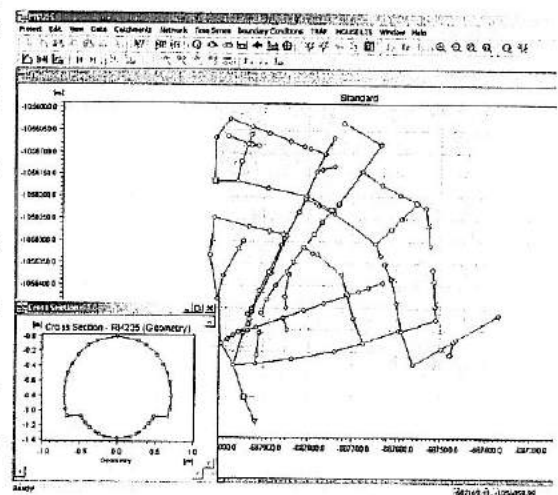
LOGICIEL DE MODELISATION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT ET D'EAUX PLUVIALES

UN LOGICIEL PROFESSIONNEL CONVIVIAL ET PERFORMANT

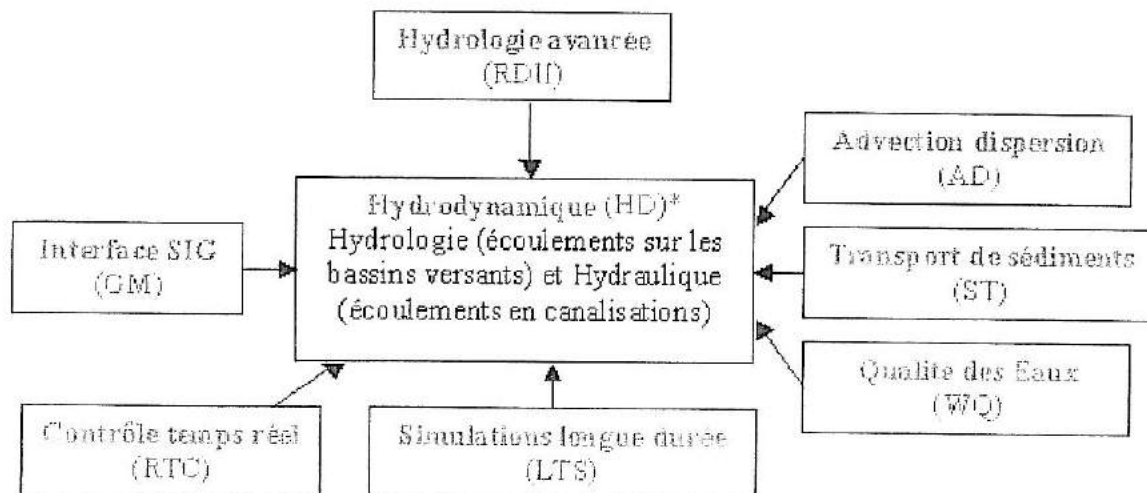
MOUSE est un logiciel professionnel qui permet de simuler les problèmes de ruissellement, les écoulements en conduites, la qualité des eaux et le transport solide sur des bassins versants urbains et dans des systèmes d'assainissement. Le logiciel fonctionne sur tous les réseaux de canalisations comprenant des écoulements à surface libre et des écoulements pressurisés.

Convivial et performant, MOUSE s'applique aussi bien à des réseaux simples qu'à des réseaux complexes avec plusieurs milliers de collecteurs. Il permet de concevoir, de diagnostiquer et de gérer des réseaux, apportant ainsi des résultats sur :

- le dimensionnement et les impacts d'aménagements nouveaux ;
- les périodes de retour de débordements ou de surcharges d'un réseau ;
- les causes de ces débordements (capacité insuffisante des canalisations, remous hydraulique...) ;
- la quantification des rejets polluants vers le milieu naturel ;
- la localisation et la quantification des zones de dépôt de sédiment ;
- etc...



