

Pour la Préfète et par délégation,
le Secrétaire Général

Yvan CORDIER

VU POUR ETRE ANNEXE A MON
ARRETE EN DATE DU - 5 AOUT 2016

Eau
Environnement



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



COMMUNE DE CRIEL-SUR-MER, ELABORATION DU PLAN
DE PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS INONDATION ET
ÉBOULEMENT DE FALAISE

Rapport n° : 12F-144-RP-3
Révision n° : B
Date : 23/02/2016

Rapport

Note technique complémentaire suite à l'enquête
publique

Votre contact
Stéphanie JANIN-REINER
janin-reiner@isl.fr

ISL Ingénierie SAS - Siège
75 Boulevard Mac Donald
75019 Paris - FRANCE
Tel. : +33 1 55 26 99 99
Fax : +33 1 40 34 63 36

www.isl.fr

ISL
Ingénierie

visa

SOMMAIRE

1	CARACTÉRISATION DES PHÉNOMÈNES	1
1.1	SUBMERSION MARINE	1
1.2	DÉBORDEMENT DE L'YÈRES	2
1.3	RUISSELLEMENT	3
1.4	REMONTÉE DE NAPPE	6
2	DÉFINITION DES ALÉAS	6
2.1	SUBMERSION MARINE	6
2.2	ALÉA INONDATION	7
2.3	ALÉA RUISSELLEMENT	8
2.3.1.1	Intensité de la pluie	8
2.3.1.2	Méthodologie de cartographie	8
2.3.1.3	Zones à risques potentielles	9
2.3.1.4	Les zones de production	9
2.3.1.5	Ouvrages de lutte contre le ruissellement	9

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1	: RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION DE L'ALÉA RUISSELLEMENT (SGEP, 2012)
-----------------	---

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : déplacement d'un humain dans l'eau	7
Figure 2 : axe de ruissellement (avec numérotation correspondant à l'ID) sur lesquels ont été calculés les caractéristiques des sections mouillées	10

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : détermination du niveau marin de référence suivant le guide méthodologique des PPRL	1
---	---

CARACTÉRISATION DES PHÉNOMÈNES

1.1 SUBMERSION MARINE

Méthodologie de détermination du niveau marin

Le niveau marin de l'aléa de référence est défini suivant le guide méthodologique des plans de prévention des risques littoraux de la Direction Générale de la Prévention des Risques (mai 2014).

Pour l'aléa de référence, le niveau maximal atteint à marée haute est de 6,95 m NGF, il est défini comme suit :

niveau marin de période de retour 100 ans donné par le SHOM et le CETMEF, tenant compte de la marée astronomique et de la surcote	6.4 m NGF
setup (surélévation du niveau marin dans la zone de déferlement des vagues)	+ 0,10 m
élévation du niveau moyen à court termes due au changement climatique	+ 0.20 m
marge de sécurité due aux incertitudes	+ 0.25 m
Total	6,95 m NGF

Tableau 1 : détermination du niveau marin de référence suivant le guide méthodologique des PPRL

Le niveau marin de période de retour 100 ans (6,4 m NGF) a été calculés par le SHOM et le CETMEF au droit de Criel-sur-Mer (L. Pineau-Guillou, Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique), (CETMEF – SHOM, 2008, 2012).

Le setup (surélévation du niveau marin dans la zone de déferlement des vagues) a été calculé par ISL à l'aide d'un modèle numérique de propagation de la houle.

L'élévation de 0,20 m du niveau moyen à court termes due au changement climatique est donnée par le guide méthodologique des PPRL.

La marge de sécurité de 0,25m est donnée par le guide méthodologique des PPRL.

Pour l'aléa tenant compte du changement climatique à échéance 100 ans, la valeur à court termes de 0,20 m est remplacée par 0,60 m.

Remarque sur le niveau d'eau atteint dans les prés salés

Le niveau atteint dans les prés salés est obtenu par modélisation numérique bidimensionnelle. Côté mer, les apports d'eau proviennent de la rupture de digue avec un niveau marin à 7,35 m NGF, des débits de franchissement de vagues par-dessus la digue. Côté terre, les apports proviennent de l'Yères. Les niveaux d'eau dans les prés salés obtenus par modélisation sont ainsi supérieurs que le niveau marin.

