

DEPARTEMENT DES COTES D'ARMOR

DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT

ATLAS DES ZONES INONDABLES
DES COTES D'ARMOR
ATLAS 2

NOTE DE CALCUL HYDROLOGIQUE

Chef de Projet : Pierre-Alain RIELLAND

NTS20747H

Version du 24/02/04



FEVRIER 2004

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. CALCULS DES DEBITS CARACTERISTIQUES DE CRUE DE FREQUENCE DECENNALE	2
2.1. Ajustement statistique sur les données des stations	2
2.1.1. Bassin versant de l'Arguenon	2
2.1.2. Bassin versant du Gouessant	3
2.1.3. Bassin versant de l'Urne	3
2.1.4. Bassin versant du Gouët	3
2.1.5. Bassin versant du Leff	4
2.1.6. Bassin versant du Trieux	4
2.2. Calcul des débits des rivières non jaugées	4
2.2.1. Bassin versant de l'Urne	5
2.2.2. Bassin versant du Cré	6
2.2.3. Bassin versant du Gouët à Ploufragan	6
2.2.4. Bassin versant de l'Ic	7
2.2.5. Bassin versant du Leff à Boqueho	7
2.2.6. Bassin versant du Quinic	8
3. EVALUATION DES DEBITS DE FREQUENCE DE RETOUR SUPERIEURE A 50 ANS	9
3.1. Analyse statistique	9
3.2. La méthode du GRADEX	10
3.2.1. Temps de base	10
3.2.2. Gradex des pluies	11
3.2.3. Rapport QIX/QjX	12
3.2.4. Le point pivot	12
3.2.5. Résultats	13
4. SYNTHESE DU CALCUL DES DEBITS CARACTERISTIQUES DE CRUE	14
5. FORTES CRUES RECENTES	15
6. DEFINITION DE L'ALEA	16
7. SUBMERSION MARINE	18

ANNEXES	21
ANNEXE 1 : EXTRAIT DES DEBITS INSTANTANES ISSUS DE LA BANQUE HYDRO	22
ANNEXE 2 : RESULTATS DU LOGICIEL TROPHEE POUR BOIS LEAR ET MEGRIT	23
ANNEXE 3 : HYDROGRAMMES DE CRUE	24
ANNEXE 4 : CALCUL DU DEBIT CENTENNAL PAR LA METHODE DU GRADEX	25
ANNEXE 5 : CARTES DES NIVEAUX EXTREMES MARITIMES - SHOM	26

1. INTRODUCTION

L'objet de la présente note hydrologique est de déterminer les débits de crue de référence des cours d'eau de l'atlas 2 situés sur le secteur hydrographique J1, cours d'eau côtiers situés de l'Arguenon au Trieux. Les cours d'eau retenus lors de la phase préliminaire sont :

- L'Arguenon,
- La Rosette,
- Le Gouessant,
- L'Urne,
- Le Cré,
- Le Gouët,
- L'Ic,
- Le Leff,
- Le Quinic
- Le Trieux.

Cette évaluation des débits doit permettre ensuite de définir l'aléa inondation sur l'ensemble de la zone.

Associé à cet aléa des inondations fluviales, la submersion marine sera prise en compte sur les communes côtières.

Conformément à la législation, ce débit de référence sera le débit centennal ou un débit mesuré historique si celui-ci est supérieur au débit centennal.

Le calcul sera mené aux différentes stations hydrométriques qui contrôlent les cours d'eau cités précédemment, à savoir :

Cours d'eau concerné	Nom de la station	Code hydrologique	Superficie du bassin versant contrôlée	Période d'observation	Nombre d'année d'observation	Gestionnaire
Arguenon	Jugon Les Lacs	J1103010	104 km ²	1972-2003	32 années	DIREN Bretagne
Gouessant	Andel	J1313010	242 km ²	1979-2003	25 années	DIREN Bretagne
Gouët	Saint-Julien	J1513010	138 km ²	1978-2003	26 années	DIREN Bretagne
	Ploufragan	J1513020	194 km ²	1998-2003	6 années	DIREN Bretagne
Leff	Boqueho	J1803010	45 km ²	1995-2003	9 années	DIREN Bretagne
	Quemper-Guézenec	J1813010	339 km ²	1973-2003	31 années	DIREN Bretagne
Rosette	Mégrit	J1114010	102 km ²	1975-2003	29 années	DIREN Bretagne
Trieux	St Péver	J1711710	183 km ²	1980-2003	24 années	DIREN Bretagne
	St Clet	J1721720	417 km ²	1984-2003	20 années	DIREN Bretagne
Urne	Plédran	J1405310	40.4 km ²	1993-2003	11 années	DIREN Bretagne

L'analyse hydrologique s'appuiera sur les données de ces stations autant que possible.

Pour les cours d'eau ne possédant pas de stations de jaugeage, les débits caractéristiques seront évalués au droit de leur exutoire. Pour ces cours d'eau, l'Ic, le Quinic et le Cré, les calculs hydrologiques se baseront sur une analyse comparative avec les bassins versants proches comparables.