LES MODULES DE MOUSE

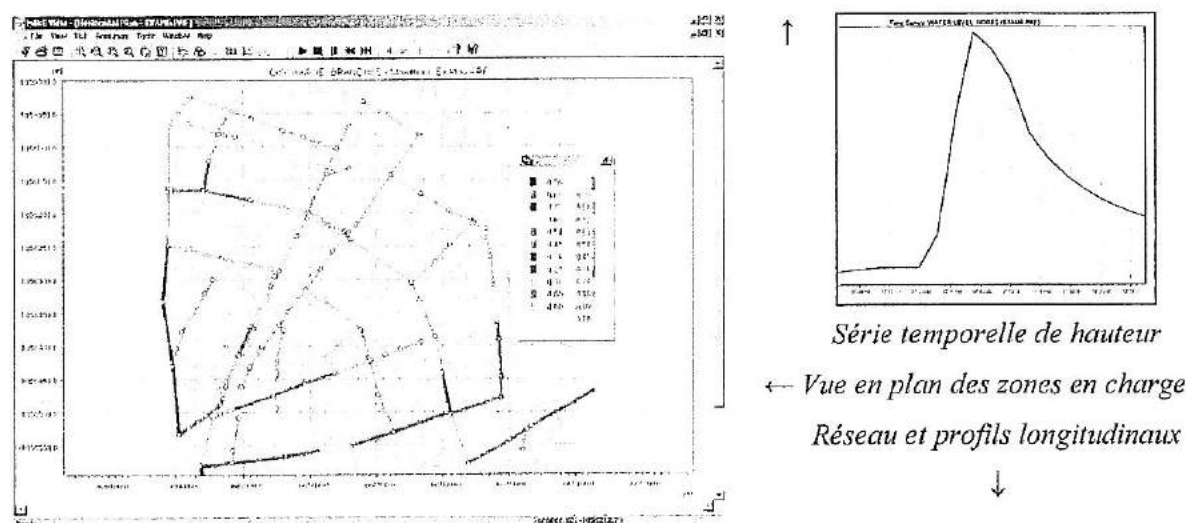


* module de base

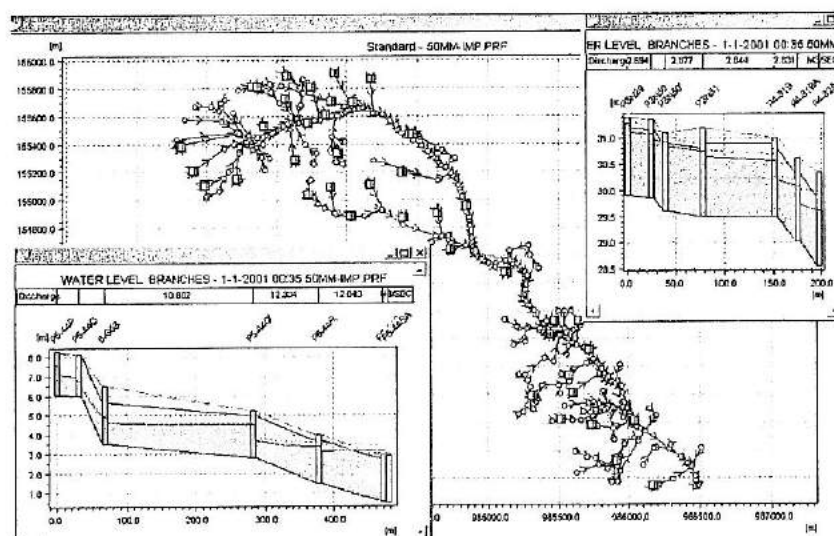


DES OUTILS D'ANALYSE ET DE PRESENTATION PUISSANTS

L'interface utilisateur de MOUSE est tout à la fois conviviale et puissante. Elle permet de saisir, sous forme tabulaire et graphique, les données d'entrée ainsi que de les modifier. L'outil MIKE VIEW permet de visualiser les résultats d'une simulation sous forme d'animations, de vues en plan, de profils en long, de séries temporelles, de courbe de tarage, etc...



Série temporelle de hauteur
 ← Vue en plan des zones en charge
 Réseau et profils longitudinaux



UN OUTIL DE REFERENCE DANS LE MONDE ENTIER

Bénéficiant de plus de 30 ans de développement continu, MOUSE est aujourd'hui l'outil de référence incontesté dans le monde entier. Il est disponible en français et plus de 80 licences ont déjà été vendues en France. Le prix, qui commence à 1600 euros, varie en fonction du nombre de modules et de la taille des modèles. MOUSE a notamment été utilisé pour l'étude de diagnostic du réseau d'assainissement de la ville de Paris, du contrôle en temps réel du système d'assainissement de Boulogne-Billancourt et de Bordeaux.

Sur simple demande, une version de démonstration du logiciel vous sera envoyée gratuitement.

Contact : DHI Eau & Environnement
 1, rue Duguesclin
 44000 Nantes

Tel : 02.40.48.40.40
 Fax : 02.40.48.13.13
<http://www.dhi.fr>
 E-Mail : dhi@dhi.fr

Si l'on admet que le système est linéaire stationnaire, non spatialement distribué, le modèle se présente sous une forme simplifiée :

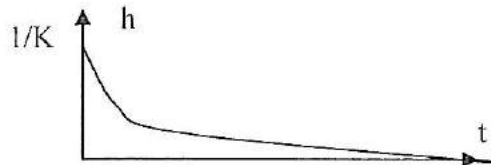
$Q_s(t)$: débit initial ;

$h(t)$: hydrogramme unitaire instantané.

$$K \cdot \frac{dQ_s}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t)$$

$$Q_s(t) = \frac{1}{k} \int Q_e(\tau) \cdot e^{-\frac{t-\tau}{k}} \cdot d\tau + Q_s(0)$$

$$h(t) = \frac{1}{K} e^{-\frac{t}{K}}$$



L'hydrogramme unitaire instantané $h(t)$ est une réponse du modèle à une impulsion unitaire courte : distribution de Dirac. Sous cette forme, $h(t)$ est maximal pour $t=0$.

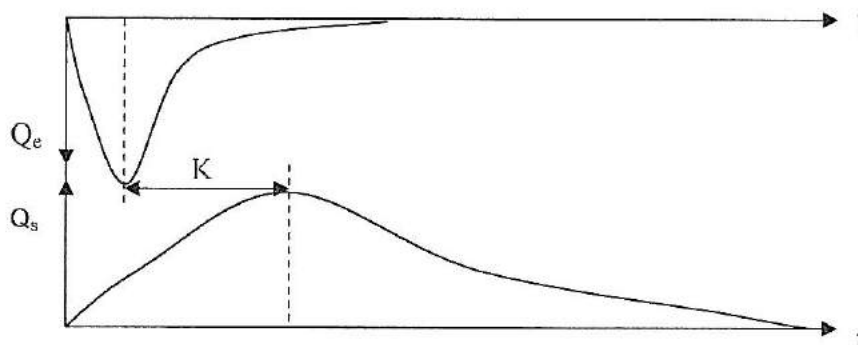


Figure 15 : Hydrogramme de pluie nette et hydrogramme instantané.

K correspond au temps de décalage entre Q_e max et Q_s max. L'amortissement et le décalage sont donc dus au même paramètre. Dans ces conditions, si K tend vers l'infini, le décalage et l'amortissement aussi. Cette notion de l'hydrogramme unitaire impose que le temps de base est infini.

$$K = 0,3175 \cdot A^{-0.0076} \cdot C^{-0.512} \cdot S^{-0.401} \cdot L^{0.608}$$

A : surface du bassin versant ha

C : % de l'aire imperméabilisée

S : pente du BV ‰ (il faut que cette pente soit supérieure ou égale à 1 ‰)

L : longueur du BV m

K ou lag-time (temps de réponse) correspond au décalage des centres de gravité du hydrogramme de pluie et de l'hydrogramme de ruissellement à l'exutoire du bassin versant. Ce paramètre permet en quelque sorte de représenter l'allongement du bassin versant et donc d'obtenir une réponse du BV rapide avec un pic intense (lag-time court) ou plus étalée dans le temps, avec un pic plus faible (lag-time élevé).