Méthodologie de détermination de la hauteur de houle

La hauteur de houle au large de Criel-sur-Mer prise en compte dans les calculs est comprise entre 4,2 m et 3,9 m au large. Ces valeurs proviennent de la base de données ANEMOC (Atlas Numérique d'Etats de Mer Océanique et Côtier - © CETMEF / EDF R&D-LNHE 2010/2011). Ces hauteurs de houle sont ensuite propagées jusqu'à la plage de Criel-sur-Mer à l'aide du modèle numérique SWAN construit par ISL. Des tests de sensibilités ont été effectués sur les paramètres de propagation de la houle de ce modèle pour s'assurer de sa robustesse. La hauteur des vagues en pied de digue atteint alors 2 m.

Justification de la prise en compte d'une brèche dans la digue

Le guide méthodologique des plans de prévention des risques littoraux de la Direction Générale de la Prévention des Risques considère que les ouvrages de protection permettent « de jouer un rôle pour les personnes habitant dans la zone protégée aussi bien pour des événements fréquents, de type événements annuels (absence de submersion), que pour des événements plus rares [...]. Néanmoins, il ne faut pas oublier qu'ils induisent un aléa supplémentaire en cas de rupture. »

Le guide rajoute que « l'élaboration du projet de PPRL repose sur le principe fort qu'une zone protégée par une digue reste une zone inondable » et « [qu'] Aucun ouvrage ne peut être considéré comme infaillible, quelles que soient ses caractéristiques et sa résistance présumée ».

Le guide méthodologique préconise donc de tenir compte d'une brèche dans la digue de protection d'une largeur d'au moins 50 m, même s'il n'y en a jamais eu historiquement. C'est pourquoi le PPRN de Criel-sur-Mer tient compte d'une brèche de 50 m.

1.2 DÉBORDEMENT DE L'YÈRES

Explication sur la prise en compte du débit centennal

Il n'a pas été observé ces 35 dernières années d'inondation à Criel-sur-Mer du seul fait de l'Yères. Effectivement la période de retour du débit de l'Yères le plus important enregistré à Criel-sur-Mer est de 20 ans. Cette crue n'est pas débordante là où des enjeux existent. Le Guide méthodologique des PPRI préconise de tenir compte d'un événement de période de retour 100 ans si celui-ci est supérieur à l'événement maximal enregistré. Pour la crue de période de retour 100 ans (qui n'a pour l'instant pas été enregistré à Criel-sur-Mer), l'Yères est débordante.

Prise en compte des facteurs anthropiques

Les impacts des facteurs anthropiques, c'est-à-dire liés à l'homme (ouvrages hydrauliques, pratiques agricoles) doivent être pris en compte dans la caractérisation de l'aléa car ils caractérisent l'état existant et réel du territoire.

Les aménagements humains pouvant potentiellement aggraver les inondations tels que les ouvrages doivent être pris en compte dans la caractérisation de l'aléa. Les caractéristiques d'évacuation à la mer des ouvrages de la digue ont bien été prises en compte dans la caractérisation de l'aléa.

Les effets des pratiques agricoles en amont sont pris en compte intrinsèquement dans la détermination du débit de période de retour 100 ans. Celui-ci étant calculé statistiquement à partir des enregistrements des débits en rivière en amont de Criel-sur-Mer. Si les pratiques agricoles ont impactées les débits de l'Yères depuis 35 ans (début des mesures dans l'Yères), alors cet effet est pris en compte.

1.3 RUISSELLEMENT

La caractérisation de l'aléa ruissellement a été reprise du schéma de gestion des eaux pluviales validé par la commune en 2012. Celui-ci a été réalisé en tenant compte de l'état réel de l'occupation du sol. Si des modifications des pratiques culturales ont lieu dans le futur, le PPR peut potentiellement être révisé, si ces modifications sont de nature à modifier significativement le zonage.

La visite de terrain du 11 février 2016 a permis de confirmer que le SGEP et le PPR reprenaient bien les secteurs d'apports d'eau importants avenue de la Terrasse. Les rues voisines peuvent présenter du ruissellement mais les volumes ne sont pas suffisamment significatifs pour une intégration dans la cartographie.

Suite à cette visite du jeudi 11 février 2016, la cartographie du zonage réglementaire a été modifiée de la manière suivante.

Mesnil Val :

La zone rouge d'aléa fort de la voirie est élargie par calcul SIG entre les hauteurs de ruissellement sur voirie et le LIDAR.