De même, certaines stations sont en fonctionnement depuis peu de temps, la taille des échantillons statistiques est donc limitée et les ajustements seront peu représentatifs. Dans ces conditions, les données fournies par l'analyse statistique seront complétées par une analyse comparative avec des bassins versants proches homogènes.

Les valeurs des débits calculés seront confrontées avec les données de référence récentes validées, notamment dans le cadre des PPRi de l'Arguenon et du Trieux.

Le débit centennal sera calculé par deux méthodes :

- Par ajustement statistique, en utilisant une loi de Gumbel,
- Par la méthode du Gradex.

2. CALCULS DES DEBITS CARACTERISTIQUES DE CRUE DE FREQUENCE DECENNALE

2.1. AJUSTEMENT STATISTIQUE SUR LES DONNEES DES STATIONS

Les débits instantanés maximaux de crue pour chaque année de mesure ont été extraits de la banque HYDRO en juillet 2003 (l'année hydrologique 2002-2003 n'est donc pas intégrée). Ces données sont disponibles en annexe 1.

Les valeurs trouvées par bassin versant sont les suivantes :

2.1.1. BASSIN VERSANT DE L'ARGUENON

Des ajustements statistiques ont été réalisés sur les 2 séries des stations de Bois Léar (Arguenon) et Mégrit (La Rosette), à l'aide du logiciel Trophée de BCEOM. Les résultats sont en annexe 2.

Pour l'Arguenon à Bois Léar, l'ajustement à une loi de Gumbel est mauvais (les 4 plus forts débits sortent de manière sensible de l'intervalle de confiance à 90%). Aussi, d'autres lois ont été testées ; les trois ajustements les meilleurs donnent des résultats très proches : il s'agit des lois exponentielles à 1 ou 2 paramètres et Log-normale. L'écart relatif sur les quantiles reste inférieur à 10%. Les 2 dernières citées donnent des résultats équivalents, et aboutissent à une estimation du débit décennal intermédiaire. Ce sont leurs résultats qui ont donc été finalement retenus. Cette analyse a été menée lors de l'établissement des PPRi de l'Arguenon. Il en a été de même pour le calcul du débit décennal de la Rosette à Mégrit.

Les valeurs trouvées sont les suivantes :

Débits maxi instantanés		
	Arguenon à Bois Léar (104 km²)	Rosette à Mégrit (102 km²)
Q ₁₀	24 m ³ /s	13 m ³ /s
Q ₂₀	30 m ³ /s	16 m ³ /s
Q ₃₀	34 m ³ /s	18 m ³ /s

2.1.2. BASSIN VERSANT DU GOUessant

Les débits instantanés ont été évalués à partir d'un ajustement statistique de Gumbel.

Débits instantanés à Andel (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	52 m ³ /s [43 ;75]
Q ₂₀	63 m ³ /s [51 ;93]
Q ₃₀	69 m ³ /s [55 ;100]

2.1.3. BASSIN VERSANT DE L'URNE

Les débits instantanés ont été évalués à partir d'un ajustement statistique de Gumbel.

Débits instantanés à Plédran (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	6.5 m ³ /s [5.2 ;12]

La station de Plédran est en service depuis 1993, aussi l'échantillon de données permettant de faire l'ajustement statistique n'est que de 9 valeurs. Le calcul du débit décennal reste donc à prendre avec prudence, il sera précisé dans le chapitre suivant.

2.1.4. BASSIN VERSANT DU GOUËT

Les débits instantanés ont été évalués à partir d'un ajustement statistique de Gumbel.

Débits instantanés à St Julien (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	26 m ³ /s [22 ;36]
Q ₂₀	31 m ³ /s [26 ;43]
Q ₃₀	33 m ³ /s [28 ;47]

La station de Ploufragan n'est en service que depuis 1998, aussi l'échantillon de données est trop faible pour définir des débits instantanés d'occurrence supérieure à 2 ans. Les débits d'occurrence supérieure seront évalués dans le chapitre suivant.

2.1.5. BASSIN VERSANT DU LEFF

Les débits instantanés ont été évalués à partir d'un ajustement statistique de Gumbel.

Débits instantanés à Quemper-Guézennec (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	59 m ³ /s [50 ;79]
Q ₂₀	71 m ³ /s [59 ;96]
Q ₃₀	78 m ³ /s [65 ;104]

La station de Boqueho n'est en service que depuis 1995, soit 8 hivers de données, aussi l'échantillon de données est un peu faible pour pouvoir définir des débits instantanés d'occurrence supérieure à 10 ans.

Débits instantanés à Boquého (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	8.7 m ³ /s [6.8 ;18]

Le calcul du débit décennal reste donc à prendre avec prudence, il sera précisé dans le chapitre suivant.

Les débits d'occurrence supérieure seront évalués dans le chapitre suivant.

2.1.6. BASSIN VERSANT DU TRIEUX

Les débits instantanés ont été évalués à partir d'un ajustement statistique de Gumbel.

Débits instantanés à Saint Péver (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	36 m ³ /s [30 ;49]
Q ₂₀	42 m ³ /s [35 ;59]
Q ₃₀	47 m ³ /s [39 ;67]

Débits instantanés à Saint-Clet (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	77 m ³ /s [64 ;120]
Q ₂₀	88 m ³ /s [73 ;140]

2.2. CALCUL DES DEBITS DES RIVIERES NON JAUGÉES

Afin de calculer le débit des rivières non jaugées ou des rivières dont l'échantillon de mesures est trop faible pour réaliser un ajustement statistique satisfaisant, la formule de Myer sera appliquée.

