

PREVENTION DES INONDATIONS : DEFINITION DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT, D'AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES ET LEVES DE REZ- DE-CHAUSSEE

Approche hydrologique globale

Rennes Métropole

2 JANVIER 2020

Contact

ANGUIL GUYLAIN
Chef de projet

T. 06 15 80 80 95
E guylain.anguil@arcadis.com

Arcadis ESG
02 Rue Jacques Brel
CS 10121
44817 Saint Herblain
Cedex
France

SOMMAIRE

1	STATIONS HYDROMETRIQUES	4
1.1	Stations hydrométriques prises en compte	4
1.2	Vérification de la cohérence des données aux stations	5
1.3	Débits aux stations	5
1.3.1	Débit de crue de retour 2 à 50 ans	5
1.3.2	Débit de crue annuel	6
2	DONNEES PLUVIOMETRIQUES	8
2.1	Données à la station de Rennes-St-Jacques	8
3	ETUDES ANTERIEURES	9
3.1	Etude sur la Flume à Pacé	9
3.2	Etudes sur le Meu à Mordelles	9
3.3	Etude sur le Lindon au Rheu	9
3.4	Etude du ruisseau de la Mare	10
3.5	Etudes Vilaine	10
3.6	TRI Vilaine de Rennes à Redon	11
4	DETERMINATION DES LOIS SUPERFICIE-DEBIT	12
4.1	Débits issus des données aux stations	12
4.1.1	Type de formule de détermination des débits	12
4.1.2	Détermination des constantes R, Alpha et Béta	12
4.2	Extrapolation pour l'estimation des débits rares	14
4.3	Vérifications	17
4.3.1	Comparaison des débits estimés (banque hydro et formules)	17
4.3.2	Vérification sur les 4 stations non utilisées pour le calage de la méthode	18
4.3.3	Comparaison avec les résultats d'études antérieures	20
4.4	Conclusion	21
5	BASSINS VERSANTS DE 1 A 10 KM²	23
5.1	Méthode transition	23
5.2	Méthode rationnelle	23
5.2.1	Méthode rationnelle	23
5.2.2	Estimation du temps de concentration	24
	COLOPHON	36

1 STATIONS HYDROMETRIQUES

1.1 Stations hydrométriques prises en compte

L'étude hydrologique vise à définir une méthodologie de détermination simple des débits de pointe de crue pour les cours d'eau de Rennes Métropole.

Cette détermination des débits ne concerne pas la Vilaine et l'Ille, déjà bien étudiés dans le cadre de nombreuses études existantes et/ou en cours.

Sur le territoire de Rennes Métropole, il est recensé 14 stations hydrométriques ou limnigraphiques, dont 8 sur la Vilaine ou l'Ille. Autour de Rennes Métropole, il est recensé 12 stations hydrométriques sur des cours d'eau (autres que la Vilaine ou l'Ille). Soit potentiellement 18 stations de mesures exploitables dans le cadre de la présente étude.

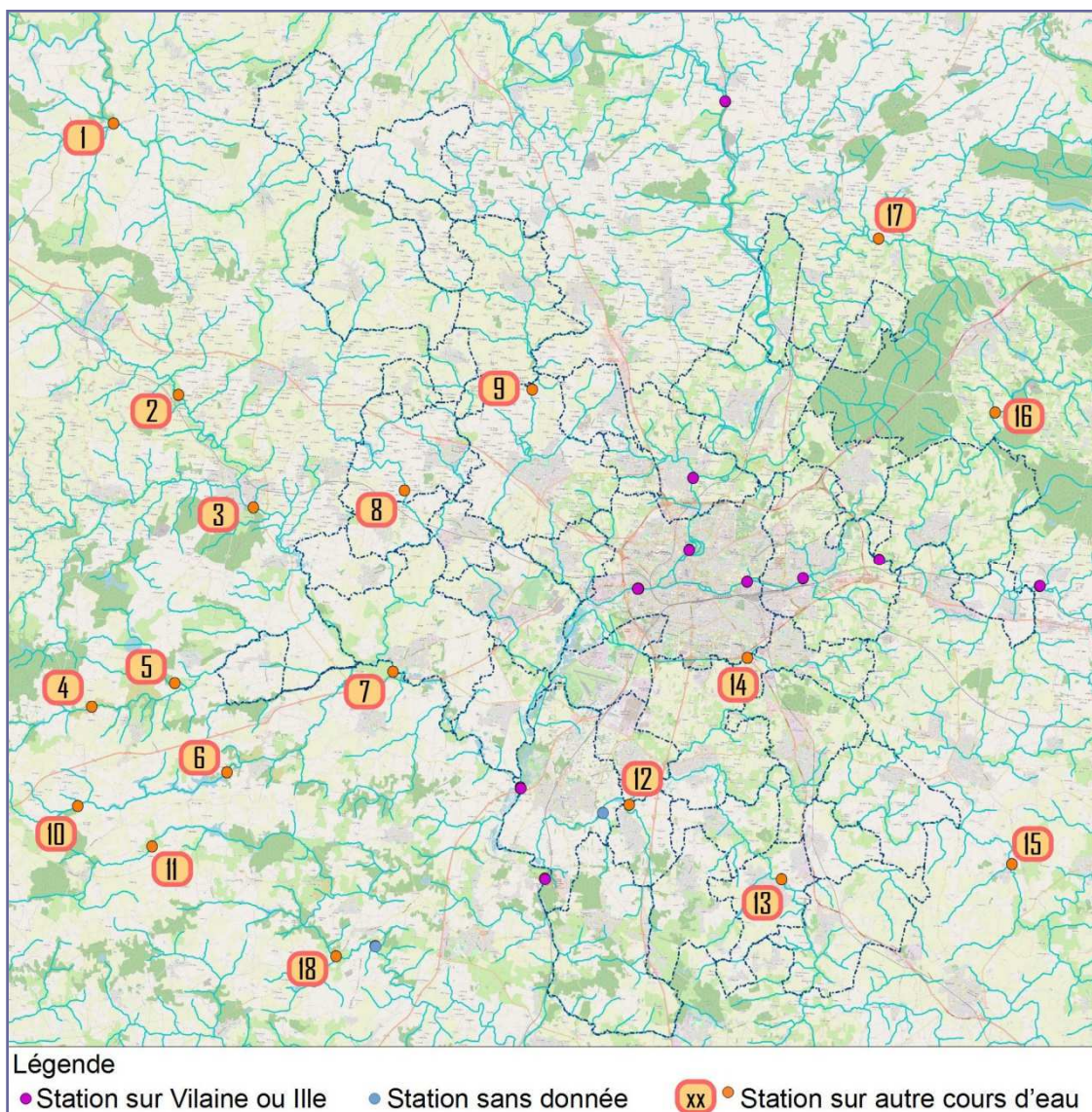


Figure 1 - Plan de situation des stations de mesures Rennes Métropole et alentour

Le tableau ci-après précise les 18 stations présentées sur le plan de situation ci-avant :

N° station	Nom du cours d'eau	Commune / point de mesure	Superficie reprise (km ²)	Période de mesure	Données de crues	Statistique sur débit
1	Néal	Médreac	82	1967-2019	Oui, 52 ans	Oui
2	Garun	Iffendic	95	2009-2019	Oui, 10 ans	Non exploitable
3	Meu	Montfort-sur-Meu	468	1968-2019	Oui, 52 ans	Oui
4	Serein	Treffendel	13,8	1968-1989	Oui, 21 ans	Oui
5	Careil	Monterfil - La Violais	13,8	1968-1990	Oui, 22 ans	Oui
6	Chèze	Saint-Thurial	30,7	1968-1973	Oui, 5 ans	Non exploitable
7	Meu	Bréal-sous-Montfort - Mordelles	?	?	Non	Non
8	Vaunoise	Saint-Gilles	61	1972-1990	Oui	Oui
9	Flume	Pacé	93	1978-2019	Oui, 42 ans	Oui
10	Chèze	Plélan-le-Grand	9,3	1989-2019	Oui, 30 ans	Oui
11	Canut nord	Maxent	26,3	1989-2019	Oui, 30 ans	Oui
12	Seiche	Pont-Péan	786	1967-2019	Oui, 53 ans	Oui
13	Ise	Bourgbarré	89	2015-2019	Non	Non
14	Blosne	Chantepie	25,5	1982-1984	Non	Non
15	Seiche	Amanlis	519	2013-2019	Oui, 6 ans	Non exploitable
16	Veuve/Chevré	La Bouëxière	153	1962-2019	Oui, 58 ans	Oui
17	Illet	Chasné-sur-Illet	107	1990-2019	Oui, 30 ans	Oui
18	Canut nord	Lassy – le Pont de Lassy	91	1994-2000	Oui, 6 ans	Non exploitable

Sur les 18 stations, seules 11 ont assez d'années de données pour être exploitables (nous considérons qu'au moins 15 à 20 ans de données sont nécessaires pour assurer une vérification de la courbe de tarage et une statistique fiable) pour la statistique sur les crues. Les données de 4 autres (Garun, Chèze, Seiche et Canut nord à Lassy) pourront peut-être être utilisées en vérification de l'outil de détermination des débits.

1.2 Vérification de la cohérence des données aux stations

Afin d'éviter les biais dans les outils de statistiques et de corrélation, il est nécessaire de s'assurer que les mesures aux stations ne semblent pas présenter d'incohérence.

Il apparaît que les débits spécifiques mesurés à la station sur la Vaunoise sont très faibles en comparaison des autres stations proches et/ou ayant un bassin versant repris de taille similaire. Cette station a été arrêtée en 1990, et ces mesures sont jugées douteuses par la DREAL.

