

D É P A R T E M E N T d u  
F i n i s t è r e

## COMMUNE DE CLEDER



## ETUDE HYDROMORPHOLOGIQUE – KERVALIOU



Parc du Launay  
Rue Goarem Pella  
29 600 SAINT-MARTIN-DES-CHAMPS  
Tél : 02 98 88 97 80  
Fax : 02 98 88 97 81



---

**TABLE DES MATIERES**


---

<b>1</b>	<b>PRESENTATION GENERALE .....</b>	<b>5</b>
1.1	CADRE DU PROJET.....	5
1.2	SITUATION GENERALE.....	5
1.3	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL.....	8
1.3.1	Bassins versants et hydrographie .....	8
1.3.2	Géologie et hydrogéologie .....	13
1.3.3	Occupation du sol.....	15
1.3.4	Patrimoine naturel .....	15
1.3.5	Zones humides.....	16
1.3.6	Captage d'eau potable .....	17
1.3.7	Climat - intempéries .....	18
<b>2</b>	<b>DESCRIPTION DE L'EVENEMENT .....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>CONTEXTE DEFAVORABLE.....</b>	<b>25</b>
3.1	DESCRIPTION ET LOCALISATION DES OUVRAGES.....	25
3.2	MORPHOLOGIE DE LA ZONE D'INONDATION .....	28
3.2.1	Profil en long.....	28
3.2.2	Zone basse .....	28
3.2.3	Zéro hydrographique et influence des marées.....	29
3.3	PLUVIOMETRIE EXCEPTIONNELLE.....	31
3.4	HYDROLOGIE .....	34
<b>4</b>	<b>CONSTATS .....</b>	<b>35</b>
4.1	NIVELLEMENT .....	35
4.1.1	Calage des ouvrages .....	35
4.1.2	Remplissage de la zone d'inondation.....	35
4.2	CAPACITE DES OUVRAGES .....	36
4.2.1	Ouvrages exutoire .....	38
4.2.2	Ouvrage de régulation des marées .....	40
4.2.3	Pont de la route de Théven Kerbrat.....	41
4.2.4	Conclusion.....	42
<b>5</b>	<b>SOLUTIONS POSSIBLES .....</b>	<b>43</b>
5.1	REHAUSSE DE LA ROUTE.....	43
5.2	RECALIBRAGE DE L'EXUTOIRE EXISTANT.....	43
5.3	DOUBLEMENT DE L'EXUTOIRE ACTUEL.....	44
5.4	CREATION D'UNE BRECHE DANS LA DIGUE .....	45
<b>6</b>	<b>SOLUTIONS RETENUES .....</b>	<b>46</b>
6.1	DOUBLEMENT DE L'EXUTOIRE.....	46
6.2	CREATION D'UNE BRECHE DANS LE TALUS AMONT .....	46
<b>7</b>	<b>ESTIMATIF DES COÛTS.....</b>	<b>47</b>
7.1	Mise en place cadre préfabriqué 110x55 cm.....	47
7.2	Création d'un brèche dans la digue amont .....	48
<b>8</b>	<b>LIMITES DU PROCEDE .....</b>	<b>49</b>

---

**CARTES ET PLANS**

Carte 1 : Les bassins versants du projet .....	11
--	----

Carte 2 : Estimation de la zone d'inondation.....	20
Carte 3 : Vue en plan des ouvrages du secteur d'étude.....	36

## FIGURES

Figures 1 : Situation du projet dans le département du Finistère et dans la CCPA.....	7
Figure 2 : SAGE concerné par le projet.....	9
Figure 3 : Projet dans SAGE Léon-Trégor.....	10
Figure 4 : Cours d'eau de Kervaliou.....	12
Figure 5 : Cours d'eau de Kervaliou.....	13
Figure 6 : Caractéristiques géologiques de la zone d'étude (feuille de ST-POL-DE-LEON).....	14
Figure 7 : Occupation du sol.....	15
Figure 8 : Patrimoine naturel.....	16
Figure 9 : Zones humides.....	17
Figure 10 : Moyenne des températures à Brest. <i>Source : station météorologique de Brest (www.meteo-bretagne.fr)</i> .....	18
Figure 11 : Moyenne des précipitations à Brest.....	18
Figure 12 : Courbe IDF concernant la pluviométrie de la zone 2 Bretagne (période de retour 10 ans).....	19
Figure 13 : Profil en long.....	28
Figure 14 : Carte des zones basse - Kervaliou.....	30
Figure 15 : Données climatique de Landivisiau en 2014 ( <i>source : Météo Bretagne – Landivisiau</i> ).....	31
Figure 16 : Pluies exceptionnelles du 6 Février 2014 ( <i>source : Météo Bretagne – Landivisiau</i> ).....	32
Figure 17 : Donnée des record pluviométrique à Landivisiau ( <i>source : Météo Bretagne – Landivisiau</i> ).....	32
Figure 18 : Coupe des ouvrages côté mer.....	38
Figure 19 : Profil type des ouvrages existants.....	39
Figure 20 : Profil de l'exutoire côté dune.....	40
Figure 21 : Profil de l'ouvrage de régulation des marées de Poulennou.....	41
Figure 22 : Profil du pont de la route de Théven Kerbrat.....	42
Figure 23 : Coupe de la brèche.....	45

## TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : VUE EN PLAN DE LA ZONE D'ETUDE.....	51
ANNEXE 2 : PROFILS HYDRAULIQUES DES AMENAGEMENTS EXISTANTS ET FUTURS.....	53
ANNEXE 3 : COUPES TYPES DES OUVRAGES.....	55
ANNEXE 4 : CARACTERISTIQUES DU NOUVEL OUVRAGE A L'EXUTOIRE.....	57
ANNEXE 5 : ESTIMATIF DES TRAVAUX.....	59

# 1 PRESENTATION GENERALE

## 1.1 CADRE DU PROJET

Durant la période hivernale 2014 et suite à des pluies intenses, le secteur aval du ruisseau de Kervaliou a subi des débordements importants, impactant de vastes surfaces et notamment la route de Théven Kerbrat à l'arrière de la dune existante sur la commune de Cléder.

La commune de Cléder a souhaité réaliser une étude hydromorphologique de cette zone afin d'endiguer définitivement les problèmes récurrents dans ce secteur. Cette étude permettra de dresser un état des lieux de la problématique de débordement dans ce secteur inondable.

Cette étude consiste à protéger le milieu naturel, les biens et les personnes. Pour y parvenir il s'agira de :

- Déterminer les surfaces et volumes collectés,
- Effectuer un calage altimétrique du phénomène d'inondation,
- Dimensionner les nouveaux ouvrages et projets aménagés complémentaires,
- Proposer et chiffrer plusieurs solutions d'aménagement compatibles avec les problématiques d'inondation du secteur.
- protéger le milieu naturel, les biens et les personnes,

## 1.2 SITUATION GENERALE

Le présent dossier concerne la commune de CLEDER qui est située dans la Finistère Nord à environ 20 km au Nord de Landivisiau et 12 km à l'Ouest de Roscoff.

La commune s'étend sur 3744 hectares, compte 3866 habitants (INSEE 2012) et appartient à la Communauté de Communes de la Baie du Kernic.