On considère, pour l'application de cette formule, qu'à l'échelle d'une région homogène, du point de vue des variables hydrologiques (topographie, géologie, pluviométrie), les débits spécifiques (l/s/km²) peuvent être considérés comme homogènes.

Cette hypothèse implique que les débits des cours d'eau soient proportionnels à la superficie du bassin versant.

Cette formule se traduit de la manière suivante :

$$Q_a = Q_b \times (S_a/S_b)^m$$

Q : débit,

S : Surface du bassin versant correspondant,

m : coefficient de Myer.

Le coefficient de Myer est un coefficient régional, il est souvent égal à 0.8 en Bretagne, toutefois quand cela sera possible, une évaluation plus fine de ce coefficient sera réalisée.

2.2.1. BASSIN VERSANT DE L'URNE

L'Urne est un cours d'eau jaugé comme nous l'avons vu précédemment mais dont la chronique de données est trop faible.

L'Evron est un cours d'eau proche dont les caractéristiques hydrologiques sont proches. Il est jaugé depuis 20 ans, il a donc un échantillon acceptable. Nous utiliserons donc ce bassin versant pour l'application de la Formule de Myer.

L'Urne étant également jaugée pour les crues récentes, il est possible de caler plus précisément le coefficient de Myer.

Crue	Surface des bassins versants	Janvier 1995	Avril 1998	Décembre 1999	Janvier 2001
Débit Mesuré à Coëtmieux sur l'Evron	142 km ²	20.4 m ³ /s	15.1 m ³ /s	26 m ³ /s	25.7 m ³ /s
Mesuré à Plédran sur l'Urne	40.4 km ²	6.33 m ³ /s	4.23 m ³ /s	6.92 m ³ /s	6.39 m ³ /s
Calcul du coefficient de Myer		0.93	1.01	1.05	1.11

Nous considérerons donc comme valeur du coefficient de Myer pour l'Urne : **m = 1.02**

Les débits caractéristiques de l'Evron sont :

Débits instantanés à Coëtmieux de l'Evron (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	22 m ³ /s [18 ;32]
Q ₂₀	26 m ³ /s [21 ;39]

Nous obtenons alors les débits caractéristiques suivants pour l'Urne :

Débits instantanés à Plédran	
Q ₁₀	6.1 m ³ /s
Q ₂₀	7.2 m ³ /s

Les débits calculés par la méthode de Myer sont proches de ceux calculés par l'ajustement de Gumbel sur les données de la station de jaugeage de l'Urne.

2.2.2. BASSIN VERSANT DU CRÉ

Le Cré est un affluent rive droite de l'Urne, il est donc situé entre l'Urne et l'Evron, nous utiliserons donc de la même façon que précédemment les données de l'Evron avec un coefficient de Myer égal à 1.02.

La surface du bassin versant du Cré au droit de la confluence avec l'Urne est de 25 km², les débits caractéristiques sont donc de :

Débits instantanés du Cré à la confluence avec l'Urne	
Q ₁₀	3.7 m ³ /s
Q ₂₀	4.4 m ³ /s

2.2.3. BASSIN VERSANT DU GOUËT A PLOUFRAGAN

Le Gouët à Ploufragan est équipé d'une station de jaugeage en fonctionnement depuis 1998, la chronologie est donc trop courte pour définir les débits caractéristiques des crues rares. De plus l'analyse des débits mesurés en comparaison avec les débits mesurés à la station de Saint Julien, station en amont, montre qu'il existe une incohérence entre les valeurs des débits de pointes, débits supérieur à Saint Julien.

Cette incohérence s'explique par la présence du barrage de Saint-Barthélémy (CG22), situé juste en amont de la station de jaugeage de Ploufragan. Ce barrage a pour usage l'alimentation en eau potable, la production d'électricité et les loisirs. Il y a un impact sur les crues. Lors des crues récentes, il a permis en outre un laminage des crues et donc un abaissement de l'amplitude du débit de pointe, d'où les apparentes incohérences observées entre les deux stations.

Les modalités de gestion des crues de cette retenue font l'objet actuellement d'une étude spécifique.

Aussi dans le cadre de la présente étude, nous définirons les débits à Ploufragan en faisant l'hypothèse que le barrage est transparent aux crues (calcul du débit naturel de crue du Gouët à Ploufragan), nous utiliserons donc la formule de Myer appliquée à partir de la station de St Julien.

Le coefficient de Myer sera pris égal à 1 comme calculé pour les cours d'eau de l'Evron et de l'Urne.

La surface du bassin versant du Gouët à Ploufragan est de 194 km², les débits caractéristiques sont donc de :

Débits instantanés à Ploufragan	
Q ₁₀	36 m ³ /s
Q ₂₀	44 m ³ /s
Q ₃₀	46 m ³ /s

Dans le cadre de l'étude menée actuellement par le bureau d'étude Stucky, les débits caractéristiques ont été évalués à l'aide d'un modèle F de QDF et comparé également à l'addition du débit de pointe de la Maudouve à Saint-Donan et du Gouët à St Julien, les valeurs obtenues sont très proches (Q₁₀ = 37 m³/s et Q₂₀ = 46 m³/s).