Nous faisons donc le choix de ne pas prendre en compte les données de cette station dans la suite de notre étude.

L'ensemble des autres données ne présente pas d'incohérence flagrante, nous considérons donc qu'elles sont exploitables en l'état. Ainsi, l'étude sera effectuée sur la base de données.

1.3 Débits aux stations

1.3.1 Débit de crue de retour 2 à 50 ans

Le tableau suivant indique les débits de pointes des crues de retour de 2 à 50 ans, issues des synthèses des données aux stations retenues (les tableaux de synthèses se situent en annexe 1).

N° station	Nom du cours d'eau lieu de mesure	Superficie reprise (km ²)	Débit (m ³ /s) de pointe de crue de retour				
			2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans
1	Néal Médreac	82	10	16	20	24	29
3	Meu Montfort-sur-Meu	468	39	59	72	85	100
4	Serein Treffendel	13,8	2,7	4,1	5,1	6,0	Non estimé
5	Careil Monterfil - La Violais	13,8	2,6	3,9	4,8	5,6	6,7
9	Flume Pacé	93	8,3	13	16	19	23
10	Chèze Plélan-le-Grand	9,3	2,4	3,6	4,3	5,1	6,0
11	Canut nord Maxent	26,3	4,6	6,5	7,7	8,9	10
12	Seiche Pont-Péan	786	37	56	69	81	96
16	Veuve / Chevré La Bouëxière	153	20	29	35	41	49
17	Illet Chasné-sur-Illet	107	12	19	23	27	32

1.3.2 Débit de crue annuel

Le débit de pointe des crues annuelles a été défini à chaque station par prolongation des droites de l'ajustement de Gumbel.

N° station	Nom du cours d'eau lieu de mesure	Superficie reprise (km ²)	Débit de pointe de période de retour 1 ans (m ³ /s)
1	Néal Médréac	82	8,1
3	Meu Montfort-sur-Meu	468	32,1
4	Serein Treffendel	13,8	2,2
5	Careil Monterfil - La Violais	13,8	2,2
9	Flume Pacé	93	6,8
10	Chèze Plélan-le-Grand	9,3	2,0
11	Canut nord Maxent	26,3	4,0
12	Seiche Pont-Péan	786	30,5
16	Veuve / Chevré La Bouëxière	153	16,0
17	Illet Chasné-sur-Illet	107	10,2

2 DONNEES PLUVIOMETRIQUES

2.1 Données à la station de Rennes-St-Jacques

Les intensités et hauteurs de précipitation s'estiment par les formules de Montana suivantes :

$$I = 60 \cdot a \cdot t^{-b} \quad H = a \cdot t^{1-b}$$

Avec I Intensité de la pluie (mm/h)

H Hauteur de précipitation (mm)

t Durée de la pluie (min)

a et b Coefficients de Montana calculés localement

Les coefficients a et b de la formule de Montana ont été estimés par les services de Rennes Métropole à partir des données brutes de pluies mesurées à Rennes-St-Jacques par Météo France de 1969 à 2015.

La présente étude porte sur les cours d'eau, seuls les coefficients de Montana pour les pluies de durée supérieure à 6 heures et les périodes de retour de 1 an et plus ont été pris en compte :

Période retour de la pluie	Pluie de durée 6 à 24 heures		Estimation de la pluie journalière ¹ (mm)
	a	b	
1 an	4,688	0,747	25,9
2 ans	5,916	0,760	29,7
5 ans	7,846	0,764	38,3
10 ans	9,325	0,77	43,6
20 ans	10,758	0,775	48,5
30 ans	11,586	0,777	51,4
50 ans	12,626	0,779	55,3
100 ans	14,033	0,782	60,1

Le débit journalier a été estimé avec la méthode Weiss : $P_j = \frac{P_{24h}}{1,14}$, avec P_{24h} estimé avec la formule de Montana.

¹ La pluie de durée 24h est différente de la pluie journalière : la première est centrée sur l'évènement pluvieux, alors que la seconde est mesurée tous les jours à la même heure (pas de mesure fixe). Le coefficient Weiss permet de corriger cette variation. Ainsi, $P_{24h} = 1,14 P_j$

3 ETUDES ANTERIEURES

Plusieurs études hydrologiques et hydrauliques ont déjà été réalisées sur le bassin de Rennes Métropole : une synthèse des éléments issus de ces études est présentée ci-après

3.1 Etude sur la Flume à Pacé

BCEOM a réalisé une étude en 2001 sur la Flume.

Elle se base sur les débits décennaux et centennaux à la station (calculés par statistique sur 22 années de données).

Nom du cours d'eau et lieu d'estimation	Superficie reprise (km ²)	Débit de retour 10 ans (m ³ /s)	Débit de retour 100 ans (m ³ /s)
Flume à Pacé	93	17	33

L'extrapolation entre les données à la station et les deux points de calcul (pont de Pacé et exutoire) a été réalisée par interpolation avec la formule de Myer, avec $\beta=0,8$ (voir en annexe 2 l'explication de la formule de Myer).

3.2 Etudes sur le Meu à Mordelles

Egis Eau a réalisé une étude en 2008 sur le Meu au droit de la RN24. Elle recense les différentes estimations du débit du Meu réalisées dans les nombreuses études antérieures. Egis Eau retient ensuite les valeurs suivantes :

Nom du cours d'eau et lieu d'estimation	Superficie reprise (km ²)	Débit de retour 10 ans (m ³ /s)	Débit de retour 100 ans (m ³ /s)
Meu à Montfort-sur-Meu	468	73	140
Meu à Mordelles	775	x	178

3.3 Etude sur le Lindon au Rheu

Artélia a réalisé une étude en 2015 sur le Lindon sur la commune du Rheu.

Ce cours d'eau n'étant pas suivi hydrométriquement, les débits ont été déterminés par une moyenne des résultats de différentes méthodes :

- Par extrapolation des données aux stations proches par la formule de Myer, avec $\beta=0,7$
- Par la méthode rationnelle
- Par la méthode Socose (uniquement pour Q10)

Nom du cours d'eau et lieu d'estimation	Superficie reprise (km ²)	Débit de retour 10 ans (m ³ /s)	Débit de retour 100 ans (m ³ /s)
Lindon au Rheu	15,3	5,4	10,8

3.4 Etude du ruisseau de la Mare

Le Cabinet Bourgeois a réalisé une étude sur le ruisseau de la Mare en 2002.

Les débits des évènements historiques ont été estimés par recalage des conditions d'écoulement à un point particulier.

Les débits décennaux et centennaux ont ensuite été estimés par la méthode du Gradex, à partir des débits historiques estimés.

Nom du cours d'eau et lieu d'estimation	Superficie reprise (km ²)	Débit de retour 10 ans (m ³ /s)	Débit de retour 100 ans (m ³ /s)
Mare à Pacé (RD29)	5,6	3 à 3,5	8
Ruisseau du Petit Marais (exutoire)	3,3	0,9	2,3

3.5 Etudes Vilaine

De nombreuses études ont été menées sur la Vilaine.

Le rapport « modélisation du bassin de la Vilaine – Etude hydrologique » Safège 2005 est le rapport d'étude qui sert de base hydrologique à la majorité des études réalisées ensuite.

Dans le cadre de cette étude, les données aux stations ont été recueillies, afin d'estimer les débits de pointe de la Vilaine, de l'Oust et de leurs affluents principaux, pour des périodes de retour allant de 2 à 100 ans. L'étude a aussi porté sur l'analyse des crues historiques.

En terme d'estimations des débits :

- Les débits de crues de période de retour de 2 à 10 ans ont été estimés à partir d'un ajustement de Gumbel
- Les débits de période de période allant de 20 à 100 ans ont été estimés par la méthode des Gradex, avec intégration de l'abattement spatial des pluies

Nom du cours d'eau et lieu d'estimation	Superficie reprise (km ²)	2 ans (m ³ /s)	5 ans (m ³ /s)	10 ans (m ³ /s)	20 ans (m ³ /s)	30 ans (m ³ /s)	50 ans (m ³ /s)	100 ans (m ³ /s)
Canut nord à Maxent	26	5	6	7	9	10	10	12
Chevré à La Bouëxière	153	18	26	32	42	47	54	63
Chèze à Plélan	9.3	2	3	4	5	5	6	6
Flume à Pacé	93	8	13	17	24	27	32	38
Illet à Chasné	107	11	16	20	28	33	38	45
Meu à Montfort	468	40	63	78	100	110	125	140
Seiche à Bruz	820	39	61	75	100	115	130	150

De plus, l'étude précise qu'il est possible de déterminer les débits en d'autres points selon deux méthodes :

- Sur les cours d'eau jaugés, en utilisant la méthode de Myer, avec β estimé dans le rapport entre 0,71 et 0,74 selon la période de retour de la crue. Dans le cas de point de calcul situé entre 2 stations, il est conseillé d'estimer spécifiquement le β correspondant.
- Sur les autres cours d'eau, en utilisant la formule $Q=a.S^\beta$ avec les coefficients a et β estimé dans le rapport.

Les coefficients a et β ont été estimés par optimisation des moindres carrés sur la base des débits aux stations des bassins versants inférieurs à 820 km².