Lorsque la surface imperméable du bassin versant est inférieure à 20% : le modèle utilisé est un modèle d'Horton, les paramètres additionnels du modèle C2 (capacités d'infiltration) sont alors utilisés. Ce modèle permet en effet de spécifier les caractéristiques du sol notamment les

Annexe 2

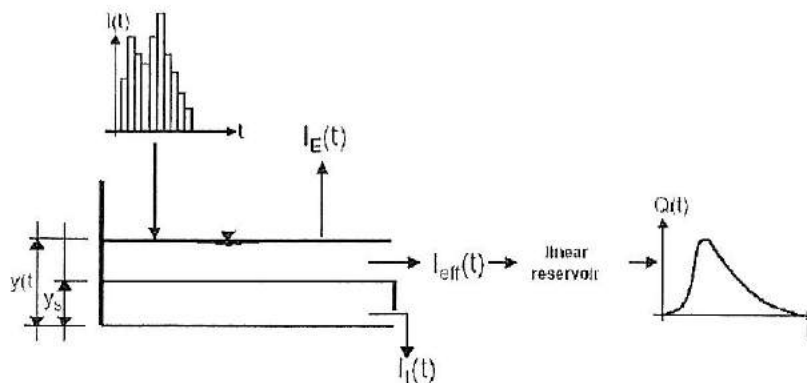
Méthode de calcul

1. Le modèle hydrologique MOUSE (HD)

Le modèle hydrologique utilisé dans cette étude est un modèle à réservoirs linéaires permettant la transformation d'un hydrogramme de pluie nette en un débit à l'exutoire. La loi de stockage dans le réservoir dépend de la hauteur d'eau dans le réservoir.

Ce modèle se compose de :

- Un modèle à simple réservoir linéaire assimilable à un bassin versant urbain, lorsque le pourcentage d'aire imperméabilisée du bassin est supérieur ou égal à 20%.



- Un modèle à double réservoir linéaire assimilable à un bassin versant rural, lorsque le pourcentage d'aire imperméabilisée du bassin est inférieur à 20%.

Le modèle à réservoirs permet la transformation des pluies en débit. Le système est assimilé à un ensemble de réservoirs débitant les uns dans les autres. Le modèle à réservoirs est assimilable à une sous-classe des modèles filtres.

$$\frac{dV_s}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t)$$

$$V_s(t) = F(Q_e(t), Q_s(t), t)$$

La loi de stockage dépend de la vidange du bassin, elle-même fonction de la hauteur d'eau dans le bassin.

Principes des modèles à réservoirs linéaires.

Le modèle à réservoirs linéaires est une fonction de transfert qui permet de transformer un hydrogramme de pluie nette en hydrogramme à l'exutoire.

K : temps de réponse ;

Q_e : débit de pluie nette ;

Q_s : débit à l'exutoire ;

$V_s(t)$: volume stocké dans le bassin versant.

$$\frac{dV_s}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t)$$

$$V_s(t) = K \cdot Q_s(t)$$

capacités d'infiltration (mm/h). Ces valeurs varient en fonction du type de sol et de son état de saturation.

La loi de Horton traduit la variation de la capacité d'infiltration au cours d'une averse. La capacité d'infiltration a une valeur maximale f_0 au début de l'averse, puis cette valeur décroît asymptotiquement pour atteindre une valeur à peu près constante f_c .

Equation d'Horton : $f = f_c + (f_0 - f_c) e^{-Kt}$

f_0 capacité d'infiltration maximum du sol

f_c capacité d'infiltration du sol saturé

K est une constante positive

t le temps écoulé depuis le début de l'averse

Les valeurs d'infiltration sont généralement exprimées en mm/h et les temps en minutes.

2. Le modèle hydrodynamique MOUSE (HD)

Le modèle hydrodynamique MOUSE (HD) résout la totalité des équations d'écoulement de Barré de Saint Venant (régimes permanents et non permanents) ce qui permet de prendre en compte dans les calculs :

- les effets de retour d'eau (débit négatif)
- la mise en charge des conduites
- les écoulements à surface libre
- les conditions aux limites (constantes ou variables dans le temps)
- le stockage dans les bassins de rétention...

Le programme a été développé pour simuler n'importe quel type de système d'assainissement alternant les écoulements en charge et à surface libre et présentant éventuellement des conduites à sections ouvertes (canaux trapézoïdaux,...).

Le principe de résolution s'appuie sur un schéma numérique implicite de différences finies. L'algorithme de calcul utilise un pas de temps de calcul variable qui fournit des résultats précis et valides même sur un réseau maillé. Ce schéma est applicable à des écoulements non stationnaires dans des conduites dont la taille peut varier sur le linéaire et qui peuvent être soumises à des influences hydrauliques aval. Les régimes fluvial et torrentiel sont automatiquement intégrés aux calculs et s'adaptent aux conditions locales d'écoulement.

De plus, les phénomènes hydrauliques tels que les retours d'eau et les mises en charges sont simulés avec précision.

Les différents paragraphes suivants proviennent de la thèse de doctorat de M. Christophe Chamoux (Techniques alternatives en assainissement pluvial : de la théorie à la pratique, 2003) et présentent les équations de Barré de Saint-Venant.

La différence entre les débits entrant et sortant du tronçon limité par les profils P_1 et P_2 provoque une variation du volume contenu dans ce tronçon, donc une variation de la section mouillée moyenne prise par hypothèse égale à :

$$S + \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial L} dL$$

$$\left[Q - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial L} dL \right) - Q_1 dL \right] dt = \left[d \left(S + \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial L} dL \right) \right] dL \text{ comme } \frac{dS}{dt} = \frac{\partial S}{\partial t} + V \frac{\partial S}{\partial L}$$

Généralement, le terme $\frac{V \partial S}{\partial L}$ est négligeable, il vient en ne tenant pas compte des termes d'ordre supérieur au premier ordre :

$$Q_1 = \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial L} \text{ ou en faisant intervenir la vitesse } V = \frac{Q}{S}$$

$$Q_1 = \frac{\partial S}{\partial t} + S \frac{\partial V}{\partial L} + V \frac{\partial S}{\partial L}$$

3.1.1.2. Equation dynamique.

L'équation dynamique est obtenue en projetant sur un axe parallèle au radier, la relation vectorielle résultant du principe fondamental de la dynamique. La somme des forces extérieures, appliquées au système de points matériels, que constitue l'ensemble des molécules de fluide, est égale au taux de variation par rapport au temps de la quantité de mouvement du système :

$$\sum (\vec{F}_e) = \frac{d}{dt} \sum (m_i \vec{V}_i)$$

m_i étant la masse de la particule animée de la vitesse V_i .