2.2.4. BASSIN VERSANT DE L'IC

L'Ic est un fleuve côtier qui se jette dans le port de Binic. Ce cours d'eau n'est équipé d'une station de jaugeage que depuis 2001 qui ne fournit donc pas de chronologie suffisamment longue pour une étude statistique. Il se situe à proximité du Frémur, ce dernier ayant des caractéristiques proches, nous utiliserons donc les données de ce dernier à Pleslin-Trigavou avec un coefficient de Myer égal à 1 (cf. calcul réalisé pour l'Urne, petit bassin versant côtier proche).

Les débits caractéristiques du Frémur sont :

Débits instantanés à Pleslin-Trigavou du Frémur (Intervalle de confiance à 95%)	
Q ₁₀	7 m ³ /s [5.4 ;13]
Q ₂₀	8.4 m ³ /s [6.4 ;16]

La surface du bassin versant de l'Ic à Binic est de 85 km² et celle du Frémur à Pleslin-Trigavou est de 37.5 km², les débits caractéristiques sont donc de :

Débits instantanés de l'Ic à Binic	
Q ₁₀	15.9 m ³ /s
Q ₂₀	19 m ³ /s

2.2.5. BASSIN VERSANT DU LEFF A BOQUEHO

La station de jaugeage du Boqueho ne permet d'avoir un échantillon que de huit valeurs, comme pour l'Urne la chronique de données est trop faible.

Nous appliquerons donc la formule de Myer à partir de la station de Quemper-Guézennec située également sur le Leff plus en aval.

L'analyse des débits mesurés sur les deux stations nous permet d'affiner la valeur du coefficient de Myer.

Crue	Surface des bassins versants	1996	Avril 1998	Déc 1999	Mai 2001
Mesuré à Boqueho	45 km ²	3.32 m ³ /s	4.97 m ³ /s	8.18 m ³ /s	8.02 m ³ /s
Mesuré à Quemper-Guézennec	339 km ²	13.7 m ³ /s	26.3 m ³ /s	66.5 m ³ /s	61.7 m ³ /s
Calcul du coefficient de Myer		0.70	0.83	1.04	1.01

Nous considérerons donc comme valeur du coefficient de Myer pour le Leff : **m = 0.90**

Nous obtenons alors les débits caractéristiques suivants :

Débits instantanés à Boqueho	
Q ₁₀	9.6 m ³ /s
Q ₂₀	11.5 m ³ /s
Q ₃₀	12.7 m ³ /s

2.2.6. BASSIN VERSANT DU QUINIC

Le Quinic est un petit cours d'eau côtier qui se jette à Paimpol. Ce cours d'eau n'est pas équipé d'une station de jaugeage.

Nous évaluerons les débits caractéristiques du Quinic à partir des données du Frémur à Pleslin-Trigavou et pour un coefficient de Myer égal à 1 (cf. calcul réalisé pour l'Urne, petit bassin versant côtier proche).

La surface du bassin versant du Quinic à Paimpol est de 25 km², les débits caractéristiques sont donc de :

Débits instantanés du Quinic à Paimpol	
Q ₁₀	4.7 m ³ /s
Q ₂₀	5.6 m ³ /s

3. EVALUATION DES DEBITS DE FREQUENCE DE RETOUR SUPERIEURE A 50 ANS

3.1. ANALYSE STATISTIQUE

L'ajustement statistique de Gumbel sur les données des stations de jaugeage fournit une première évaluation des débits centennaux suivants (les débits au droit des cours d'eau non contrôlés sont extrapolés à l'aide de la formule de Myer) :

	Q₁₀₀ par ajustement de Gumbel
Urne à Plédran	9.7 m ³ /s
Gouët à Ploufragan	59 m ³ /s
Gouët à St Julien	42 m ³ /s
Leff à Quemper-Guézennec	97 m ³ /s
Leff à Boqueho	16 m ³ /s
Trieux à Saint Péver	60 m ³ /s
Trieux à Saint Clet	129 m ³ /s
Gouessant à Andel	87 m ³ /s
La Rosette à Mégrit	26 m ³ /s*
Arguenon à Jugon les Lacs	45 m ³ /s*
Ic à Binic	26 m ³ /s
Quinic à Paimpol	7.6 m ³ /s
Cré à Yffiniac	6 m ³ /s

*Les débits de ces stations sont évalués par la loi d'ajustement Log-normale.

Toutefois les séries de données (de 12 à 30 ans) sont trop faibles pour permettre d'évaluer correctement le débit centennal. Ces valeurs de débits sont donc uniquement indicatives, il est nécessaire d'appréhender ces données par une autre méthode.

3.2. LA METHODE DU GRADEX

La méthode du Gradex permet d'extrapoler le débit centennal à partir d'un point pivot suivant la droite d'ajustement des pluies en supposant qu'au-delà de ce débit, la totalité de la lame d'eau va ruisseler, c'est hypothèse forte de cette méthode.