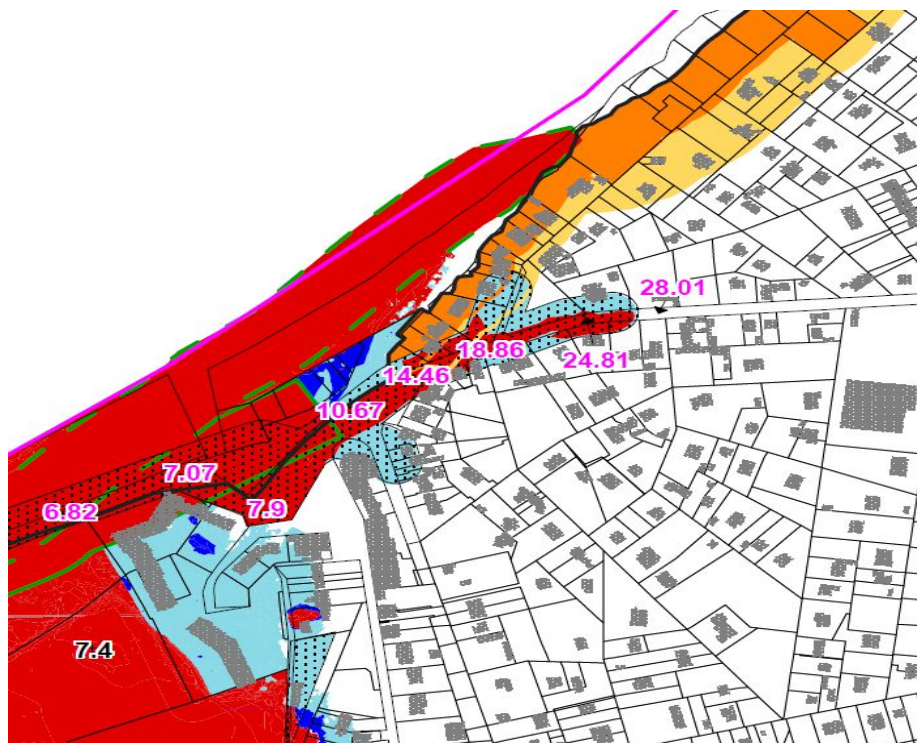
Le reste de la zone (risque potentiel) est en bleu clair.



Criel-Plage :

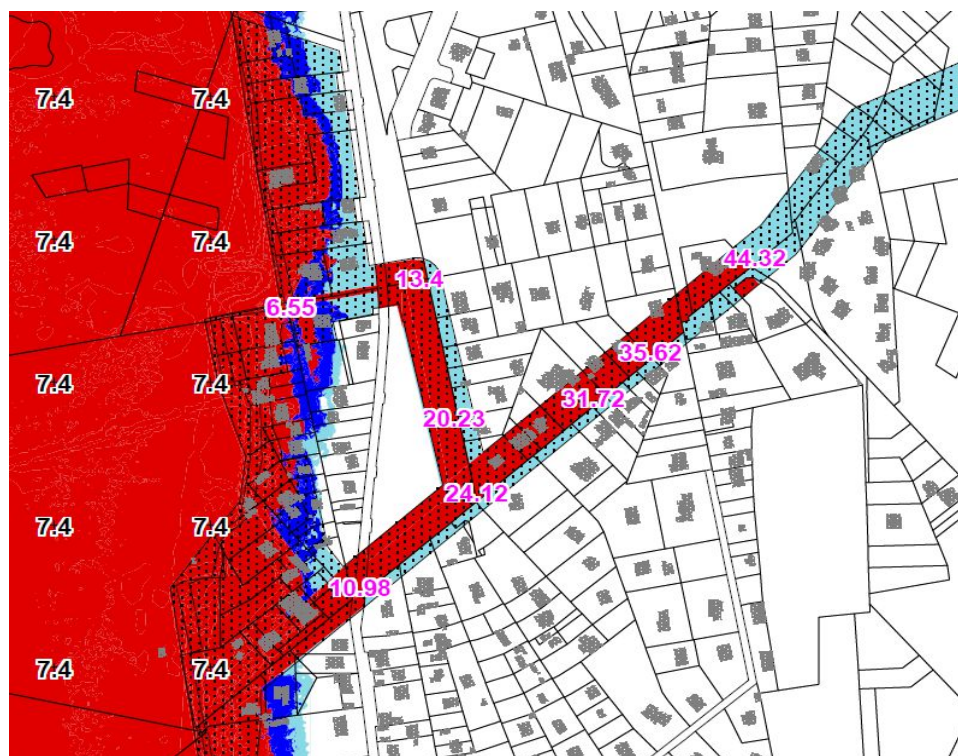
La zone rouge d'aléa fort de la voirie est élargie par calcul SIG entre les hauteurs de ruissellement sur voirie et le LIDAR.