3.1.1.2.1. Variation de la projection de la quantité de mouvement.

$$\frac{d}{dt} \left[\sum (m_i V_i) \right] = \rho \left(S + \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial L} dL \right) \frac{dV}{dt}$$

L'accélération d'une particule peut encore s'exprimer en faisant intervenir la variation de la vitesse en un profil fixe :

$$\frac{dV}{dt} \approx \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial L}$$

3.1.1.2.2. Nomenclature des forces extérieures appliquées à la masse fluide considérée.

Trois forces s'expriment au sein du système étudié : les forces de pression, la composante de poids et les efforts tangentiels générés par les forces de frottement.

3.1.1.2.3. Forces de pression.

La différence entre les forces de pression sur les faces P_2 et P_1 peut être approchée en remplaçant H par $H + \frac{\partial H}{\partial L} dL$:

$$dF_H = -\rho g \frac{\partial H}{\partial L} dL \left(S + \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial L} dL \right) \cos \theta$$

En négligeant les termes petits d'ordre supérieur à un :

$$dF_H = -\rho g S \frac{\partial H}{\partial L} dL$$

3.1.1.2.4. Poids.

La composante due au poids suivant l'axe au radier est :

$$P = \rho g dL \left(S + \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial L} dL \right)$$

$$dF_p = P \sin \theta = \rho g dL \left(S + \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial L} dL \right) dL \sin \theta$$

3.1.1.2.5. Forces de frottement.

Les forces de frottement engendrent une perte d'énergie qui se traduit par des pertes de charges (J). Classiquement, ce terme est approché par les formules de MANNING-STRICKLER ou bien de CHEZY.

$$J = \frac{Q^2}{K^2 S^2 R_h^{1/3}} \text{ avec la formule de MANNING-STRICKLER ;}$$

$$J = \frac{V^2}{C^2 R_h} \text{ avec la formule de CHEZY.}$$

R_h : rayon hydraulique (rapport entre la section mouillée et le périmètre mouillé) ;
 V : vitesse (m/s) ;
 Q : débit (m³/s) ;
 K : coefficient de STRICKLER ;
 C : coefficient de CHEZY.

Les forces de frottement se traduisent par un effort tangentiel. D'après la définition de J (pente de la ligne de charge en fonction de l'intensité moyenne de l'effort tranchant ψ), on obtient pour l'effort tangentiel :

$$dF_r = \psi p dL = g dJ \left(S + \frac{1}{2} \frac{\partial S}{\partial L} dL \right) dL \quad (p \text{ est le périmètre mouillé}).$$

En définitive, l'équation dynamique devient une projection :

$$dF_R + dF_T - dF_p = \sum (m \frac{dV}{dt})$$

En confondant $\cos \theta$ avec 1 et $\sin \theta$ avec I, il vient :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial L} + g \frac{\partial V}{\partial L} - gI + gJ = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{1}{g} \frac{dV}{dt} = \frac{\partial H}{\partial L} + I - J \quad \text{puisque} \quad \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial L}$$

Cette méthode globale d'établissement de l'équation dynamique est valable uniquement dans le cas de canaux prismatiques. Si la forme du profil varie longitudinalement, la même équation résultante sera obtenue en considérant un élément cylindrique de longueur ΔL parallèle au fond du canal et de section droite ΔS .

La différence hydrostatique entre les faces P_1 et P_2 extrêmes est :

$$-\rho g \frac{\partial H}{\partial L} dL$$

La perte de charge due aux frottements est :

$$-\rho g J dL \Delta S$$

La composante du poids parallèle au radier est :

$$\rho g I dL \Delta S$$

L'équation de la dynamique s'écrit donc en projection sur l'axe du radier :

$$\rho \Delta \Sigma dL \frac{dV}{dt} = -\rho g \frac{dH}{dL} dL \Delta S + \rho g (I - J) dL \Delta S \quad \text{soit} \quad \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial L} + g \frac{\partial V}{\partial L} - g (g - I) = 0$$

3.1.1.3. Écoulement à surface libre.

Les modèles développés sur la base des équations de Barré Saint-Venant résolvent des écoulements à surface libre. Cependant, lorsque le réseau est en charge, il n'est pas possible d'opérer les modifications de calcul nécessaire. De plus, la longueur du réseau mis en charge est susceptible d'évoluer en fonction du temps. Un artifice de calcul permet de considérer un écoulement à surface libre permanent. Le modèle de la fente de PREISMANN suppose que les conduites sont ouvertes dans leur partie supérieure (fig. 75). Cette ouverture correspond à une fente très peu épaisse en contact avec l'atmosphère.

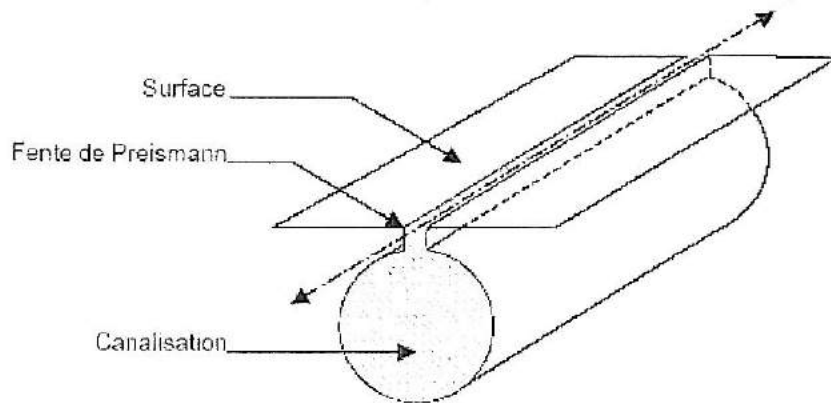


Figure 75 : Schéma du principe de la fente de PREISMANN.