3.2.1. TEMPS DE BASE

Le temps de base peut être estimé par le temps durant lequel $Q > Q_{\max} / 2$ (méthode CEMAGREF). Ce temps est mesuré à partir des hydrogrammes des principales crues des cours d'eau considérés, ces hydrogrammes sont présentés en annexe 3.

Crue Rivière	Crue de 1982	Crue de 1988	Crue de 1995	Crue de 1999	Crue de 2000	Crue de 2001
Urne à Plédran			Plusieurs pics dont un de 12h et 26h	2 pics : 40h et 16h	33h	Plusieurs pics dont un de 24h et 48h
Gouët à St Julien	35h	Plusieurs pics (34h,30h et 15h)	22h	24h	33h	22h
Leff à Quemper-Guézennec	36h	30h	40h * 48h *	31h	29h	29h
Leff à Boqueho				Plusieurs pics dont un de 20h et 33h	26h	2pics : 24h et 15h
Trieux à Saint Péver			72h *	20 h	24 h	36h *
Trieux à Saint Clet			19h 48h *	29 h	36 h	43h *
Gouessant à Andel		17h	24h	24h	48h *	24h
La Rosette à Mégrit		33h	29h	40h	38h	41h
Arguenon à Jugon les Lacs			15h	24h	48h *	19h

(*) Crues composées (plusieurs pics successifs altérant la mesure du temps de base)

L'analyse de l'ensemble des hydrogrammes des cours d'eau montrent que les temps de base sont compris entre 12h et 48h avec une majorité qui se situent autour de 24h, sauf pour la Rosette où le temps de base se situe autour de 48h.

Donc le temps de base retenu pour tous les cours d'eau est de 24h, excepté pour la Rosette où le temps de base considéré est de 48h.

3.2.2. GRADEX DES PLUIES

Le Gradex des pluies est la pente de la courbe d'ajustement statistique des pluies par la méthode de Gumbel.

La valeur de ce Gradex, pour une pluie journalière, est issue de l'étude de spatialisation des pluies extrêmes en Bretagne réalisée par Météo France pour la DIREN Bretagne en avril 2003. Ils ont été calculés par la méthode du renouvellement avec les données des postes pluviométriques de la Bretagne.

Les valeurs indiquées sont les valeurs moyennes par bassin versant pour la période hivernale (P1).

	Gradex de 24h
Urne à Plédran	6.4 mm
Gouët à Ploufragan	6.4 mm
Gouët à St Julien	6.7 mm
Leff à Quemper-Guézennec	6 mm
Leff à Boqueho	6.1 mm
Trieux à Saint Péver	6.5 mm
Trieux à Saint Clet	6.2 mm
Gouessant à Andel	6.8 mm
La Rosette à Mégrit	8.1 mm (Gradex de 48h)
Arguenon à Jugon les Lacs	7.2 mm
Ic à Binic	5.7 mm
Quinic à Paimpol	5.9 mm
Cré à Yffiniac	6.3 mm

3.2.3. RAPPORT QIX/QJX

Les rapports du débit instantané sur le débit journalier sont issus des débits mesurés à chaque station de jaugeage, c'est une valeur fournie par la banque Hydro.

Stations	QIX /QjX
Urne à Plédran	1.40
Gouët à Ploufragan	1.24 *
Gouët à St Julien	1.44
Leff à Quemper-Guézennec	1.29
Leff à Boqueho	1.73
Trieux à Saint Péver	1.21
Trieux à Saint Clet	1.25
Gouessant à Andel	1.31
La Rosette à Mégrit	1.19
Arguenon à Jugon les Lacs	1.60
Ic à Binic	1.33 *
Quinic à Paimpol	1.46 *
Cré à Yffiniac	1.46 *

(*) Pour les cours d'eau, dont l'échantillon de données est inférieur à 20 ans, le rapport est estimé à partir de la formule DIREN Bretagne :

$$Rm = 1.9/S^{0.081}$$

Il en est de même pour les cours d'eau qui ne sont pas jaugés.

Le rapport du débit de pointe sur le débit moyen sur 2 jours à la Rosette est de 1.29. Ce rapport est calculé à partir des données exportées de la Banque Hydro (Qix et VCX2).

3.2.4. LE POINT PIVOT

L'analyse des courbes d'ajustement de Gumbel des débits ne permet pas de dégager une inflexion des courbes au-delà d'un débit.

Nous considérerons comme point pivot le débit d'occurrence décennale.

Le point pivot du Trieux à St Péver sera constitué du débit trentenal en accord avec les études récemment menées sur ces secteurs (PPRi).

Les feuilles de calcul du Gradex se trouvent en annexe 4.