Le reste de la zone (risque potentiel) est en bleu clair.



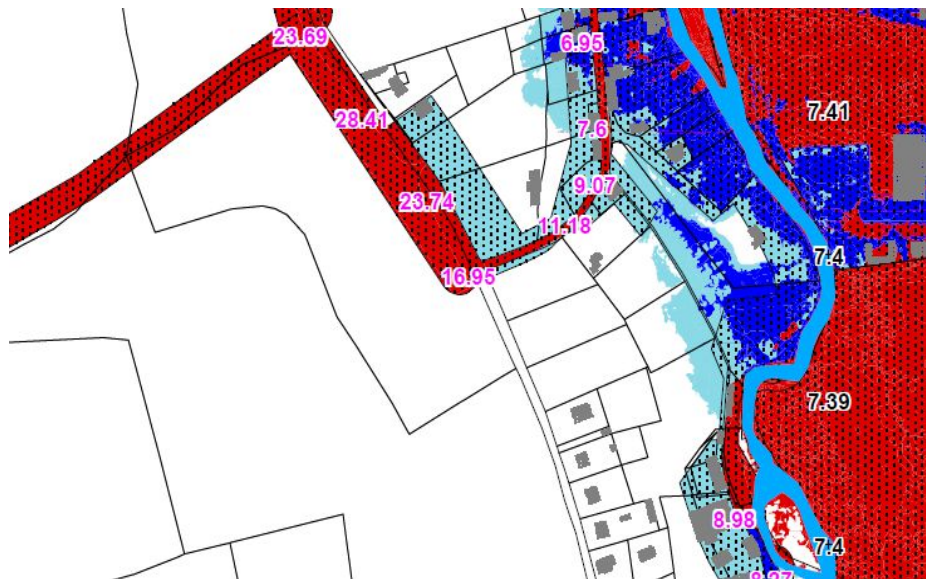
Avenue de la Terrasse :

La zone de risque potentiel est modifiée en bleu clair, sauf la partie basse du dévers
(idem pour le Boulevard Jean Mermoz)



Rue basse rue :

Le tronçon de zone à risque potentiel en zone urbanisée est en bleu clair. La voirie reste en rouge.



1.4 REMONTÉE DE NAPPE

Dans le secteur de Criel-sur-Mer, les événements historiques montrent que le phénomène, s'il a lieu, accentue les inondations mais il n'est pas prépondérant par rapport aux autres aléas notamment dans le cas d'événements extrêmes.

Du fait du manque de données hydrogéologiques chiffrées sur le territoire, la détermination de l'aléa remontée de nappe n'a pu être réalisée de manière précise. Un secteur soumis à l'aléa remontée nappe a néanmoins été cartographié. Cette zone étant incluse dans les zones soumises à l'aléa submersion marine, débordement de l'Yères et ruissellement, aucune prescription propre à cet aléa remonté de nappe n'est définie. Dans ces secteurs, les prescriptions concernant les autres aléas sont applicables.

2 DÉFINITION DES ALÉAS

2.1 SUBMERSION MARINE

Caractéristiques de la rupture de digue

La rupture de digue est très pénalisante, mais les caractéristiques de cette rupture sont fondées sur le guide méthodologique de PPRL et sur l'expérience de rupture de digues qui ont pu se produire sur d'autres secteurs du littoral, notamment en Vendée lors de la tempête Xynthia. Cette expérience est adaptée aux particularités de la digue de Criel-

sur-Mer (matériaux, dynamique des niveaux d'eau amont et aval, apport de l'Yères, volume disponible de remplissage des près salés...).

Effacement total de la digue

L'étude de l'effacement total de la digue est préconisée par le Guide méthodologique des PPRL à titre informatif, mais n'est pas utilisé pour le zonage.

Croisement de la hauteur d'eau aux vitesses d'écoulement

Les niveaux d'aléa sont obtenus en croisant en tous point du modèle numérique la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement.

Le principe de croiser la hauteur d'eau et les vitesses d'écoulement pour obtenir un niveau d'aléa est préconisé par les guides méthodologiques des PPR. Il se justifie par le fait que les possibilités de déplacement et de mise en péril d'un humain dans l'eau sont conditionnées par ces 2 paramètres (cf. Figure 1).