Pour l'analyse des crues historiques, le rapport indique plusieurs éléments :

- Les fortes crues se produisent de façon presque systématique en hiver, sur la période de décembre à mars.
- Les fortes crues sur le bassin de la Vilaine se produisent donc après une certaine saturation des sols, résultats de précipitations peu marquées en intensité mais soutenues dans leur durée (plusieurs jours à dizaines de jours), avec un évènement pluvieux « déclencheur »
- Aussi bien les précipitations sur la longue durée que l'évènement déclencheur présentent des périodes de retour faible à moyennes.

3.6 TRI Vilaine de Rennes à Redon

Une étude hydrologique a été menée par la DREAL dans le cadre des études concernant le Territoire à Risque Important (TRI) de la Vilaine de Rennes à Redon.

Cette étude a estimé les débits de pointes de la Vilaine et de ses principaux affluents au droit des divers stations hydrométriques. La méthode mise en œuvre est la même que pour l'étude hydrologique de modélisation du bassin de la Vilaine de Safège (voir paragraphe précédent).

Nom du cours d'eau	Superficie reprise (km ²)	10 ans (m ³ /s)	20 ans (m ³ /s)	100 ans (PPRI) (m ³ /s)	100 ans Gradex (m ³ /s)	1000 ans Gradex (m ³ /s)
Chevré	152	32	38	60	57	84
Flume	91	16	21	40	34	53
Illet	117	21	27	-	42	64
Meu	474	71	90	140	132	195
Seiche²	822	78	100	160	113	129

² Sur la Seiche, les valeurs indiquées dans le TRI diffèrent fortement entre le corps du texte et les annexes. Ainsi Q1000 est de 129 m³/s dans la feuille de calcul et 227 m³/s dans le corps du texte.

4 DETERMINATION DES LOIS SUPERFICIE-DEBIT

4.1 Débits issus des données aux stations

Les débits de crues de période de retour allant de 1 à 20 ans peuvent être estimés par corrélation des données aux stations.

4.1.1 Type de formule de détermination des débits

La formule de détermination des débits prendra une forme classique :

$$Q_T = R \cdot P_{J,T}^2 \cdot S^\beta$$

Avec Q_T Débit de pointe de période de retour T ans (en m³/s)

$P_{J,T}$ Pluie journalière de retour T ans (en mm)

S Superficie du bassin versant repris (en km²)

R Constante de calage

β Coefficient régional (constante), aussi appelé coefficient de Myer

Les coefficients R et β sont déterminés par corrélation avec les données existantes sur le secteur.

4.1.2 Détermination des constantes R, Alpha et Béta

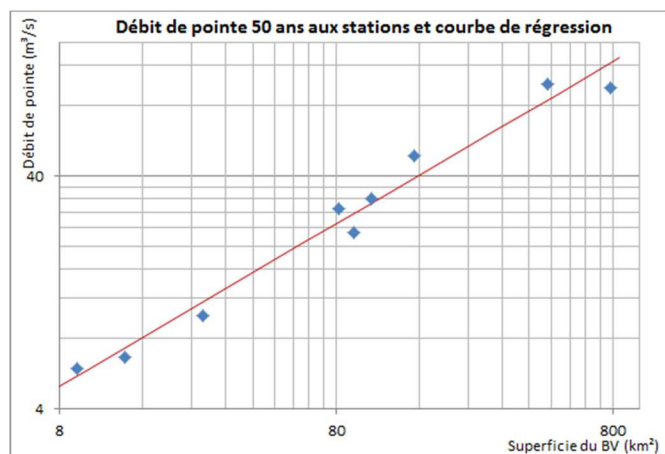
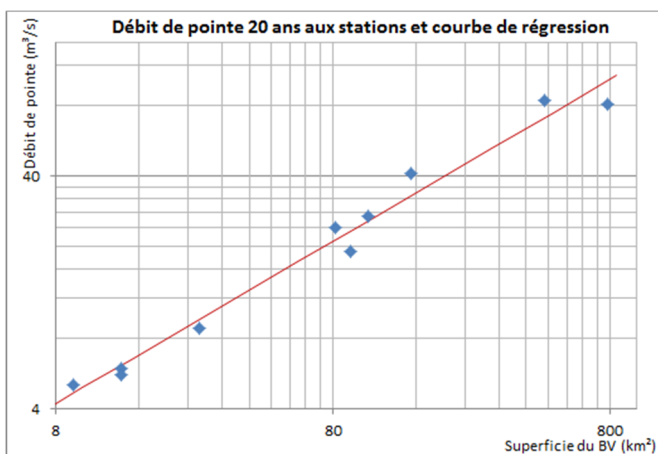
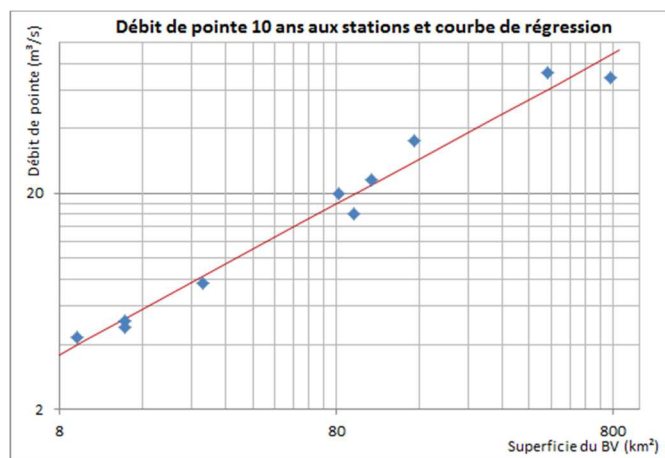
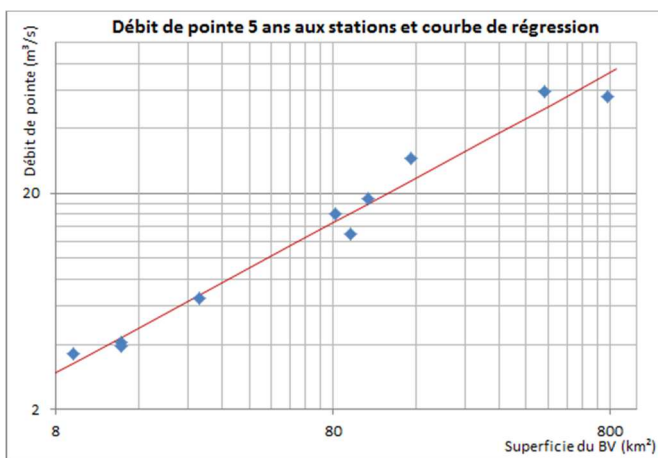
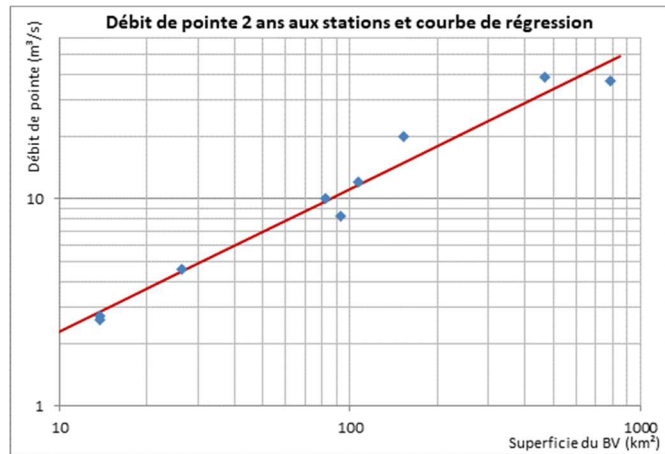
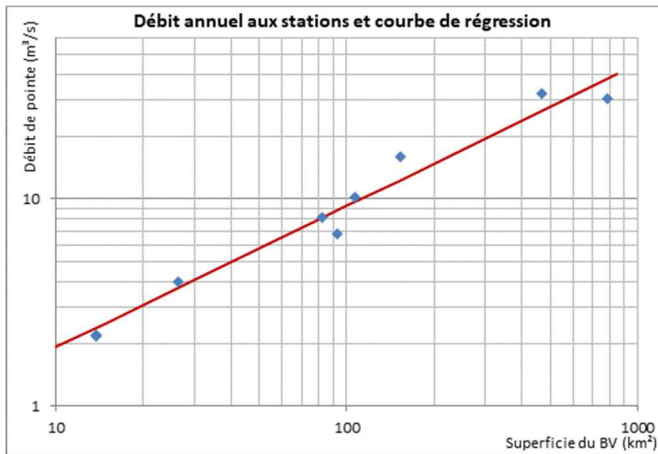
Pour chaque période de retour, une étude de corrélation a été réalisée, afin de déterminer les coefficients R et β .

Il a été considéré que les données pluviométriques à la station de Rennes Métropole étaient représentatives des pluies sur les bassins versants concernés.