3.2.5. RESULTATS

Les débits centennaux calculés par la méthode du Gradex sont donc :

	Q₁₀₀ par la méthode du Gradex
Urne à Plédran	16 m ³ /s
Gouët à Ploufragan	84 m ³ /s
Gouët à St Julien	62 m ³ /s
Leff à Quemper-Guézennec	130 m ³ /s
Leff à Boqueho	22.5 m ³ /s
Trieux à Saint Péver	67 m ³ /s
Trieux à Saint Clet	165 m ³ /s
Gouessant à Andel	111 m ³ /s
La Rosette à Mégrit	28 m ³ /s
Arguenon à Jugon les Lacs	57 m ³ /s
Ic à Binic	33.4 m ³ /s
Quinic à Paimpol	10.6 m ³ /s
Cré à Yffiniac	9.95 m ³ /s

Les débits centennaux calculés par cette méthode sont supérieurs à ceux calculés par la méthode de l'ajustement de Gumbel. La méthode du Gradex, compte tenu de ces hypothèses, prend en compte le ruissellement de l'ensemble du volume de pluie tombée. Cette hypothèse peut parfois surestimer les débits, mais dans des conditions de terrains saturés en eaux, les coefficients de ruissellements peuvent être très importants et donc les hypothèses de la méthode peuvent s'appliquer. Les derniers épisodes de crues que la Bretagne a connus (1995, 1999 et 2000) ont fait suite à de longues périodes de pluie qui ont saturé les sols.

Nous retiendrons donc la valeur des débits centennaux calculés par la méthode du Gradex.

4. SYNTHÈSE DU CALCUL DES DÉBITS CARACTÉRISTIQUES DE CRUE

	Q_{10}	Q_{100} méthode du Gradex	Q_{100}/Q_{10}
Urne à Plédran	6.1 m ³ /s	16 m ³ /s	2.6
Gouët à Ploufragan	36 m ³ /s	84 m ³ /s	2.3
Gouët à St Julien	26 m ³ /s	62 m ³ /s	2.4
Leff à Quemper-Guézennec	59 m ³ /s	130 m ³ /s	2.2
Leff à Boqueho	9.6 m ³ /s	23 m ³ /s	2.4
Trieux à Saint Péver	37 m ³ /s	67 m ³ /s	1.8
Trieux à Saint Clet	77 m ³ /s	165 m ³ /s	2.1
Gouessant à Andel	52 m ³ /s	111 m ³ /s	2.1
La Rosette à Mégrit	13 m ³ /s	28 m ³ /s	2.2
Arguenon à Jugon les Lacs	24 m ³ /s	57 m ³ /s	2.4
Ic à Binic	15.9 m ³ /s	34 m ³ /s	2.1
Quinic à Paimpol	4.7 m ³ /s	10 m ³ /s	2.1
Cré à Yffiniac	3.7 m ³ /s	10 m ³ /s	2.7

5. FORTES CRUES RECENTES

L'analyse des crues les plus importantes mesurées est réalisée à partir des stations de jaugeages existantes fournissant des débits ayant une signification de fonctionnement hydrologique naturel du cours d'eau.

Débits de pointe de crue

Crue Rivière	Février 1974	Janvier 1982	Février 1988	Janvier 1995	Déc. 1999	Déc. 2000	Janvier 2001	Mai 2001
Urne à Plédran				6.33 m ³ /s	6.92 m ³ /s	6.01 m ³ /s	6.39 m ³ /s	
Gouët à St Julien		26.3 m ³ /s	32.3 m ³ /s	27.4 m ³ /s	28.5 m ³ /s	24.4 m ³ /s	23.9 m ³ /s	31.5 m ³ /s
Leff à Quemper-Guézennec	74.2 m ³ /s	75.2 m ³ /s	64.5 m ³ /s	46.5 m ³ /s	66.5 m ³ /s	43.6 m ³ /s	52.1 m ³ /s	61.7 m ³ /s
Leff à Boqueho					8.18 m ³ /s	8.54 m ³ /s	7.66 m ³ /s	8.02 m ³ /s
Trieux à Saint Péver		33.2 m ³ /s	33.7 m ³ /s	38.4 m ³ /s	35.5 m ³ /s	37.5 m ³ /s	31 m ³ /s	
Trieux à Saint Clet				76.4 m ³ /s	86.1 m ³ /s	86.5 m ³ /s	70.1 m ³ /s	
Gouessant à Andel		51.4 m ³ /s	67.9 m ³ /s	37.5 m ³ /s	69.5 m ³ /s	18.1 m ³ /s	54.2 m ³ /s	
La Rosette à Mégrit		8.04 m ³ /s	16.2 m ³ /s	13.5 m ³ /s	16.8 m ³ /s	10 m ³ /s	15.4 m ³ /s	11.5 m ³ /s
Arguenon à Jugon les Lacs	20.7 m ³ /s	12.4 m ³ /s	25.2 m ³ /s	33 m ³ /s	27.2 m ³ /s	16.1 m ³ /s	35.1 m ³ /s	

Période de retour

Crue Rivière	Février 1974	Janvier 1982	Février 1988	Janvier 1995	Déc. 1999	Déc. 2000	Janvier 2001	Mai 2001
Urne à Plédran				10 ans	20 ans	10 ans	10 ans	
Gouët à St Julien		10 ans	30 ans	10 ans	10 ans	< 10 ans	< 10 ans	20 ans
Leff à Quemper-Guézennec	25 ans	25 ans	15 ans	< 10 ans	15 ans	< 10 ans	< 10 ans	10 ans
Leff à Boqueho					10 ans	10 ans	< 10 ans	10 ans
Trieux à Saint Péver		10 ans	10 ans	10 ans	10 ans	10 ans	< 10 ans	
Trieux à Saint Clet				< 10 ans	15 ans	15 ans	< 10 ans	
Gouessant à Andel		10 ans	30 ans	< 10 ans	30 ans	< 10 ans	10 ans	
La Rosette à Mégrit		< 10 ans	20 ans	10 ans	25 ans	< 10 ans	20 ans	< 10 ans
Arguenon à Jugon les Lacs	< 10 ans	< 10 ans	10 ans	30 ans	15 ans	< 10 ans	30 ans	

Un des événements les plus marquants depuis 30 ans sur l'ensemble de la zone d'étude est la crue de décembre 1999 qui a une occurrence comprise entre 10 et 30 ans.