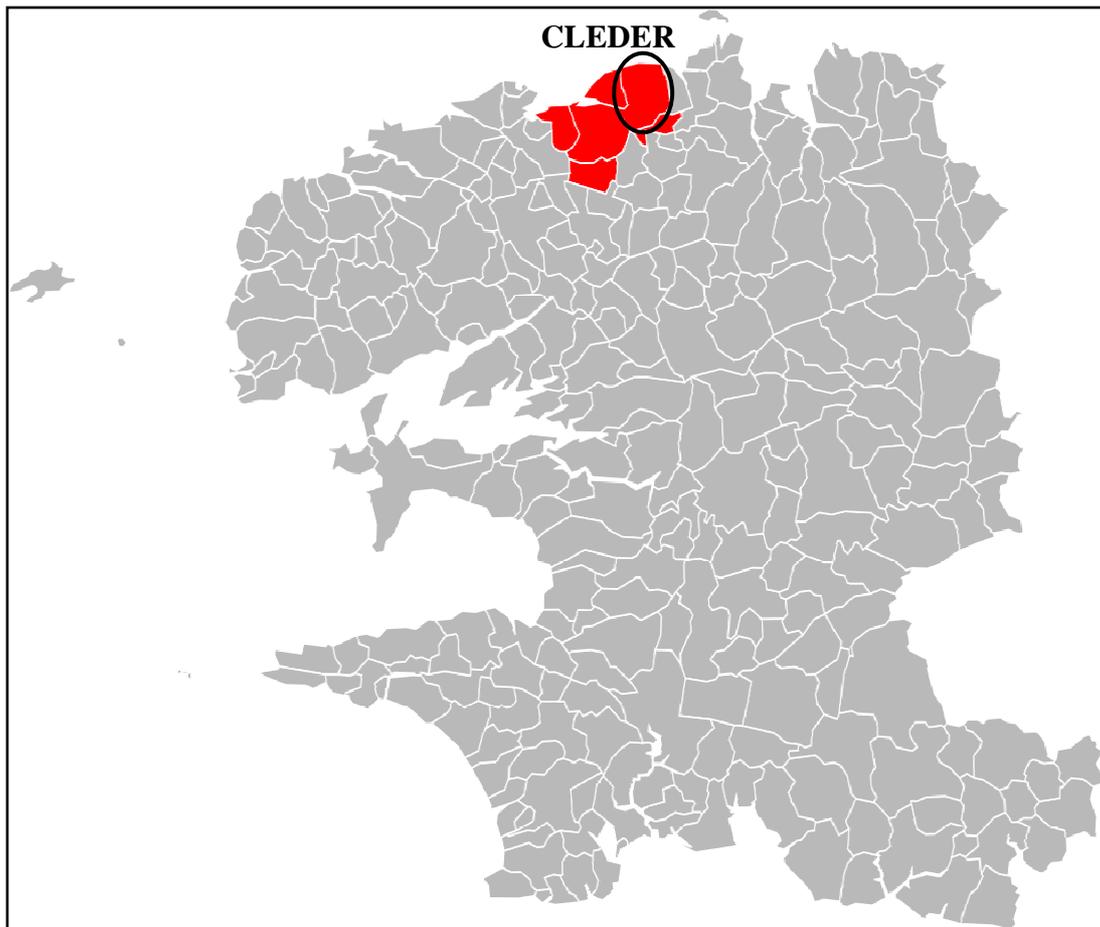
→ Cartes des de localisation p.6&7

La communauté de communes de la Baie du Kernic regroupe 6 communes.

→ Figure 1 p°6

Le bassin versant global de la commune appartient au SAGE du Léon Trégor (structure porteuse : Syndicat Mixte de l'Horn).

→ Cartes des bassins versants globaux p.9&10





Figures 1 : Situation du projet dans le département du Finistère et dans la CCPA

## 1.3 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

### 1.3.1 Bassins versants et hydrographie

#### 1.3.1.1 Les bassins versants globaux

La commune de Cléder se trouve sur **le bassin versant du Léon-Trégor à l'échelon global**.

→ *Plan du territoire du SAGE du Léon-Trégor p°10*

Le SAGE Léon-Trégor est en cours d'élaboration. L'état des lieux du SAGE a été finalisé et validé par la CLE le 22 février 2013. Le diagnostic a été validé par la CLE le 27 juin 2013.

Les principaux cours d'eau concernés sont ceux qui se jettent dans la baie de Morlaix (Penzé, Pennélé, Queffleuth, Jarlot, Tromorgant, Dourduff) ainsi que, à l'est, le Douron et, à l'ouest, l'Horn, le Guillec et le ruisseau de Kéallé. La superficie totale du territoire situé dans le projet de périmètre (y compris le bassin de la Flèche) est d'environ 1 100 km<sup>2</sup>. 60 communes (dont trois dans les Côtes d'Armor) sont concernées dont 41 pour la totalité de leur territoire.

Le territoire du projet du SAGE est drainé par une multitude de petits fleuves côtiers dont une bonne partie prend sa source dans les Monts d'Arrée et qui se jettent dans la Manche. Ces cours d'eau sont alimentés par un chevelu très dense d'affluents et ont des pentes généralement bien marquées.

La relative imperméabilité du sous-sol est défavorable à l'infiltration des eaux pluviales et ne permet pas la formation de réserves aquifères importantes. Le débit des cours d'eau est directement influencé par les précipitations et présente des variations saisonnières importantes avec de fortes irrégularités interannuelles. Les débits sont importants en période hivernale et peuvent être à l'origine d'inondations relativement fréquentes (Morlaix). Les débits d'étiage sont relativement faibles bien que plus soutenus dans les cours d'eau situés à l'ouest de la baie de Morlaix.

Le territoire couvert par le projet du S.A.G.E. est constitué d'une grande variété de milieux appartenant à la fois au domaine marin, aux espaces de transition littorale et au domaine terrestre (vasières, zones humides, marais littoraux, landes, forêts). Ils accueillent chacun des flores et faunes spécifiques et parfois remarquables. Certains de ces milieux sont aujourd'hui fragilisés du fait notamment des activités humaines. Une partie de ces sites a été retenue dans le réseau Natura 2000 (rivière le Douron, baie de Morlaix, anse de Goulven et dunes de Keremma, monts d'Arrée).

Les enjeux du SAGE Léon-Trégor sont les suivants :

- Restauration de la qualité des eaux pour l'alimentation en eau potable ;
- Préservation du potentiel écologique de la baie de Morlaix ;
- Restauration de la qualité bactériologique des eaux ;
- Limitation de la prolifération des micro-algues et macro-algues ;
- Protection et développement de la conchyliculture et de la pêche à pied ;
- Développement des activités de loisirs ;
- Limitation des dommages dus aux inondations ;
- Préservation des populations piscicoles et des sites de reproduction.