Rappel : les pluies journalières non centrées retenues sont :

Période retour de la pluie	Hauteur de précipitation journalière à Rennes-St-Jacques (mm)
1 an	25,9
2 ans	29,7
5 ans	38,3
10 ans	43,6
20 ans	48,5
30 ans	51,4
50 ans	55,3
100 ans	60,1

Voici les graphiques de corrélation pour les périodes de retour 1, 2, 5, 10, 20 et 50 ans



Le tableau ci-après donne les valeurs de α , β et R retenues, ainsi que le coefficient de détermination R^2 . Pour une lecture plus facile, la formule associée a été ré-écrite :

$$Q_T = \alpha \cdot S^\beta \quad \text{avec } \alpha = R \cdot P_{J,T}^2$$

Avec Q_T Débit de pointe de période de retour T ans (en m^3/s)

$P_{J,T}$ Pluie journalière de retour T ans (en mm)

S Superficie du bassin versant repris (en km^2)

α , β et R Constantes de calage

L'écriture sans intégrer les pluies journalières (donc avec les constantes α et β) est plus réaliste du fonctionnement des cours d'eau de Rennes Métropole : en effet, la grande majorité des crues historiques sont des crues d'hiver (entre mi-décembre et mi-mars). Mis à part le cas exceptionnel de la crue de janvier 1995, les autres crues ont fait suite à des épisodes pluvieux long (5 à 10 jours), de période de retour moyen (10 à 20 ans maximum), et d'un épisode « déclenchant », ponctuellement plus intense mais de faible période de retour (de l'ordre de 5 ans maximum). Le cas plus spécifique de l'hiver 2000-2001, durant lequel les pluies ont été très modérées en intensité, mais quasi constantes sur l'hiver, entraînant une saturation des sols et 4 épisodes de crues. Aussi, il n'y a pas de corrélation réelle entre la pluviométrie journalière et les débits de crues des cours d'eau jaugés étudiés.

Période retour	Pluie journalière (mm)	Coefficient α	Coefficient β	Coefficient R	Coefficient de détermination R^2
1 an	25,9	0,40	0,69	$4,49.10^{-4}$	0,97
2 ans	29,7	0,47	0,69	$5,33.10^{-4}$	0,97
5 ans	38,3	0,70	0,69	$4,76.10^{-4}$	0,98
10 ans	43,6	0,84	0,70	$4,44.10^{-4}$	0,98
20 ans	48,5	0,99	0,70	$4,21.10^{-4}$	0,98
50 ans	55,3	1,18	0,70	$3,83.10^{-4}$	0,98

4.2 Extrapolation pour l'estimation des débits rares

Les débits aux stations ont été estimés à partir de données s'étalant sur 22 à 58 années. De ce fait, les estimations des débits de retour 50 ans et au-delà sont soumises à incertitude.

La méthode du Gradex est une méthode qui permet d'extrapoler les débits, afin d'estimer les débits de crue rares à extrêmement rares : lors d'événements pluvieux de temps de retour supérieur à 10 ans, la quasi-totalité de la pluie ruisselle. Un tel phénomène entraîne une rupture de la pente de la relation du débit en fonction du temps de retour, au niveau du débit décennal.

Le Gradex progressif améliore la méthode du Gradex, en utilisant les principes de la méthode agrégée, mais en faisant abstraction des données hydrométriques de crues rares. Cette méthode reprend l'hypothèse principale de la méthode du Gradex, mais permet de lisser la cassure de pente en intégrant une zone de transition pour les pentes des débits entre les temps de retour inférieurs à 10 ans et ceux supérieurs à 100 ans (voir schéma ci-après). Cette méthode représente au mieux la réponse d'un bassin versant à un événement d'un temps de retour supérieur à 10 ans, mais non rare ($10 < T < 200$ ans). Elle reste toutefois utilisable pour des événements rares.

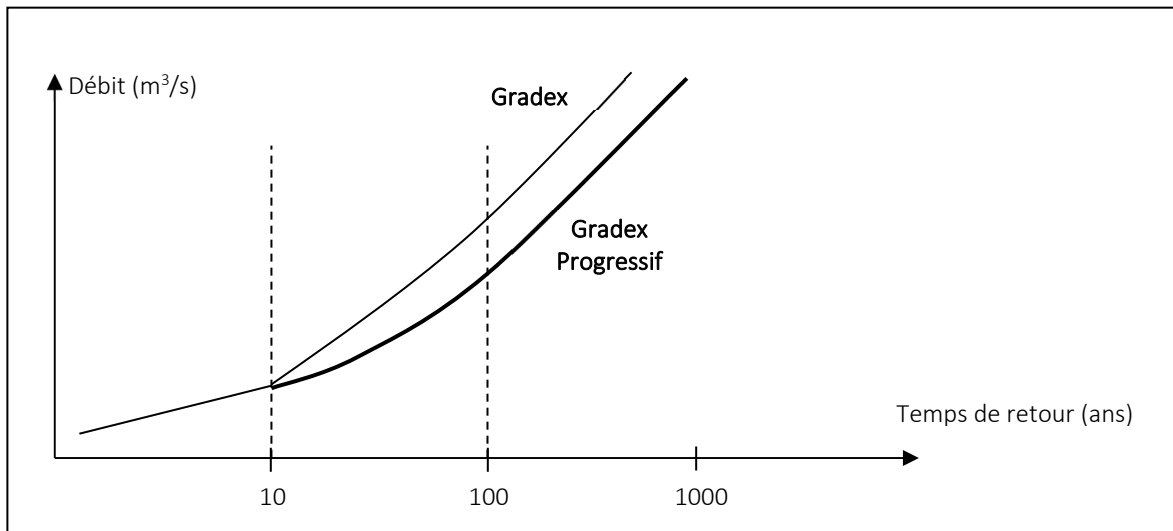


Figure 2 - Schéma explicatif des méthodes du Gradex et du Gradex Progressif

La formule de calcul du débit de temps de retour T est :

$$Q_T = Q_{10} + Gp_i \cdot \ln \left[1 + \frac{Gq_i}{Gp_i} \left(\frac{T - 10}{10} \right) \right]$$

Avec : T Période de retour de la crue à estimer

Q_T Débit journalier de période de retour T (m³/s)

Q_{10} Débit journalier décennal (m³/s)

Gp_i Gradex des débits de crues supérieures à 10 ans (m³/s)

Gq_i Gradex des débits de crues inférieures à 10 ans (m³/s)

Pour chaque station étudiée, les estimations des débits de pointe des crues de retour 2, 5, 10 et 20 ans sont considérées comme bonnes (assez d'années de mesures pour estimer ces périodes de retour).

La formule du Gradex progressif peut être utilisée avec ces données pour estimer les gradex des débits (Gp_i et Gq_i), ce qui permet ensuite d'estimer les débits de pointe de crue de retour 30 à 1000 ans. Les valeurs des gradex sont estimées en intervalle de confiance, car ils dépendent de deux facteurs méconnus :

- Le rapport Q_{ix}/Q_j (débit de pointe de crue sur débit journalier de crue), qui varie entre 1,1 et 1,5 selon les typologies des bassins versants.
- L'incertitude sur le gradex des débits de crues inférieures à 10 ans, liés aux données Q_2 , Q_5 et Q_{10} .

Le tableau ci-après donne les résultats de l'estimation des débits par la méthode du Gradex progressif recalée sur les données aux stations.

N° station	Nom du cours d'eau lieu de mesure	Superficie reprise (km ²)	Gq _i (m ³ /s)	Gp _i (m ³ /s)	Débit (m ³ /s) de pointe de crue de retour			
					Q30	Q50	Q100	Q1000
1	Néal Médreac	82	[5,31-5,33]	[4,86-6,62]	26.6	30.0	34.8	51.3
3	Meu Montfort-sur-Meu	468	[17,3-17,5]	[10,7-21,5]	92.9 [92,4-93,5]	103 [102-104]	117 [114-117]	164 [155-174]
4	Serein Treffendel	13,8	[1,27-1,33]	[0,61-1,11]	6.5	7.1 [7,0-7,2]	7.9 [7,7-8,0]	10.5 [10,1-10,9]
5	Careil Monterfil - La Violais	13,8	[1,17-1,2]	[0,53-0,95]	6.0 [6,0-6,1]	6.6 [6,5-6,6]	7.2 [7,1-7,4]	9.5 [9,2-9,8]
9	Flume Pacé	93	[4,0-4,09]	[2,48-4,97]	20.8 [20,7-20,9]	23.1 [22,8-23,5]	26.4 [25,7-27,1]	37.2 [35,0-39,5]
10	Chèze Plélan-le-Grand	9,3	[0,93-1,01]	[0,94-2,43]	5.7 [5,6-5,7]	6.5 [6,3-6,6]	7.7 [7,3-8,1]	12.2 [10,6-13,8]
11	Canut nord Maxent	26,3	[1,6-1,65]	[0,99-1,99]	9.6 [9,6-9,7]	10.6 [10,4-10,7]	11.8 [11,6-12,1]	16.2 [15,3-17,1]
12	Seiche Pont-Péan	786	[17,0-17,3]	[8,45-15,7]	87.7 [87,3-88,1]	96.0 [95,0-97,0]	107 [105-109]	143 [137-149]
16	Veuve / Chevré La Bouëxière	153	[7,96-8]	[4,96-9,93]	44.6 [44,4-44,9]	49.3 [48,7-50,0]	55.8 [54,5-57,2]	77,7 [73,4-82,0]
17	Illet Chasné-sur-Illet	107	[5,33-5,84]	[3,31-6,62]	29.4 [29,2-29,6]	32.5 [32,0-33,0]	36.7 [35,6-37,8]	50,9 [47,5-54,3]

Rappel : Gp_i gradex des débits de crues supérieures à 10 ans (m³/s)

Gq_i gradex des débits de crues inférieures à 10 ans (m³/s)

En reprenant la méthodologie d'estimation des débits par corrélation avec la formule suivante (voir le chapitre 4.1 Débits issus des données aux stations pour plus de détail), nous pouvons déterminer α et β .

$$Q_T = \alpha \cdot S^\beta$$

Avec Q_T Débit de pointe de période de retour T ans (en m³/s)