6. DEFINITION DE L'ALEA

L'analyse des occurrences des crues les plus importantes sur l'ensemble de la zone d'étude a montré qu'aucune crue ne dépassait une période de retour de 30 ans. Compte tenu de la réglementation sur les risques inondation (loi du 2 février 1995 en particulier), l'aléa inondation doit être caractérisé par rapport à une crue plus importante donc plus rare (fréquence de retour centennale).

Pour chaque bassin versant de la zone d'étude, le débit centennal a été évalué par la méthode du Gradex comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents.

Aujourd'hui, excepté dans les secteurs ayant fait l'objet de modélisations hydrauliques, seuls les niveaux d'eau atteints lors d'événements connus sont appréciables. Il est donc nécessaire d'estimer une surcote à appliquer au niveau d'eau atteint lors des crues connues pour évaluer les niveaux d'eau atteints pour une crue exceptionnelle, de type centennale.

Cette surcote est définie en fonction des différentes études hydrauliques qui ont été réalisées sur le secteur, et qui ont étudiées la crue centennale (notamment dans le cadre des PPRi). Au cours de ces études, des modélisations mathématiques ont été mises en œuvre, et ont donc permis de calculer le niveau d'eau atteint lors de la crue centennale. Ces niveaux d'eau ont été comparés au niveau d'eau atteint lors d'événements connus et des surcotes peuvent ainsi être évaluées.

Les études récentes sur lesquelles nous allons baser notre analyse sont :

- Etude du risque d'inondation de Guingamp et Pontrieux – BCEOM – Février 2003,
- Etude du risque d'inondation de Jugon les lacs – BCEOM – Juin 2003,
- Etude du risque d'inondation de Plancoët – BCEOM – Juin 2003,
- Etude hydraulique des bassins versant du Gouessant et du Chiffrouet – BCEOM – Mars 2000,
- Etude hydraulique de la rivière l'Ic à Binic – BCEOM – 2003.

Le tableau suivant reprend l'ensemble des données de surcotes issues de ces études.

Localisation de l'évaluation de la surcote	Surcote entre la crue connue et la crue centennale	Crue de comparaison (crue connue)
Le Trieux à Guingamp	+ 1 m	Crue 1995
Le Trieux à Pontrieux	+ 1m	Crue de 1999
Le Gouessant à Lamballe	+ 0.75 m	Crue de 1999
Arguenon à Plancoët	+ 2 m	Crue de 1999
Arguenon à Jugon les Lacs	+ 1 m	Crue de janvier 2001
La Rosette à Jugon les Lacs	+ 1 m	Crue de 2001 et 1999
Ic à Binic	+ 0.50 m	Crue de 1999

Remarque importante : Les surcotes indiquées sont des moyennes, et elles sont considérées hors des zones d'influences des ouvrages qui peuvent provoquer des mises en charge et donc des surcotes très importantes : ces particularités très locales ne sont pas prises en compte dans le cadre de cet atlas.

L'analyse de ce tableau montre que **la surcote moyenne est de l'ordre du mètre** par rapport à la crue la plus importante connues sur l'ensemble des zones étudiées. Nous constatons toutefois qu'à Plancoët la surcote est plus important, 2m. Cela s'explique par la présence de la retenue de la Ville Hatte qui a un effet tampon important et qui a donc laminé les crues récentes. Le débit centennal étant calculé pour des conditions de fonctionnement naturelles, il est normal que la surcote soit plus importante.

Pour la crue exceptionnelle, référence pour l'établissement des aléas inondation, nous proposons de retenir comme niveaux de référence sur l'ensemble de la zone d'étude les niveaux atteints par les plus fortes crues rehaussés de 1 m. Pour les portions de cours d'eau situées en aval de la retenue de la Ville Hatte sur l'Arguenon et de la retenue de St Barthélémy sur le Gouët, nous proposons de retenir comme niveaux de référence les niveaux atteints par les plus fortes crues rehaussés de 2 m.

L'aléa peut se caractériser par la hauteur de submersion, principal paramètre physique caractérisant les inondations du secteur d'étude (crues lentes de plaine) :

- Aléa fort : hauteur d'eau supérieure à 1 m,
- Aléa moyen : hauteur d'eau comprise entre 0.5 m et 1 m,
- Aléa faible : hauteur d'eau inférieure à 0.5 m.

7. SUBMERSION MARINE

La zone d'étude est caractérisée par sa proximité de la côte, aussi les inondations rencontrées peuvent s'expliquer d'une part par les débits importants des cours d'eau mais également par des niveaux d'eau importants de la mer. Dans ces conditions, les zones proches du rivage connaîtront plutôt une submersion marine.