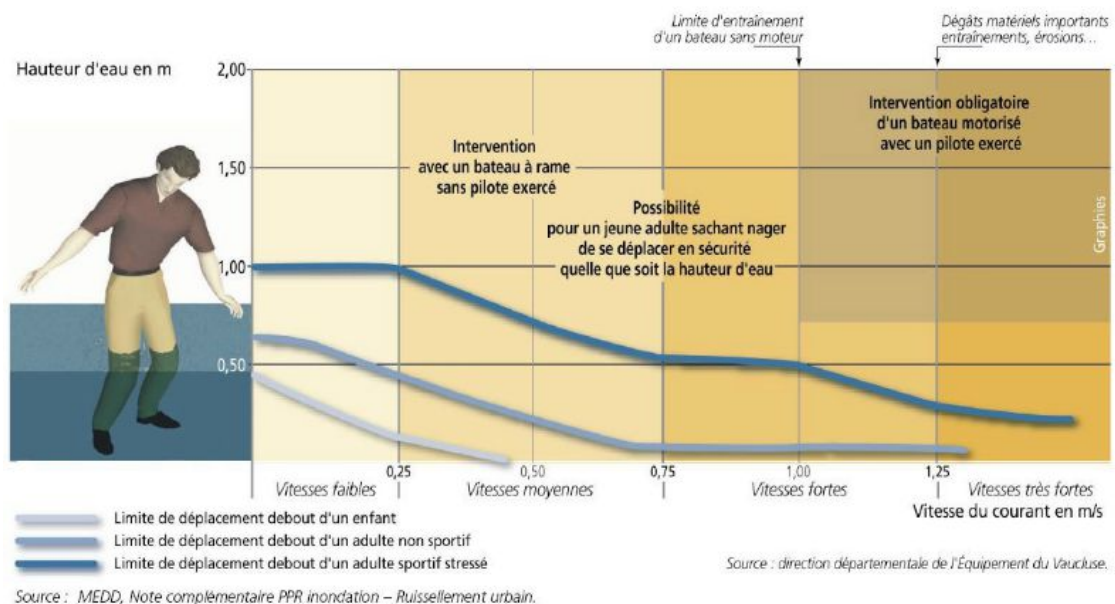


Figure 1 : déplacement d'un humain dans l'eau

Le cordon de Galet

Le calcul des débits de franchissement tient compte d'un profil abaissé du cordon de galet.

Les études antérieures dont ont fait l'objet les plages de galet ont montré que les transports de galets s'effectuent en zone de déferlement des vagues, les variations de hauteur peuvent être de l'ordre de 1 à 2 m sur l'estran de galets (et parfois plus), notamment lors des tempêtes. Lors des fortes tempêtes le LCHF (Laboratoire Central d'Hydraulique de France) estime qu'il est certain que les transports par saltation (déplacement par sauts) deviennent notables, en témoignent les importantes quantités de galets qu'il a pu être observé sur la route côtière après les tempêtes à Criel-sur-Mer.

2.2 ALÉA INONDATION

Méthodologie de détermination du débit de pointe

Le débit de pointe centennal de l'Yères a été calculé à l'aide d'une méthode statistique éprouvée et couramment utilisée (appelée méthode du gradex esthétique). Les débits enregistrés dans l'Yères depuis 35 ans sont analysés (ajustement statistique d'une loi de Gumbel), l'analyse est également faite sur les pluies. Ces 2 analyses sur les débits et les pluies permettent extrapoler la valeur des débits rares tel que le débit de période de retour 100 ans qui n'ont pas été enregistrés à la station.

Il est rappelé que le débit de pointe lors de la crue de 1999 était de période de retour 20 ans. La période de retour prise en compte dans un PPR est 100 ans.

Il est normal que le lit mineur de l'Yères ne puisse pas faire transiter un tel débit centennal. Le lit mineur d'un cours d'eau fait transiter des débits de période de retour maximale 5 à 10 ans suivant les tronçons.

2.3 ALÉA RUISSELLEMENT

Il est rappelé que la caractérisation de l'aléa ruissellement a été reprise du schéma de gestion des eaux pluviales validé par la commune.