La largeur de cette fente est de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres pour les canalisations et peut atteindre quelques dizaines de centimètres pour les regards, cheminées, etc.

3.1.2. Simplifications des équations de BARRE DE SAINT-VENANT.

Dans l'équation suivante, la pente I est associée à la force de pesanteur g , cela suppose que les valeurs de I doivent rester faibles. D'autre part, le fluide est considéré comme incompressible :

$$\underbrace{\frac{\partial V}{\partial t}}_{(a)} + \underbrace{V \frac{\partial V}{\partial x}}_{(b)} + \underbrace{g \frac{\partial h}{\partial x}}_{(c)} = \underbrace{g(I - J)}_{(d)} + \underbrace{(k-1)}_{(e)} \cdot \underbrace{g \frac{V}{S}}_{(f)}$$

- {a) : terme d'inertie fonction de la vitesse de montée de la crue et du temps ;
- {b) : terme d'accélération convective fonction de la géométrie de l'ouvrage ;
- {c) : terme de la pente de la ligne d'eau ;
- {d) et {e) : termes fonctions de la pente et des forces de frottement ;
- {f) : terme des variations de la quantité de mouvement liée aux débits latéraux.

La grandeur de chacun de ces termes évolue indépendamment selon les conditions d'écoulement. Ainsi, certains peuvent devenir négligeables face aux autres selon les conditions. De ce fait, un certain nombre de modèles simplifiés découlent des équations de BARRE DE SAINT-VENANT et sont adaptés à des conditions bien spécifiques.

3.1.3. Schéma implicite des différences finies.

La résolution des équations de BARRÉ DE SAINT-VENANT peut se faire à partir de deux types de schéma :

- Schéma implicite des différences finies ;
- Schéma explicite des différences finies.

Les schémas des différences finies correspondent à des méthodes de résolution des équations différentielles ou des équations aux dérivées partielles dans lesquelles les opérateurs différentiels sont remplacés par des opérateurs numériques. Ce schéma s'applique ainsi en plusieurs points pour lesquels les différents termes des équations sont discrétisés. L'application de cette méthode suppose que le domaine d'étude soit représenté par un certain nombre de points prédéfinis.

Ce schéma est employé pour simuler des écoulements dans les réseaux. Le moteur de calcul du logiciel Mouse (Danish Hydraulic Institute) s'appuie sur la résolution des équations complètes de Barré Saint-Venant selon un schéma de différences finies mis en œuvre par MIKE ABBOTT en 1954.

La résolution des calculs permettant d'approcher l'évolution des débits, dans le temps et l'espace, se base sur une discrétisation du réseau. Les nœuds représentent les éléments centraux de la matrice. Les collecteurs (branches) sont discrétisés en plusieurs points équidistants (fig. 76).

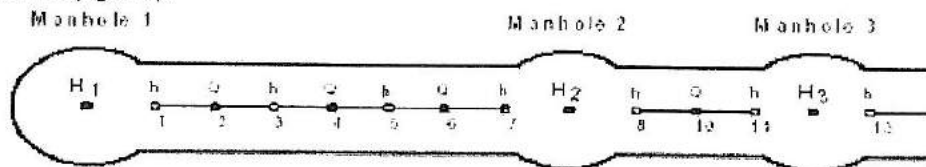


Figure 76 : Discretisation du réseau en points de calcul des débits [D.H.I. 2001].

Le schéma numérique élaboré par MIKE ABBOTT intègre 6 points autour d'un point central. Cette approche permet d'aboutir à une stabilisation des calculs sur la base des valeurs à $+1/2 \Delta t$ et $-1/2 \Delta t$ sur les trois points ($j-1$, j et $j+1$).

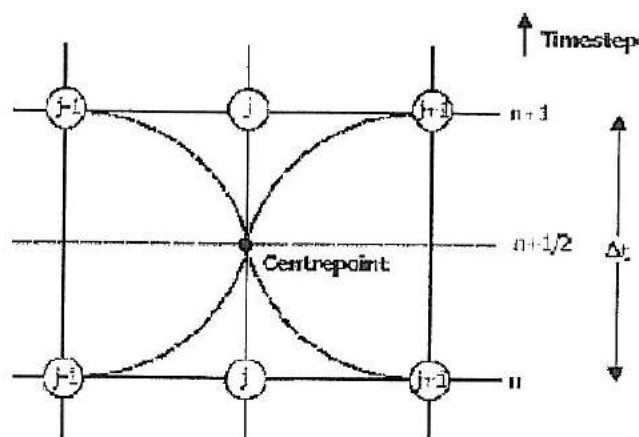


Figure 77 : Schéma implicite de calcul des différences finies [D.H.I. 2001].

Le choix de la valeur du pas de temps est déterminant pour la stabilité du modèle et donc la robustesse des résultats. Le nombre de Courant (C) définit la condition de stabilité des schémas de différences finies explicites. Les travaux de COURANT-FRIEDRISH-LEVY's ont montré que les critères de stabilité, fonction des conditions d'écoulement, sont respectés si :

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} \geq |V \pm \sqrt{g \cdot h}| \text{ ou encore } \frac{\Delta x}{\Delta t} \geq C \text{ avec}$$

Δt : pas de temps ;

Δx : pas d'espace ;

V : vitesse (m.s^{-1}) ;

g : accélération de la pesanteur (m.s^{-2}) ;

h : hauteur d'eau (m).

La valeur limite de C (nombre de courant) doit rester inférieure à 25. Au-delà de cette valeur, les critères de stabilité ne sont plus respectés. Ainsi, la valeur de Δt impose la valeur de Δx prise par le modèle.

$$v \cdot dt \leq dx$$

Si la valeur de Δt est trop grande, le modèle ne pourra pas itérer correctement et stabiliser les calculs pour les parties des réseaux où les changements sont rapides et importants.