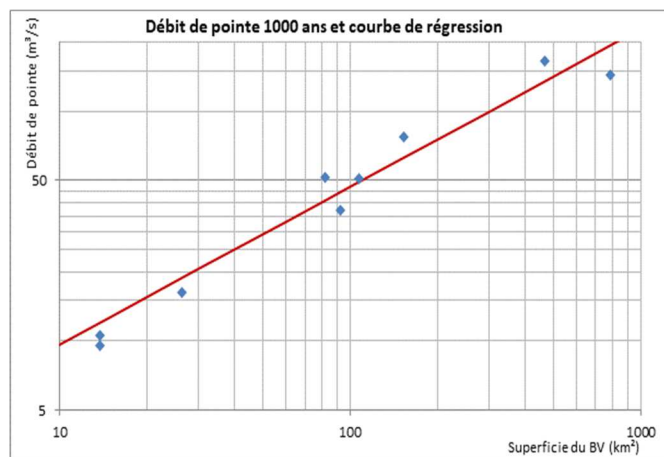
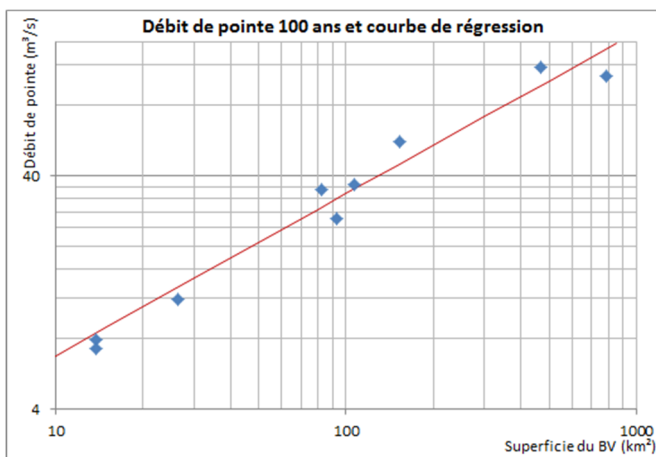
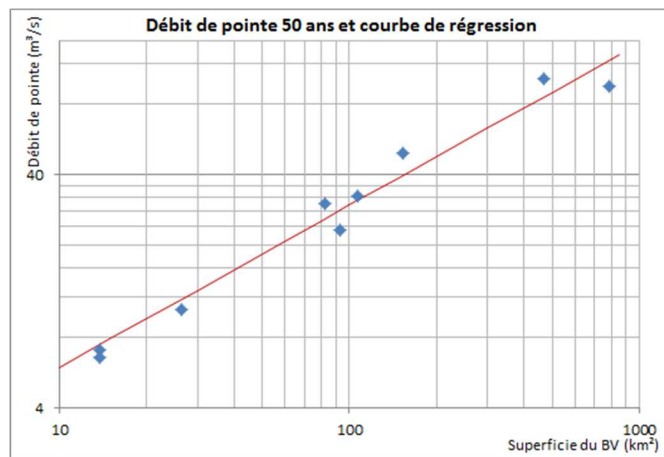
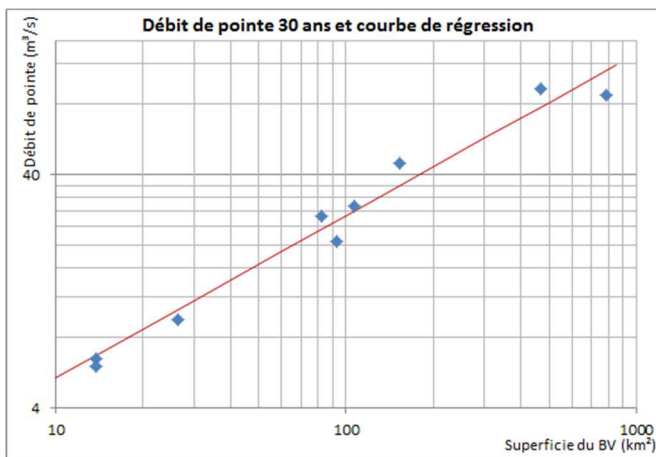
P_{J,T} Pluie journalière de retour T ans (en mm)

S Superficie du bassin versant repris (en km²)

α et β Constantes de calage

Période retour	Pluie journalière (mm)	Coefficient α	Coefficient β	Coefficient R	Coefficient de détermination R^2
30 ans	51,4	1,08	0,70	$4,09 \cdot 10^{-4}$	0,98
50 ans	55,3	1,20	0,70	$3,93 \cdot 10^{-4}$	0,98
100 ans	60,1	1,38	0,69	$3,81 \cdot 10^{-4}$	0,97
1000 ans	Non estimé	1,98	0,69	$5,49 \cdot 10^{-4}$	0,96

Voici les graphiques de corrélation pour les périodes de retour 30, 50 et 100 ans, calé sur les débits extrapolés par la méthode du Gradex progressif.



4.3 Vérifications

4.3.1 Comparaison des débits estimés (banque hydro et formules)

Pour les 10 stations ayant servi à la détermination des coefficients α , β et R , les débits estimés par les formules déterminées ci-avant ont été comparés aux débits statistiques indiqués dans la banque hydro.

Le tableau ci-après précise la variation entre le débit estimé par la méthode déterminée dans ce rapport et les débits statistiques de la banque hydro pour les crues de retour inférieur ou égal à 20 ans. Pour les crues de

retour 30 à 100 ans, la comparaison est faite entre les débits estimés par la méthode du Gradex progressif et celles par la méthode déterminée dans ce rapport.

N° station	Nom du cours d'eau lieu de mesure	Comparaison entre débits estimés par la méthode de ce rapport et estimations issues des données statistiques et/ou Gradex	
		Période de retour de 1 à 20 ans	Période de retour entre 30 et 1000 ans
1	Néal Médréac	90 à 100 %	81 à 89 %
3	Meu Montfort-sur-Meu	80 à 87 %	82 à 86 %
4	Serein Treffendel	104 à 106 %	105 à 116 %
5	Careil Monterfil - La Violais	109 à 111 %	113 à 128 %
9	Flume Pacé	122 à 129 %	119 à 124 %
10	Chéze Plélan-le-Grand	89 à 93 %	76 à 91 %
11	Canut nord Maxent	92 à 110 %	111 à 118 %
12	Seiche Pont-Péan	120 à 130 %	128 à 138 %
16	Veuve / Chevré La Bouëxière	75 à 82 %	79 à 82 %
17	Illet Chasné-sur-Illet	92 à 98 %	94 à 98 %
Synthèse		Incertitude de ±25%, exceptionnellement ±30% (Flume et Seiche)	Incertitude de ±30% , sauf pour la Seiche (30 à 40%), incertitude qui augmente avec la période de retour

Avec une variation entre la statistique aux stations et les estimations de ±20 à ±30% au maximum (sauf pour la Seiche), nous pouvons considérer que la méthode d'estimation régionalisée des débits permet une bonne estimation.

4.3.2 Vérification sur les 4 stations non utilisées pour le calage de la méthode

4 stations hydrométriques ont des mesures sur quelques années. Elles n'ont pas été utilisées pour la détermination des coefficients α et β , mais peuvent être utilisées comme vérification des formules.

Il faut prendre en compte que de par la faiblesse de leur nombre d'années de mesures, ces dernières ne sont pas toujours validées.

Pour plusieurs crues historiques mesurées aux stations, la vérification s'est faite suivant deux méthodes :

- Estimation du débit à la station, par la formule $Q = \alpha \cdot S^\beta$, α et β pris fonction de la période de retour estimée de l'évènement (selon les données à la station mais aussi des stations proches)

- Estimation du débit par la formule de Myer³, sur la base des mesures aux stations proches et/ou de superficie de bassin versant similaire et en considérant les périodes de retour associées de l'évènement (afin de prendre la bonne valeur de β)

Les résultats complets sont présentés en annexe 5

N° station	Nom du cours d'eau lieu de mesure	Superficie reprise (km ²)	Estimation avec α et β pour la période de retour estimée de l'évènement	Estimation par formule de Myer
2	Garun Iffendic	95,2	5 évènements de retour estimés entre 2 et 5 ans, erreur entre mesures et estimations de 27% maximum	Interpolation à partir de 3 stations, erreur entre mesures et estimations entre 0 et 40% A noter que la période de retour de certains évènements ne sont pas les mêmes entre le Garun et les stations
6	Chèze St-Thurial	30,7	3 évènements de retour estimés entre 2 et 10 ans, erreur entre mesures et estimations de 20% maximum avec les données de 2 stations proches	Interpolation à partir de 2 stations, erreurs entre mesures et estimations de 20-25% (jusqu'à 36 % pour une des crues)
15	Seiche Amanlys	519	3 évènements de retour estimés entre 2 et 10 ans, erreur entre mesures ⁴ et estimations entre 0 et 55%	Interpolation à partir de 3 stations, erreur entre mesures et estimations jusqu'à 70% ⁴
18	Canut nord Lassy	91	3 évènements de retour estimés entre 2 et 10 ans, erreur entre mesures et estimations entre 10 et 50% (mesures toujours supérieures à l'estimation)	Interpolation à partir de 4 stations, erreur entre mesures et estimations jusqu'à 75%, (mesures sur le Canut nord toujours supérieures aux estimations à partir des données aux autres stations)

³ La formule de Myer est précisée en annexe 2

⁴ A la station de la Seiche à Amanlys, les estimations des débits de retour 4 et 10 ans sont très proches. Il semble donc que les estimations des débits à cette station pour les crues moyennes à rares soient sous-évaluées, ce qui expliquerait cette forte différence entre les mesures et l'estimation « régionalisée ». De plus, les débits de retour à la station de la Seiche à Pont-Péan sont assez proches de ceux du Meu, alors que le bassin repris est presque deux fois plus grand, ce qui peut expliquer les fortes variations sur les interpolations par Myer.