2.3.1 Intensité de la pluie

La caractérisation de l'aléa ruissellement nécessite de travailler avec un hyétogramme au pas de temps horaire. Effectivement les événements les plus pénalisants pour le ruissellement sont les événements orageux qui sont courts mais intenses. Pour construire un hyétogramme de période de retour 100 ans, on peut utiliser les mesures à la station la plus proche (station de Saint-Martin-de-Gaillard) si celles-ci sont enregistrées au pas de temps horaire. La station de Saint-Martin-de-Gaillard enregistre uniquement au pas de temps journalier. Dans ce cas, on suppose que le rapport entre averse courte et longue pluie de 24 h est constant dans la région. On utilise alors des coefficients de Montana d'une station plus éloignée (station d'Abbeville) pour évaluer les caractéristiques des pluies horaires à la station de Saint-Martin-de-Gaillard.

Les différents cumuls de pluies statistiques sont les suivantes :

- l'analyse statistique sur la station de Saint-Martin-de-Gaillard pour les crues orageuse d'été mène à un cumul de pluie sur 24 heures de 82 mm ;
- le cumul horaire retenu pour le PPRI est 43 mm ;
- le cumul du pic de 15 minutes retenu pour le PPRI est 29 mm ;

Ces cumuls sur différentes durées sont cohérents entre eux dans le cas d'événements orageux.

Il est important de rappeler qu'un événement centennal est l'événement dont la probabilité de se produire ou d'être dépassé chaque année est égale à 1/100.

2.3.1.2 Méthodologie de cartographie

La méthode de calcul des largeurs du ruissellement est donnée ci-dessous.

Il est rappelé que les zones d'expansion des ruissellements ont été définies à partir:

- des calculs du débit de pointe pour l'événement centennal ;
- des estimations des profils en travers et profils en long des axes de ruissellement ;
- de l'évaluation des largeurs des zones d'expansion des ruissellements sur la base des formules empiriques comme Manning-Stricker.

$$Q = KAR^{2/3} \sqrt{S}$$

et $K_{strickler} = \frac{1}{n_{Manning}}$

avec $R = \frac{A}{P_{mouillé}}$

La vitesse des écoulements superficiels est obtenue par la formule de Manning-strickler suivante :

$$v = KR^{2/3} \sqrt{S}$$

Q = débit (m³/s)
v = vitesse (m/s)
K = coefficient de Strickler
n = coefficient de Manning
R = rayon hydraulique (m)
A = section hydraulique (m²)
P_{mouillé} = périmètre mouillé (m)
S = pente - de la ligne d'énergie (m/m)

Les résultats par sous-bassin versant sont donnés en annexe 1 : Résultats de la caractérisation de l'aléa ruissellement (SGEP, 2012).

2.3.1.3 Zones à risques potentielles

Le SGEP définit des zones à risque potentiel. L'intensité de l'aléa sur l'axe de ruissellement a été appliquée à l'intégralité du polygone de risque potentiel. Ceci se traduit par des zones très pénalisées dans le règlement. La DDTM propose de ne conserver l'intensité de l'aléa que sur la voirie et de changer la couleur du reste du polygone à risque potentiel en couleur bleu clair du règlement.

2.3.1.4 Les zones de production

Les zones de production sont données à titre informatif, le règlement ne prescrit pas de mesure particulière dans ces zones.

2.3.1.5 Ouvrages de lutte contre le ruissellement

La politique nationale prescrit de ne pas tenir compte des ouvrages de lutte contre les inondations telles que les ouvrages de rétention des ruissellements. En effet, les événements de pluie de dimensionnement de ces ouvrages sont de l'ordre de période de retour de 5 à 20 ans, ces ouvrages protègent Criel-sur-Mer pour des crues courantes. Ces crues sont bien inférieures à un événement centennal, donc plus rare, considéré dans un PPRI. Pour une crue centennale, les ouvrages de protection n'ont plus d'efficacité, ils sont transparents.

ANNEXE 1 : RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION DE L'ALÉA RUISSELLEMENT (SGEP, 2012)