A la différence des schémas explicites, les schémas implicites permettent, en prenant des pas de temps très courts, de résoudre directement les équations de BARRE DE SAINT-VENANT :

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{|V \pm \sqrt{g \cdot h}|} \text{ (conditions de COURANT-FRIEDRICH-LEVY's) avec :}$$

Δx : pas choisi dans l'espace ;

Δt : pas choisi dans le temps ;

V : vitesse d'écoulement donnée en m/s ;

g : accélération de la pesanteur donnée en m/s^2 ;

h : hauteur d'eau donnée en m.

3.2. Modèles dérivés des équations de BARRE DE SAINT-VENANT.

Deux types de modèle résultent de la simplification des équations complètes de BARRE DE SAINT-VENANT :

$$\underbrace{\frac{\partial V}{\partial t}}_{(a)} + \underbrace{V \frac{\partial V}{\partial x}}_{(b)} + \underbrace{g \frac{\partial h}{\partial x}}_{(c)} = \underbrace{g(I-J)}_{(d)} + \underbrace{(k-1)}_{(e)} \cdot \underbrace{g \frac{V}{S}}_{(f)}$$

- Modèle dynamique (termes (d) et (e) négligés) dans lequel les forces d'inertie sont prépondérantes et les forces de frottement négligeables.
- Modèles diffusant (termes (a) et (b) négligés) et cinématique (termes (a), (b) et (c) négligés) dans lesquels les forces de frottement sont prépondérantes et les forces d'inertie négligeables.

3.2.1. Modèle de l'onde dynamique.

Le modèle de l'onde dynamique est obtenu en négligeant les termes correspondant aux forces de frottement et à la pente dans les équations de BARRE DE SAINT-VENANT. Ces hypothèses supposent que le modèle doit être appliqué à des ondes de hautes fréquences (impulsions brèves et fréquentes). Ce modèle n'a donc, en théorie, peu d'applications pratiques en hydrologie urbaine.

3.2.2. Modèle de l'onde de crue diffusante.

Le modèle de l'onde de crue diffusante repose sur une expression simplifiée des équations de BARRE DE SAINT-VENANT. Ce modèle est adapté à l'étude de crues dont la variation est très lente. L'expression analytique du modèle est obtenue en négligeant les deux termes d'accélération, dans la seconde équation de BARRE DE SAINT-VENANT, c'est-à-dire les variations de la vitesse en fonction de x et de t :

$$(1) \quad \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} - g \frac{\partial h}{\partial x} = g(I-J) + (k-1)g \frac{V}{S}$$

$$(2) \quad g \frac{\partial h}{\partial x} = g(I-J) \text{ avec } V=0$$

$$(3) \quad \frac{\partial h}{\partial x} = (I-J)$$

L'équation (3) est alors intégrée à l'équation de continuité :

$$(4) \quad c \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} = \gamma \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \text{ avec :}$$

c : célérité de Seddon donnée en m/s ;

h : hauteur d'eau donnée en m ;

I : pente donnée en m/m ;

J : pertes de charge linéaires données en m ;

Q : débit donné en m³/s ;

γ : coefficient de diffusion donné en m²/s.

Ce modèle peut être employé lorsque les écoulements ne sont pas soumis à des influences aval. Ces influences peuvent être aussi bien le résultat d'un ouvrage spécifique (déversoir à seuil, barrage, bassin de rétention, etc.) que de l'hétérogénéité des capacités d'écoulement du réseau.

3.2.3. Modèle de l'onde de crue simple.

Le modèle de l'onde de crue simple correspond au cas où $I=J$ c'est-à-dire que la ligne d'eau est parallèle au fond du cours d'eau. Ainsi, le terme représentant la variation de la hauteur d'eau, dans l'équation du modèle de l'onde de crue diffusante, est négligé :

$$c \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} = 0 \text{ avec :}$$

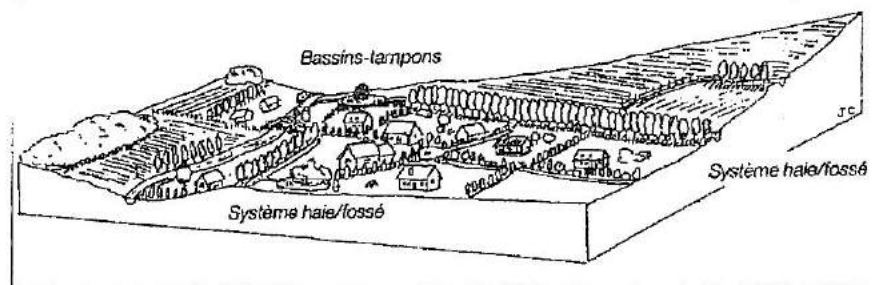
c : célérité de SEDDON donnée en m/s ;

Q : débit donné en m³/s.

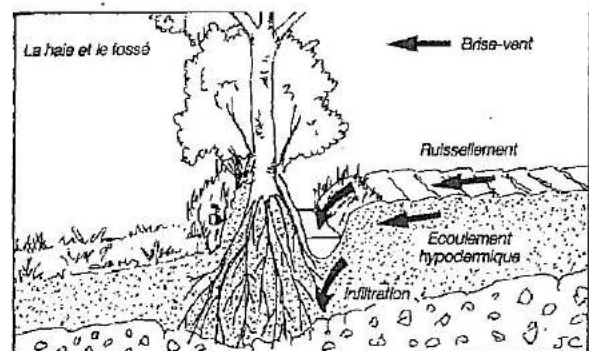
Ce modèle simplifié des équations de BARRE DE SAINT-VENANT peut être employé lorsque les variations du régime hydraulique sont lentes. En d'autre terme, la vitesse moyenne d'écoulement à un instant t peut être rapprochée à celle d'un régime permanent.