Il ressort que, autant la méthode d'estimation des débits régionalisés permet une estimation statistique de période de retour, autant elle montre ces limites en tant que méthodes permettant d'estimer un débit pour un évènement spécifique. Cela peut provenir de différents facteurs :

- Un évènement sur un bassin versant ne se produit pas toujours en même temps que sur les bassins versants proches.
- La réponse à des évènements climatiques est spécifique à chaque bassin versant.
- Ces 4 stations ayant peu d'années de données, elles peuvent présenter une forte incertitude, aussi bien sur le débit mesuré que sur la période de retour estimée.

4.3.3 Comparaison avec les résultats d'études antérieures

4.3.3.1 Etudes spécifiques à un cours d'eau ou un bassin versant

Le tableau ci-après rappelle les estimations des débits décennaux et centennaux issues d'études spécifiques à un cours d'eau (ou son bassin versant), et donne les estimations selon la méthode proposée dans le présent rapport.

Nom du cours d'eau et lieu d'estimation	Superficie reprise (km ²)	Etudes antérieures		Formules $Q=\alpha.S^b$		Formule Myer
		10 ans (m ³ /s)	100 ans (m ³ /s)	10 ans (m ³ /s)	100 ans (m ³ /s)	10 ans (m ³ /s)
Flume à Pacé	93	17	33	20	32	16
Meu à Montfort-sur-Meu	468	73	140	62	96	72
Meu à Mordelles	775	x	178	88	136	102
Lindon au Rheu	15,3	5,4	10,8	5,7	9,1	X
Mare à Pacé (RD29)	5,6	3 à 3,5	8	2,8	4,5	X
Ruisseau du Petit Marais	3,3	0,9	2,3	1,9	3,1	X

Il apparaît que la méthode du présent rapport permet d'avoir :

- Une estimation des débits décennaux de même ordre que ceux indiqués dans les rapports antérieurs (sauf pour la Mare et son affluent le ruisseau du Petit Marais, tous deux ayant des petits bassins versants, confirmant la limite de la méthode pour les petits bassins versants).
- Pour les débits centennaux, la méthode donne des estimations plus faibles que ceux des études antérieures pour les grands bassins versants. Cela tient essentiellement à la méthode d'extrapolation des débits (méthode du Gradex calée sur la pluviométrie dans les études antérieures, méthode du Gradex progressif calé sur les débits dans la présente étude).

4.3.3.2 Etude hydrologique – bassin de la Vilaine

Le tableau ci-après compare les estimations des débits issues de l'étude hydrologique réalisée en amont de la modélisation du bassin de la Vilaine et celles issues de la présente étude.

Nom du cours d'eau et lieu d'estimation	Superficie reprise (km ²)	Débit des études antérieures (m ³ /s) Débit estimé par la formule $Q=\alpha.S^{\beta}$ (m ³ /s)						
		2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
Canut nord à Maxent	26	5	6	7	9	10	10	12
		4,5	6,6	8,2	9,7	11	13	19
Chevré à La Bouëxière	153	18	26	32	42	47	54	63
		15	22	28	33	36	41	44
Chèze à Plélan	9.3	2	3	4	5	5	6	6
		2,2	3,3	4,0	4,7	5,1	5,7	6,4
Flume à Pacé	93	8	13	17	24	27	32	38
		11	16	20	24	26	29	32
Illet à Chasné	107	11	16	20	28	33	38	45
		12	18	22	26	28	32	35
Meu à Montfort	468	40	63	78	100	110	125	140
		33	49	62	73	80	89	96
Seiche à Bruz	820	39	61	75	100	115	130	150
		48	72	92	108	118	131	141

Les estimations des deux études sont proches, sauf pour le Meu, qui présente une forte variation. Cette dernière peut s'expliquer en partie par le recalage des débits statistiques à la station, revu à la baisse (-8% pour Q₁₀, -15% pour Q₂₀,...) entre 2005 et maintenant.

4.3.3.3 Etude hydrologique TRI Vilaine

Le tableau ci-après compare les estimations des débits issues du TRI Vilaine et celles issues de la présente étude.

Nom du cours d'eau	Superficie reprise (km ²)	Débit des études antérieures (m ³ /s) Débit estimé par la formule $Q=\alpha.S^{\beta}$ (m ³ /s)			
		10 ans	20 ans	100 ans	1000 ans
Chevré	152	32	38	57	84
		28	33	44	63
Flume	91	16	21	34	53
		20	23	31	45
Illet	117	21	27	42	64
		24	28	37	53
Meu	474	71	90	132	195
		63	74	97	139

Il apparaît que la méthode proposée dans le présent rapport estime des débits rares plus faibles que ceux du TRI. Cela s'explique par l'utilisation du Gradex dans le TRI et du Gradex progressif dans le présent rapport.

4.4 Conclusion

Il est possible d'estimer les débits de pointes des crues par une formule simple, basée sur les données statistiques aux stations. La formule est :

$$Q_T = \alpha \cdot S^\beta$$

Avec Q_T Débit de pointe de période de retour T ans (en m³/s)

S Superficie du bassin versant repris (en km²)

α et β Coefficients de calage

Période retour	Coefficient α	Coefficient β
1 an	0,40	0,68
2 ans	0,47	0,69
5 ans	0,70	0,69
10 ans	0,84	0,70
20 ans	0,99	0,70
30 ans	1,08	0,70
50 ans	1,20	0,70
100 ans	1,38	0,69
1000 ans	1,98	0,69

Dans le cas où le cours d'eau présente un point de mesure fiable, il est possible d'utiliser la formule de Myer afin d'interpoler les débits à d'autres points sur le cours d'eau :

$$Q_{T,x} = Q_{T,station} \cdot \left(\frac{S_x}{S_{station}} \right)^\beta$$

Avec $Q_{T,x}$ Débit au point X , de période de retour T(en m³/s)

S_x Superficie du bassin versant au point X (en km²)

$Q_{T,station}$ Débit à la station de mesure, de période de retour T (en m³/s)

$S_{station}$ Superficie du bassin versant à la station de mesure (en km²)

β Coefficient de calage du tableau ci-dessus

5 BASSINS VERSANTS DE 1 A 10 KM²

La méthode présentée dans le chapitre précédent est basée sur des bassins versants allant de 9 à près de 800 km². Elle est simple, car seule la superficie intervient dans la détermination des débits.

Plus le bassin versant est de petite taille, plus ses caractéristiques interviennent dans la définition des débits de pointes. Ainsi, pour les bassins versants inférieurs à 1 km², il est conseillé d'utiliser la méthode présentée dans le « Guide méthodologique pour la réalisation d'études hydrologiques spécifiques lors d'aménagement urbain » (Vatna Conseil & Hydro Expertise – Octobre 2018).

Dans le cas particulier des bassins versants Rennes Métropole, les évènements des petits bassins versants font suite à des orages ou des pluies de fortes intensités et courtes durées (plutôt des évènements de printemps ou été), alors que les grands bassins versants répondent plus à des évènements hivernaux, type pluies sur plusieurs jours ou tempêtes de longues durées.

Pour les bassins de superficie de 1 à 10 km², nous préconisons d'utiliser la méthode de transition, présentée ci-après. Toutefois, pour des superficies de bassin versant supérieures à 5 km², la formule simple présentée dans le présent rapport, $Q = \alpha \cdot S^\beta$, donnera une estimation acceptable pour une prédétermination des débits.

5.1 Méthode transition

La méthode transition proposée s'écrit :

$$Q_{transition} = \left(\frac{10 - S}{9}\right) \cdot Q_{rationnelle} + \left[1 - \left(\frac{10 - S}{9}\right)\right] \cdot Q_{methode RM}$$

Avec S Superficie du bassin versant (km²)

$Q_{rationnelle}$ Débit estimé par la méthode Rationnelle (en m³/s)

$Q_{methode RM}$ Débit estimé par la formule $Q = \alpha \cdot S^\beta$ (en m³/s)

5.2 Méthode rationnelle

5.2.1 Méthode rationnelle

La formule Rationnelle est :

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3600}$$

Avec Q Débit (en l/s)

A Superficie du bassin versant (m²)

C Coefficient de ruissellement

I Intensité de l'averse (mm/h), calculée avec la formule de Montana

Sur Rennes Métropole, pour estimer les coefficients de ruissellement, il est conseillé d'utiliser les paramètres présentés dans le « Guide méthodologique pour la réalisation d'études hydrologiques spécifiques lors

d'aménagement urbain » (Vatna Conseil & Hydro Expertise – Octobre 2018). Ces paramètres sont rappelés dans l'annexe 3 de ce présent rapport.

La détermination des intensités des pluies dépend de 2 facteurs :

- Le **temps de concentration du bassin versant**. Ce dernier peut être estimé par les formules Expert Lefort, Passini, Dujardin ou autres méthodes
- Les **coefficients de Montana de la pluie**. Les valeurs retenues par Rennes Métropole sont rappelées en annexe 4. Attention, ces valeurs ont été estimées sur la base de petits bassins versants, elles ne prennent pas en compte la pré-saturation des sols qui peut rentrer en compte dans le cas d'évènement hivernaux.

5.2.2 Estimation du temps de concentration

De nombreuses formules d'estimation des temps de concentration des petits bassins versants existent. Nous en présentons quatre ci-après.