Caractéristiques des sections mouillées (hauteur et largeur) lors de l'événement centennal le plus défavorable									
Débit d'arrivée (m³/s)	BV/exutoire SBV n°	Base (m)	Hauteur à calculer (m)	Pente latérale (m/m)	K	Pente longitudinale	Débit capacitaire Méthode Manning (m³/s)	Q point cumulé (m³/s)	L largeur inondée minimale 15 (m)
0.76	sc1.4	0.5	0.370	0.122	8	0.048	0.78	0.76	6.5
2.07	sY3	0.5	0.500	0.114	8	0.070	2.11	2.07	9.3
1.60	sc1.1	1	1.000	2.222	8	0.056	1.62	1.60	1.9
2.64	s5.2	0.5	0.570	0.101	8	0.045	2.66	2.64	11.8
1.30	s6.1	1	0.870	2.222	8	0.060	1.32	1.30	1.8
1.50	s9.5	0.5	0.465	0.118	8	0.056	1.52	1.50	8.4
0.91	s9.6	0.5	0.280	0.049	8	0.057	0.92	0.91	12.0
1.09	s9.8	0.5	0.320	0.059	8	0.058	1.10	1.09	11.3
0.27	s9.9	0.5	0.500	2.105	8	0.074	0.30	0.27	1.0
1.18	s9.7	0.5	1.200	2.105	8	0.046	1.21	1.18	1.6
1.35	s9.10	0.5	0.480	0.093	8	0.025	1.37	1.35	10.8
6.64	s9.15	0.5	0.937	0.112	8	0.027	6.64	6.64	17.3
2.26	s13.13	0.5	0.480	0.080	8	0.053	2.29	2.26	12.5
1.62	s14.2	0.5	0.490	0.112	8	0.044	1.63	1.62	9.3
18.30	s9.2	1	1.315	0.056	8	0.009	18.30	18.30	48.1

ID	NODE	Largeur voirie	Débit d'arrivée (m³/s)	Largeur voirie (m)	Hauteur (m)	A (section) (m²)	P (perimetre) (m)	R (rayon hydrau) (m)	Vitesse mannings (m/s)	K	Pente longitudinale	Débit capacitaire Méthode Manning (m³/s)
1	sY3	3.0	2.1	3.0	0.15	0.438	3.292	0.133	4.7	60	0.092	2.08
2	1615	4.5	2.4	4.5	0.18	0.828	4.868	0.170	2.9	60	0.025	2.42
3	1324	4.0	0.7	4.0	0.21	0.840	4.420	0.190	0.9	60	0.002	0.76
4	1292	6.0	1.0	6.0	0.25	1.501	6.500	0.231	0.7	60	0.001	1.07
5	1731	6.0	0.1	6.0	0.05	0.300	6.100	0.049	0.6	60	0.005	0.18
6	1562	6.0	1.0	6.0	0.12	0.732	6.244	0.117	1.4	60	0.009	0.99
7	1534	4.0	1.2	4.0	0.28	1.121	4.560	0.246	1.1	60	0.002	1.20
8	1160	4.0	0.2	4.0	0.07	0.280	4.140	0.068	0.8	60	0.006	0.22
9	C4	5.0	1.0	5.0	0.09	0.450	5.180	0.087	2.3	60	0.038	1.03
10	951	5.0	19.3	5.0	0.96	4.799	6.916	0.694	4.0	60	0.007	19.28
11	C62	9.0	14.1	9.0	0.39	3.521	9.782	0.360	4.0	60	0.017	14.11
12	s9.7	2.0	1.2	2.0	0.19	0.380	2.380	0.160	3.1	40	0.069	1.18
13	s9.16	3.0	0.8	3.0	0.15	0.450	3.300	0.136	1.7	40	0.027	0.79
14	s9.12	4.0	0.6	4.0	0.10	0.380	4.190	0.091	1.6	40	0.039	0.61
15	C63	6.0	2.8	6.0	0.17	1.044	6.348	0.165	2.7	60	0.023	2.85
16	C54	5.0	10.0	5.0	0.65	3.264	6.304	0.518	3.1	60	0.006	10.02
17	C19	4.0	1.3	4.0	0.12	0.480	4.240	0.113	2.8	60	0.040	1.35
18	C42	7.0	1.3	7.0	0.07	0.469	7.134	0.066	2.9	60	0.089	1.37
19	C44	5.0	2.1	5.0	0.12	0.585	5.234	0.112	3.7	60	0.070	2.16
20	s13.19	4.0	1.1	4.0	0.11	0.420	4.210	0.100	2.7	60	0.045	1.15
21	s13.19	5.0	1.1	5.0	0.12	0.610	5.244	0.116	1.9	40	0.038	1.14
22	20	5.0	16.0	5.0	0.54	2.683	6.072	0.442	6.0	60	0.029	16.01
23	174	4.5	4.2	4.5	0.21	0.945	4.920	0.192	4.5	60	0.050	4.22
24	s13.9	3.5	0.6	3.5	0.06	0.210	3.620	0.058	2.9	60	0.105	0.61
25	12	6.0	0.5	6.0	0.05	0.312	6.104	0.051	1.5	60	0.034	0.48
26	10671	6.0	3.4	6.0	0.16	0.972	6.324	0.154	3.5	60	0.041	3.39
27	C50	3.0	5.2	3.0	0.41	1.232	3.820	0.322	4.2	40	0.050	5.21
28	C17	4.0	0.5	4.0	0.05	0.200	4.100	0.049	2.7	60	0.114	0.54