Annexe 3

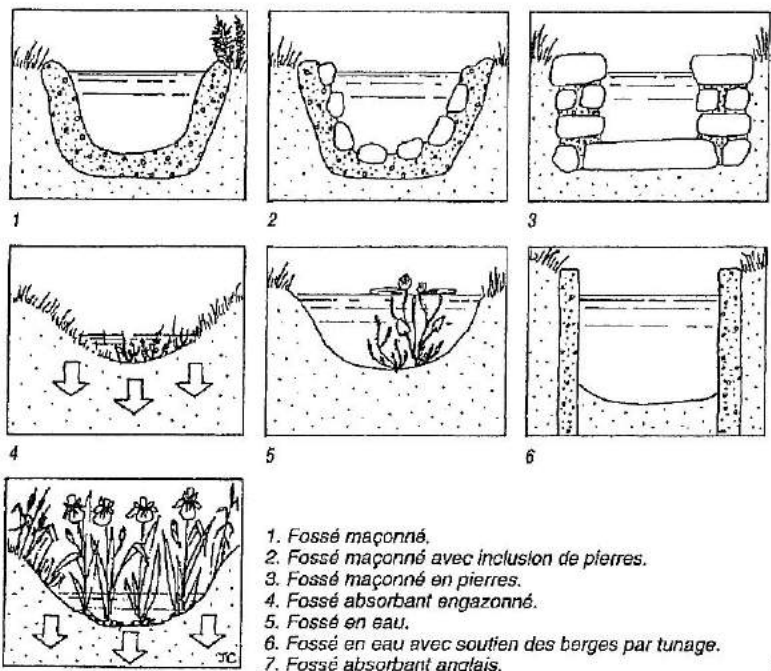
Divers aménagements



Retenir l'eau à l'échelle du bassin versant
par utilisation du système haie-fossé,



Différents types de fossés

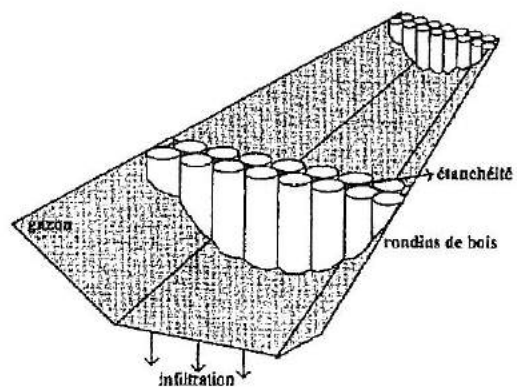


1. Fossé maçonné.
2. Fossé maçonné avec inclusion de pierres.
3. Fossé maçonné en pierres.
4. Fossé absorbant engazonné.
5. Fossé en eau.
6. Fossé en eau avec soutien des berges par tunage.
7. Fossé absorbant anglais.

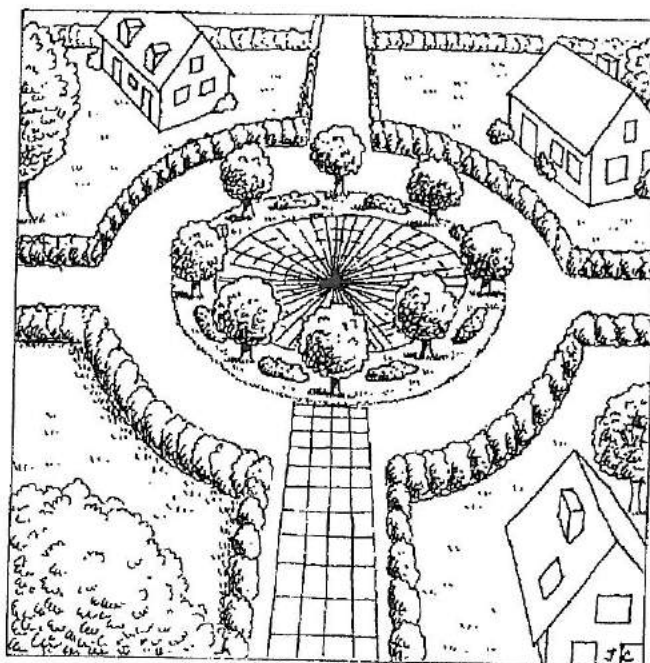
fossé engazonné muni d'une cunette en béton



noue avec cloisons formées de rondins de bois



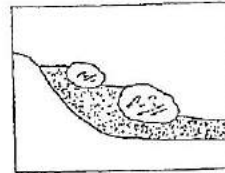
Puits filtrant:
intégration dans une placette