L'expertise d'un hydraulicien permettra de bien appréhender les caractéristiques du bassin versant étudié, afin de choisir la (ou les) bonne(s) méthode(s) d'estimation du temps de concentration.

5.2.2.1 Formule de Passini

Cette formule s'applique à des bassins versants de type rural

$$T_c = 0.14 \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{P_p}}$$

Avec T_c	Temps de concentration (min)
S	Superficie (ha)
L	Longueur caractéristique du bassin versant (m)
P_p	Pente pondérée du bassin versant (m/m)

5.2.2.2 Formule de Dujardin

Cette formule s'applique à des bassins versants à dominante rurale

$$T_c = \frac{0,90}{\sqrt{P}} \cdot \left(\frac{S}{C}\right)^{0,35}$$

Avec T_c	Temps de concentration (min)
S	Superficie (ha)
P	Pente moyenne du bassin versant (m/m)
C	Coefficient de ruissellement

5.2.2.3 Formule Expert-Lefort

La formule Expert Lefort a été mise au point afin de corriger le biais de sous-estimation des temps de concentration des bassins versants. Elle intègre la capacité de rétention initiale du sol. Elle permet aussi d'intégrer le fait que le temps de réponse d'un bassin versant varie en fonction de l'intensité de la pluie.

$$T_c = 108 \cdot L^{0,6} \cdot R_m^{-0,23} \quad \text{avec } R_m = 0,8 \cdot (P_j - P_0)$$

Avec T_c	Temps de concentration (min)
L	Longueur du cheminement principal du bassin versant (km)
R_m	Ruissellement (mm) – si négatif, prendre $R_m=1$
P_j	Pluie journalière de période de retour considéré (mm)
P_0	Capacité de rétention initiale du bassin versant (mm)

Le tableau ci-après indique les valeurs de capacité de rétention initiale (en mm) selon la typologie des sols. Attention, ces valeurs correspondent à des réponses pour des événements isolés.

Dans le cas de Rennes Métropole, nous conseillons de regarder aussi la réponse en cas de terrain saturé (correspondant à l'état des sols lors d'évènements hivernaux), en prenant $P_0=0$.

Couverture végétale	Morphologie, pente	Terrain fortement perméable (sable,...)	Terrain perméable (limon,...)	Terrain peu perméable (argile,..)
Bois	Plat – p < 5%	90	65	50
	Ondulé – 5% < p < 10%	75	55	35
Pâturage	Plat – p < 5%	85	60	50
	Ondulé – 5% < p < 10%	80	50	30
Culture	Plat – p < 5%	65	35	25
	Ondulé – 5% < p < 10%	50	25	10

Valeurs de P_0 , capacité de rétention initiale des sols (en mm)

5.2.2.4 Temps de cheminement des eaux

Le temps de concentration correspond au temps que met la première goutte d'eau tombé le plus loin de l'exutoire à arriver à l'exutoire. L'estimation de ce temps peut se faire sur la base des vitesses d'écoulement sur le bassin versant :

$$T_c = \frac{L}{60V}$$

Avec T_c	Temps de concentration (min)
L	Longueur du cheminement principal du bassin versant (m)
V	Vitesse moyenne d'écoulement (m/s)

La vitesse moyenne d'écoulement dépend de la nature du bassin versant, de la nature du fossé ou ruisseau d'écoulement, de la pente.

ANNEXE 1 : TABLEAUX DE SYNTHÈSE, BANQUE HYDRO

Tableaux de synthèses et fiches « Crucal » des stations suivantes :

- Le Careil à Monterfil - La Violais
- Le Canut nord à Maxent
- La Chèze à Plélan-le-Grand
- La Flume à Pacé
- L'Illet à Chasné-sur-Illet
- Le Meu à Montfort-sur-Meu
- Le Néal à Médréac
- La Seiche à Pont-Péan
- Le Serein à Treffendel
- La Veuve / Chevré à La Bouëxière

ANNEXE 2 : FORMULE DE MYER

La formule de Myer permet de comparer les rapports de surfaces de bassins versants avec les rapports de débits de flux de chacun des bassins.

Elle se base sur l'écriture empirique qui permet d'estimer le débit d'un cours d'eau à partir de la superficie de son bassin versant :

$$Q_T = \alpha \cdot S^\beta$$

Avec Q_T Débit de pointe de période de retour T ans (en m³/s)

S Superficie du bassin versant repris (en km²)

α et β Constantes de calage

En considérant que les constantes α et β sont identiques pour des bassins versants proches, la formule de Myer s'écrit :

$$\frac{Q_X}{Q_{station}} = \left(\frac{S_X}{S_{station}} \right)^\beta$$

Avec Q_X Débit au point X (en m³/s)

S_X Superficie du bassin versant au point X (en km²)

$Q_{station}$ Débit connu à une station de mesure (en m³/s)

$S_{station}$ Superficie du bassin versant à la station de mesure (en km²)

β Coefficient de Myer

ANNEXE 3 : COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

Les coefficients de ruissellement présentés ici correspondent aux valeurs préconisées pour les études amont dans le « Guide méthodologique pour la réalisation d'études hydrologiques spécifiques lors d'aménagement urbain » (Vatna Conseil & Hydro Expertise – Octobre 2018).

Affectation des parcelles	Coefficient ruissellement selon la période de retour					
	Mensuel	2 ans	5 ans	10 ans	30 ans	100 ans
Imperméabilisé	0,9	0,9	0,93	0,95	0,96	1
Plan d'eau, bassin tampon	1	1	1	1	1	1
Zones commerciales, zones industrielles	0,75	0,75	0,8	0,85	0,87	0,95
Zone d'activités, équipements publics	0,525	0,6	0,65	0,7	0,72	0,8
Zone d'habitat collectif						
80 logements/ha	0,525	0,6	0,65	0,7	0,72	0,8
60 logements/ha	0,35	0,45	0,5	0,6	0,62	0,7
50 logements/ha	0,33	0,43	0,48	0,55	0,57	0,65
Zone d'habitat individuel						
30 logements/ha	0,3	0,4	0,45	0,5	0,53	0,65
20 logements/ha	0,25	0,35	0,4	0,45	0,48	0,6
12 logements/ha	0,2	0,3	0,35	0,4	0,43	0,55
Espace artificialisé végétalisé (terrain de sports enherbé, espaces verts)	0	0,15	0,2	0,3	0,34	0,5
Zone naturelle	0	0,02	0,1	0,2	0,25	0,4

Remarque : ces valeurs sont des coefficients de ruissellement pour un évènement isolé. Elles ne prennent pas en compte une pré-saturation des sols due à pluie survenue les jours précédents, par exemple.

ANNEXE 4 : COEFFICIENTS DE MONTANA

Les intensités et hauteurs de précipitation s'estiment par les formules de Montana suivantes :

$$I = 60.a.t^{-b}H = a.t^{1-b}$$

Avec I Intensité de la pluie (mm/h)

H Hauteur de précipitation (mm)

t Durée de la pluie (min)

a et b Coefficients de Montana calculés localement

Les coefficients a et b de la formule de Montana ont été estimés par les services de Rennes Métropole à partir des données brutes de pluies mesurées à Rennes-St-Jacques par Météo France de 1969 à 2015.

Période de retour	Pluie de durée 6 min à 1 heure		Pluie de durée 1 à 6 heures		Pluie de durée 6 à 24 heures	
	a	b	a	b	a	b
1 mois	1,056	0,614	1,288	0,656	2,225	0,751
2 mois	1,517	0,637	1,655	0,654	2,970	0,754
3 mois	1,816	0,647	1,820	0,647	3,425	0,755
6 mois	2,233	0,629	2,781	0,684	4,222	0,757
1 an	2,936	0,635	4,304	0,732	4,688	0,747
2 ans	3,526	0,620	6,283	0,772	5,916	0,760
5 ans	3,894	0,572	9,134	0,793	7,846	0,764
10 ans	4,739	0,579	12,023	0,818	9,325	0,77
20 ans	5,600	0,584	14,999	0,837	10,758	0,775
30 ans	6,108	0,588	16,744	0,846	11,586	0,777
50 ans	6,707	0,590	19,056	0,857	12,626	0,779
100 ans	7,587	0,595	22,010	0,866	14,033	0,782

ANNEXE 5 : CALCUL DE VERIFICATION DES FORMULES SUR 4 STATIONS

Les stations hydrométriques sur le Garun (Iffendic), la Chèze (St-Thurial), la Seiche (Amalys) et le Canut nord (Lassy) présentent des mesures sur quelques années. Elles n'ont pas été utilisées pour la détermination des coefficients α et β .

Aussi, nous vérifions la cohérence entre les débits mesurés à ces stations et les estimations faites suivant les deux méthodes proposées dans le présent rapport :

- Estimation du débit à la station, par la formule $Q=\alpha.S^\beta$, α et β sont pris en fonction de la période de retour estimée de l'évènement (selon les données à la station mais aussi des stations proches)
- Estimation du débit par la formule de Myer, sur la base des mesures aux stations proches et/ou de superficie de bassin versant similaire et en considérant les périodes de retour associées de l'évènement (afin de prendre la bonne valeur de β)

Il faut toutefois ne pas oublier que les 4 stations ayant peu de d'année de données, ces dernières ne sont pas toujours validées (courbe de tarage avec forte incertitude sur les crues, risque de mesures faussées en crue).

LE GARUN A IFFENDIC

Durant la période de mesures, 5 crues ont été retenues. Elles présentent des périodes de retour estimées entre 2 et 5 ans.