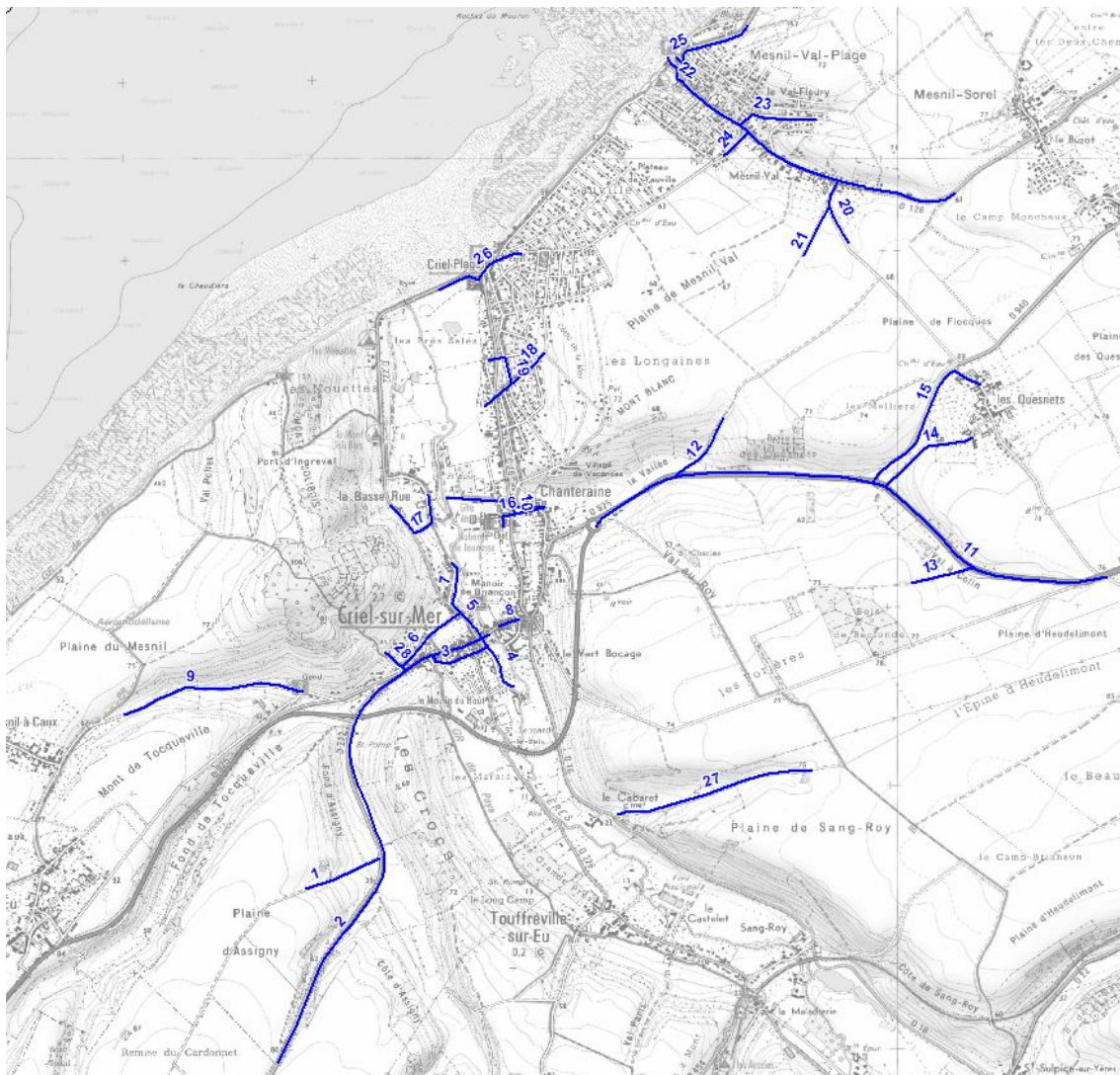


Figure 2 : axe de ruissellement (avec numérotation correspondant à l'ID) sur lesquels ont été calculés les caractéristiques des sections mouillées