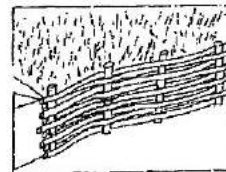
Les bassins en eau

Techniques de maintien des berges

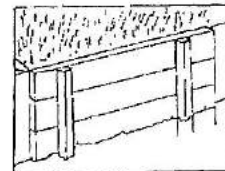
enrochement



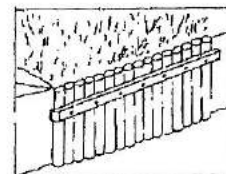
fascinage



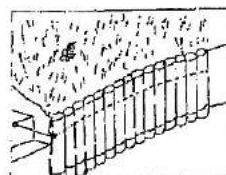
palplanchage

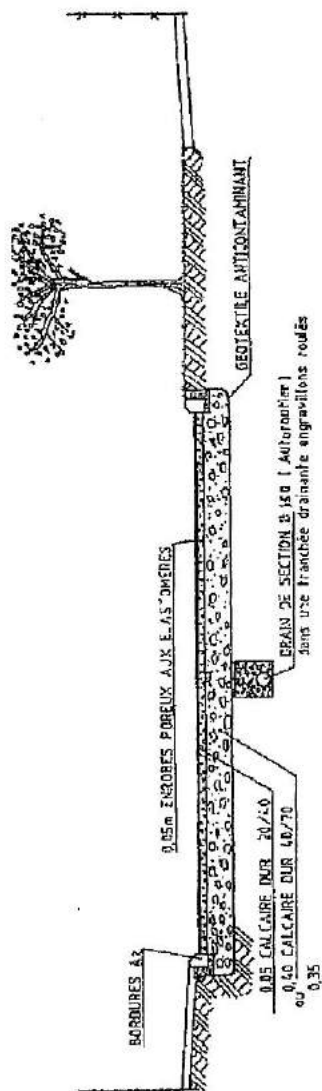


tunage en berge droite



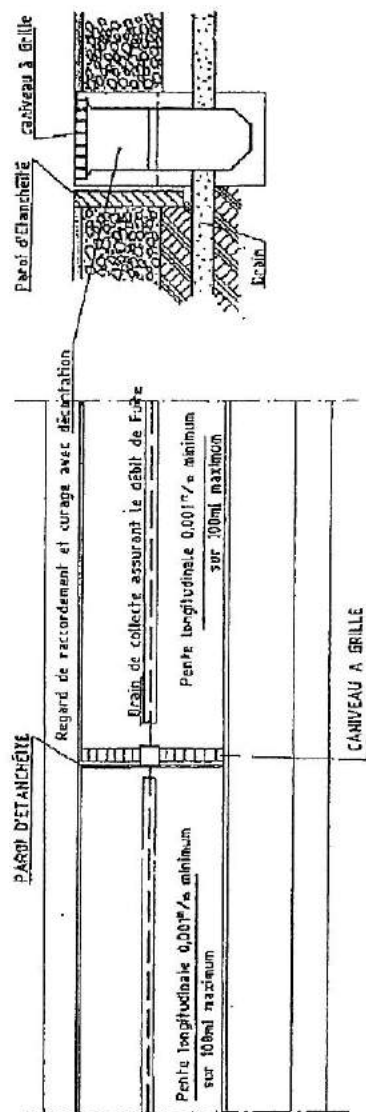
tunage en berge courbe





▲ Coupe transversale du principe de la chaussée drainante.

▼ Coupes longitudinales.



Annexe 4

Analyse d'échantillons d'eau

Z.I DE LANRINOU
29206 LANDERNEAU CEDEX
TEL.: 02 98 25 30 24
FAX : 02 98 25 32 74

LANDERNEAU, 7e 19/07/04

J. N. CARO
Responsable du Laboratoire



Produit analysé		Réf.	Fabrication	Prélèvement	A.E.H.		DEMANDEUR AUT		100715
EAU DIVERSE		304419				2 RUE DU GOUVELOU			
		304420				29600 ST MARTIN DES CHAMPS			100715
HYDROLOGIE		304421				A.E.H.			
		304422				2 RUE DU GOUVELOU			
		304423				29600 ST MARTIN DES CHAMPS			
Réception		IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS							
304419	24/06/04	EXUTOIRE CHAPELLE DE KERSODY							
304420	24/06/04	EXUTOIRE TRAON KER							
304421	24/06/04	RUISSEAU DE KERGUS							
304422	24/06/04	EXUTOIRE LA LANDE							
304423	24/06/04	EXUTOIRE COAT PIN							
Paramètres analysés		RESULTATS							
PH		Unités		304419	304420	304421	304422	304423	
Nitrates en NO3		mg/l		7.30	6.95	7.15	7.25	4.90	
Ammoniaque en NH4		mg/l		27.4	35.4	27.5	0.5	65.2	
DCO		mgO2/l		0.47	0.02	0.04	24.80	0.12	
Conductivité à 25°C en microsiemens		µs/cm		17	12	21	99	10	
Azote Kjeldahl en N		mg/l		247.4	223.3	209.0	709.0	233.5	
				1.44	1.00	1.16	25.91	1.60	

Produit analysé		Réf.		Fabrication		Prélèvement		A.E.H.		DEMANDEUR AUT		100715			
EAU DIVERSE		304424		304425		304426		304427		304428		100715			
Laboratoire		304424		304425		304426		304427		304428		100715			
HYDROLOGIE		304424		304425		304426		304427		304428		100715			
Réception		IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS		RUE D'ARVOR - TREGOR		GOASGWISGUEN		A.E.H.		DEMANDEUR AUT		100715			
304424		24/06/04		EXUTOIRE KERNEVEZ		RUE D'ARVOR - TREGOR		A.E.H.		DEMANDEUR AUT		100715			
304425		24/06/04		EXUTOIRE VIEUX MOULIN		RUE D'ARVOR - TREGOR		A.E.H.		DEMANDEUR AUT		100715			
304426		24/06/04		RUISSEAU DU MENGUEN		RUE D'ARVOR - TREGOR		A.E.H.		DEMANDEUR AUT		100715			
304427		24/06/04		RUISSEAU AMONT FUME		RUE D'ARVOR - TREGOR		A.E.H.		DEMANDEUR AUT		100715			
304428		24/06/04		RUISSEAU AVAL FUME		RUE D'ARVOR - TREGOR		A.E.H.		DEMANDEUR AUT		100715			
RESULTATS															
Paramètres analysés				Unités		304424		304425		304426		304427		304428	
pH.....				mg/l		6.85		7.30		7.35		7.40		7.40	
Nitrates en NO3.....				mg/l		31.1		36.5		38.0		31.9		32.1	
Ammoniaque en NH4.....				mg/l		0.12		0.04		0.03		0.02		0.02	
DCO.....				mgO2/l		10		10		10		10		15	
Conductivité à 25°C en microsiemens.....				µs/cm		297.4		291.2		314.3		213.4		212.8	
Azote Kjeldahl en N.....				mg/l		1.39		1.00		1.00		1.00		1.00	

P. J. N. CARO
 Responsable du Laboratoire

LANDERNEAU, 1e 19/07/04

Produit analysé		Réf.		Fabrication		Prélèvement		DEMANDEUR AUT		100715	
EAU DIVERSE		304819						A.E.H.			
Laboratoire		304820						2 RUE DU GOUELOU			
HYDROLOGIE		304821						29600 ST MARTIN DES CHAMPS		100715	
								A.E.H.			
								2 RUE DU GOUELOU			
								29600 ST MARTIN DES CHAMPS		100715	
								Origine			
IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS											
Réf.		Réception		EAU RUISSEAU QUELERN							
304819		28/06/04		EAU REF. MOULIN DE LA BOISSIER							
304820		28/06/04		EAU REF. PLATEAU ST FIACRE							
304821		28/06/04									
RESULTATS											
Paramètres analysés				Unités		304819		304820		304821	
pH.....						5.85		7.20		8.60	
Conductivité à 25°C en microsiemens						307.6		206.2		1198.0	
Ammoniaque en NH4.....						0.03		0.02		1.46	
Nitrates en NO3.....						64.3		25.8		2.9	
DCO.....						9		15		161	
Azote Kjeldahl en N.....						< 1.00		< 1.00		4.79	
Hydrocarbures. indice CH2.....										3.95	