Il est donc important de connaître les niveaux d'eau maximales atteints par la mer pour définir l'aléa de la submersion marine.

Les fluctuations du niveau de la mer ont deux origines :

- La marée astronomique,
- Les surcotes liées aux conditions météorologiques.

1) Marée astronomique

La prévision de la marée astronomique se fait avec une bonne précision depuis la seconde moitié du siècle dernier. En France, ces prévisions sont répertoriées dans l'annuaire des marées. La méthode de prévision de marée utilisée ne prend en compte que les forces dues à l'action périodique des astres. Les phénomènes météorologiques sont donc omis.

Sur notre secteur d'étude la prévision des marées est calculée dans plusieurs ports, le tableau suivant reprend la cote d'eau moyenne atteinte pour un coefficient de marée :

Nom	PHM	PM95	PM45	NM	BM45	BM95	PBM	Zéro hydro
Erquy	12.9	11.6	8.85	6.51	4.2	1.5	0.15	-6.06
Le Légué	12.55	11.4	8.8	6.4	4	1.4	0.05	-5.9
Binic	12.8	11.4	8.65	6.35	4	1.35	0	-5.905
Saint-Quai-Portrieux	12.75	11.25	8.6	6.3	4	1.	- 0.05	-5.905
Paimpol	12.15	10.8	8.4	6.12	3.85	1.45	0.2	-5.635
Lézardrieux	11.7	10.5	8.05	5.9	3.75	1.35	0.15	-5.48

Les cotes sont données en m côte marine (CM), la conversion en m IGN69 se fait de la façon suivante :

$$Z \text{ m IGN 69} = Z \text{ m CM} + \text{Zéro hydro}$$

Z : Niveau de marée
PHM : Plus Haute Mer astronomique,
PM95 : Pleine mer de vive-eau moyenne,
PM45 : Pleine mer de morte-eau moyenne,
NM : Niveau moyen,
BM45 : Basse mer de morte-eau moyenne,
BM95 : Basse mer de vive-eau moyenne,
PBM : Plus basse mer astronomique.

La comparaison d'une hauteur d'eau prédite à celle mesurée par un marégraphe montre souvent une différence significative. C'est ce qu'on appelle le phénomène de surcote ou de décote.

2) Phénomène de surcote/décote

Ce phénomène qui n'est pas périodique et indépendant de la marée est dû à l'influence des conditions météorologiques. Il dépend :

- De la pression barométrique : on peut admettre que le niveau s'élève d'autant de centimètres que la pression a baissé de millibars.
- Des vents.
- Du déferlement des vagues.
- D'autres paramètres comme les courants, les seiches (oscillations de bassins)....

Les surcotes et décotes sont amplifiées en fonds de baie ou d'estuaire, et minimisées au niveau des caps et des avancées. De la même façon, des fonds accores ou des fonds faibles modifient également l'amplitude de ces phénomènes.

Le SHOM a réalisé en 1994, une cartographie des niveaux extrêmes le long des côtes de France à partir de l'analyse statistique des mesures dans les ports équipés de marégraphes.

3) Niveau de référence

Afin de définir la côte de référence pour la submersion marine, nous utiliserons les données proposées par cette étude (cf. annexe 5), et nous prendrons comme niveau de référence, le niveau maximal de période de retour centennale.

Ainsi pour chaque commune, nous avons :

Commune(PHM en IGN 69)	Côte de référence en m IGN69
Lancieux	7.2
Saint-Jacut-De-La-Mer	7.2
Erquy(6.84)	7.1
Pleuneuf Val André	7.1
Morieux	6.7
Hillion	6.7
Yffiniac	6.7
Langueux	6.7
Saint-Brieuc(6.65)	6.7
Plerin	6.8
Binic(6.9)	7
Saint Quai Portrieux(6.85)	7.3
Plouha	7.2
Plouezec	7.2
Paimpol(6.52)	7
Pleubian	6.2

La surcôte par rapport à la marée théorique la plus haute (PHM) varie de 5 à 48 cm

L'aléa peut se caractériser par la hauteur de submersion marine, nous retiendrons les mêmes aléas que pour la submersion fluviale, à savoir :

- Aléa fort : hauteur d'eau supérieure à 1 m,
- Aléa moyen : hauteur d'eau comprise entre 0.5 m et 1 m,
- Aléa faible : hauteur d'eau inférieure à 0.5 m.

Dans le cas où les terres seraient protégées par une digue, l'aléa sera réalisé en considérant celle-ci transparente (hypothèse de la surverse et/ou de la rupture de la digue).

ANNEXES

ANNEXE 1 :
EXTRAIT DES DEBITS INSTANTANES
ISSUS DE LA BANQUE HYDRO

**ANNEXE 2 :
RESULTATS DU LOGICIEL TROPHEE
POUR BOIS LEAR ET MEGRIT**

ANNEXE 3 : HYDROGRAMMES DE CRUE

ANNEXE 4 :
CALCUL DU DEBIT CENTENNAL
PAR LA METHODE DU GRADEX

ANNEXE 5 :
CARTES DES NIVEAUX EXTREMES MARITIMES - SHOM