Le travail est fait avec les stations proches sur le Néal, le Meu et la Flume. A noter que le bassin versant de la Flume (à la station de Pacé) est de taille similaire à celui du Garun à Iffendic.

Nom du cours d'eau lieu de mesure	Superficie reprise (km ²)	Débit de la crue Période de retour estimée				
		28/02/2010	11/03/2013	02/01/2014	15/01/2015	10/03/2016
Garun Iffendic	95,2	18,9	22,1	22,1	9,76	10,3
		3-5 ans	5 ans	5 ans	2 ans	2-3 ans
Néal Médréac	82	16,8	16,9	18	8,35	9,3
		5 ans	5-10 ans	5-10 ans	3 ans	2-3 ans
Meu Montfort/Meu	468	80	60,9	83,5	33,9	32,8
		10 ans	4 ans	10 ans	2-3 ans	2-3 ans
Flume Pacé	93	11,9	24,2	14,8	6,1	8,5
		4 ans	20 ans	Non estimée	< 2 ans	3 ans

Formule $Q=\alpha.S^\beta$

	28/02/2010	11/03/2013	02/01/2014	15/01/2015	10/03/2016
α	0,47 à 0,70	0,70	0,70	0,47	0,47
β	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Débit estimé (m ³ /s)	10,9 à 16,2	16,2	16,2	10,9	10,9
Erreur	-14 à -42%	-27%	-27%	12%	6%

Formule de Myer sur les bassins proches

Pour la formule de Myer, le coefficient β a été pris en considérant la période de retour sur la station de départ (donc sur le Néal, le Meu, la Flume). Ce choix n'a que peu d'incidence sur l'estimation, le coefficient variant très peu (de 0,68 pour Q_1 à 0,70 pour Q_{10} à Q_{50}).

Débit du Garun estimé par Myer (m ³ /s)	28/02/2010	11/03/2013	02/01/2014	15/01/2015	10/03/2016
Depuis le Néal	18,6	18,8	20,0	9,3	10,3
Depuis le Meu	26,2	20,3	27,4	11,3	10,9
Depuis la Flume	12,1	24,6	15,0	6,2	8,7
Erreur	±39%	±15%	-32 à +24%	-37% à +16%	-16% à +6%

LA CHEZE A SAINT-THURIAL

Durant la période de mesures, 3 crues ont été retenues. Elles présentent des périodes de retour estimées entre 2 et 10 ans.

Le travail est fait avec les stations proches sur le Serein et le Careil. Une des crues n'a pas été relevée sur ces deux stations. Il n'y a pas de station reprenant un bassin versant de taille similaire et ayant des mesures sur la même période.

Nom du cours d'eau lieu de mesure	Superficie reprise (km ²)	Débit de la crue Période de retour estimée		
		20/02/1969	26/01/1971	12/02/1972
Chèze St-Thurial	30,7	6,2	5,6	9,2
		3 ans	2 ans	5-10 ans
Serein Treffendel	13,8	2,3	2,5	4,5
		Non estimée	2 ans	5 ans
Careil Monterfil	13,8	3,6	Pas de crue	4,1
		Non estimée	x	5 ans

Formule $Q=\alpha.S^\beta$

	20/02/1969	26/01/1971	12/02/1972
α	Entre 0,47 et 0,70	0,47	0,70 à 0,84
β	0,69	0,69	0,69 à 0,70
Débit estimé (m ³ /s)	Entre 5 et 7,4	5,0	7,4 à 9,2
Erreur	±20%	-10%	Entre 0 et -20%

Formule de Myer sur les bassins proches

Pour la formule de Myer, le coefficient β a été pris en considérant la période de retour sur la station de départ (donc sur le Careil et le Serein). Ce choix n'a que peu d'incidence sur l'estimation, le coefficient variant très peu (de 0,70 pour Q_{10} à Q_{50} et 0,69 pour les autres périodes de retour).

Débit de la Chèze estimé par Myer (m ³ /s)	20/02/1969	26/01/1971	12/02/1972
Depuis le Serein	4,0	4,3	7,9
Depuis le Careil	6,2	X	7,1
Erreur	-1 à 36%	-23%	-14 à -23%

LA SEICHE A AMANLYS

Durant la période de mesures, 3 crues ont été retenues, de périodes de retour estimées entre 2 et 10 ans.

Le travail est fait avec les stations proches sur la Veuve-Chevré et le Meu, cette dernière étant de taille similaire à celui de la Seiche à Amanlys. Il a aussi été regardé l'interpolation depuis la station de la Seiche à Pont-Péan (bassin versant repris 50% plus grand).

Nom du cours d'eau lieu de mesure	Superficie reprise (km ²)	Débit de la crue Période de retour estimée		
		09/02/2014	20/01/2015	12/06/2018
Seiche Amanlys	519	41,9	22,5	49,2
		4 ans	2-3 ans	10 ans
Veuve-Chevré	153	15,5 *	16,4	18,8 **
		Non estimée	2 ans	Non estimée
Meu Montfort/Meu	468	76,7	33,9	53,4
		10 ans	2-3 ans	5-10 ans
Seiche Pont-Péan	786	65,1 ***	Pas de mesure	53,4
		10 ans	x	5-10 ans

* Ce débit de pointe a été reconstitué en considérant le rapport $Q_{ix}/Q_j=1,35$

** Ce débit de pointe a été reconstitué avec le débit journalier. La crue s'étant déroulée durant la nuit, ce débit est sûrement sous-estimé

*** Cette mesure a été faite à l'ancienne station de Bruz, qui présente un bassin versant de 820 km² (au lieu de 786 km²)

Formule $Q=\alpha.S^\beta$

	09/02/2014	20/01/2015	12/06/2018
α	Entre 0,47 et 0,70	0,47	0,84
β	0,69	0,69	0,70
Débit estimé (m ³ /s)	Entre 35 et 52	35	67
Erreur	±25%	56%	36%

Formule de Myer sur les bassins proches

Pour la formule de Myer, le coefficient β a été pris en considérant la période de retour sur la station de départ (donc sur la Veuve, le Meu et la Seiche à Pont-Péan). Ce choix n'a que peu d'incidence sur l'estimation, le coefficient variant très peu (de 0,70 pour Q_{10} à Q_{50} et 0,69 pour les autres périodes de retour).

Débit de la Seiche estimé par Myer (m ³ /s)	09/02/2014	20/01/2015	12/06/2018
Depuis la Veuve	36,1	38,1	43,6
Depuis le Meu	82,5	36,4	73,6
Interpolation Seiche	47,5	x	39,9
Erreur	-14 à +100%	+70%	-20 à 50%

LE CANUT NORD A LASSY

Durant la période de mesures, 3 crues ont été retenues, de périodes de retour estimées entre 2 et 10 ans.

Le travail est fait avec les stations proches sur la Chèze, la Seiche et l'autre station sur le Canut nord, ainsi que sur la Flume, cette dernière étant de taille similaire à celui du Canut nord à Lassy.

Nom du cours d'eau lieu de mesure	Superficie reprise (km ²)	Débit de la crue Période de retour estimée		
		20/01/1995	27/12/1998	11/05/2000
Canut nord Lassy	91	33,9	11,5	27,2
		5-10 ans	2 ans	3 ans
Chèze Pléan-le-Grand	9,3	3,9	2,7	3,1
		4 ans	2-3 ans	Non estimé
Canut nord Maxent	26,3	7,8	4,8	6,7
		50 ans	2-3 ans	Non estimé
Seiche Bruz	820	99,3	46,9	30,5
		20 ans	4 ans	Non estimé
Flume Pacé	93	21,5	7,3	Pas de crue
		10 ans	Non estimé	x

Il apparaît que l'estimation de la période de retour de la crue de 1995 est très variable selon les stations de mesures (entre 4 et 50 ans).

Formule $Q = \alpha \cdot S^\beta$

	20/01/1995	27/12/1998	11/05/2000
α	Entre 0,70 et 0,87	0,47	0,47
β	0,69 à 0,70	0,69	0,69
Débit estimé (m ³ /s)	Entre 16 et 20,5	10,5	10,5
Erreur	±50%	-8%	-60%

Formule de Myer sur les bassins proches

Pour la formule de Myer, le coefficient β a été pris en considérant la période de retour sur la station de départ (donc sur la Chèze, la Seiche, la Flume et le Canut nord à Maxent). Ce choix n'a que peu d'incidence sur l'estimation, le coefficient variant très peu (de 0,70 pour Q_{10} à Q_{50} et 0,69 pour les autres périodes de retour).

Débit du Canut nord estimé par Myer (m ³ /s)	20/01/1995	27/12/1998	11/05/2000
Depuis la Chèze	18,6	12,8	15,2
Depuis le Canut nord	18,6	11,3	15,9
Depuis la Seiche	21,3	10,3	6,7
Depuis la Flume	21,2	7,2	x
Erreur	-37 à -45%	-37 à +12%	-42 à -75%

COLOPHON

PREVENTION DES INONDATIONS : DEFINITION DES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT,
D'AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES ET LEVES DE REZ-DE-CHAUSSEE
APPROCHE HYDROLOGIQUE GLOBALE

CLIENT

Rennes Métropole

AUTEUR

Arnaud Perche (Vatna Conseil)

NOS REFERENCES

FR119-000674

DATE

2 janvier 2020

VERIFIE PAR

Anguil Guylain
Chef de projet

REVU PAR

Anguil Guylain
Chef de projet

Arcadis ESG

02 Rue Jacques Brel
CS 10121
44817 Saint Herblain Cedex
France
+33 (0)2 40 92 19 36

www.arcadis.com