→ *Plan des grands sous-bassins versants locaux p°11*

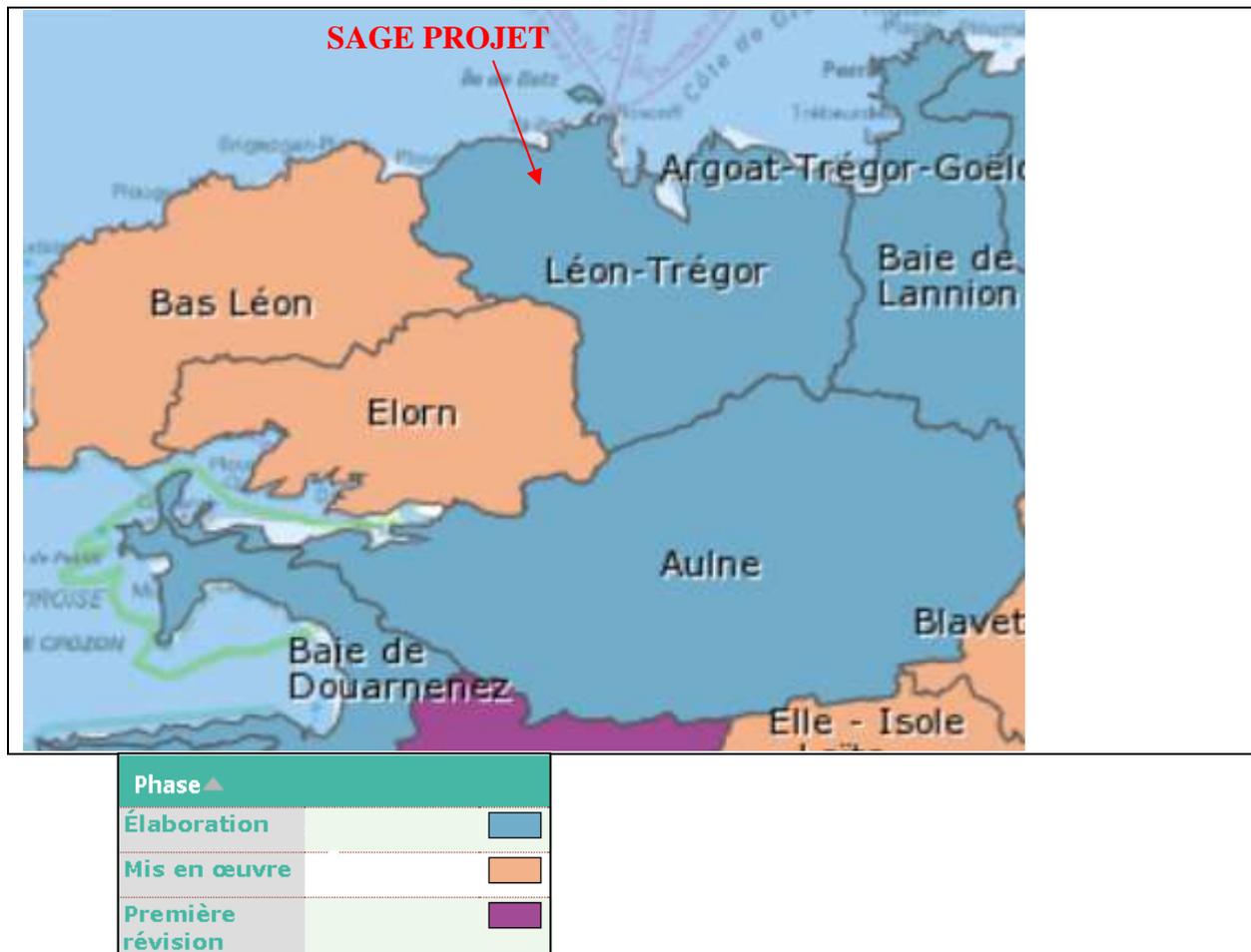


Figure 2 : SAGE concerné par le projet



Figure 3 : Projet dans SAGE Léon-Trégor

### 1.3.1.2 Les bassins versants du projet

D'après la numérotation de l'atlas hydrologique de la Bretagne, le ruisseau de Kervaliou fait partie du bassin hydrographique J303 qui présente une surface de 35 km<sup>2</sup>.

Le bassin versant global du ruisseau de Kervaliou est estimé à 10,54 km<sup>2</sup>. Celui du tronçon qui a fait l'objet des opérations de curage récentes atteint 2.57 km<sup>2</sup>, divisé en deux parties : le tronçon principal, qui s'étend de la station d'épuration à l'exutoire, dont le bassin versant est évalué à 1.67 km<sup>2</sup> et le petit affluent s'écoulant entre Roguennic et Tévenn Kerbrat qui possède un bassin versant de 0.90 km<sup>2</sup>.



Carte 1 : Les bassins versants du projet

## 1.3.1.3 Ruisseau de Kervaliou

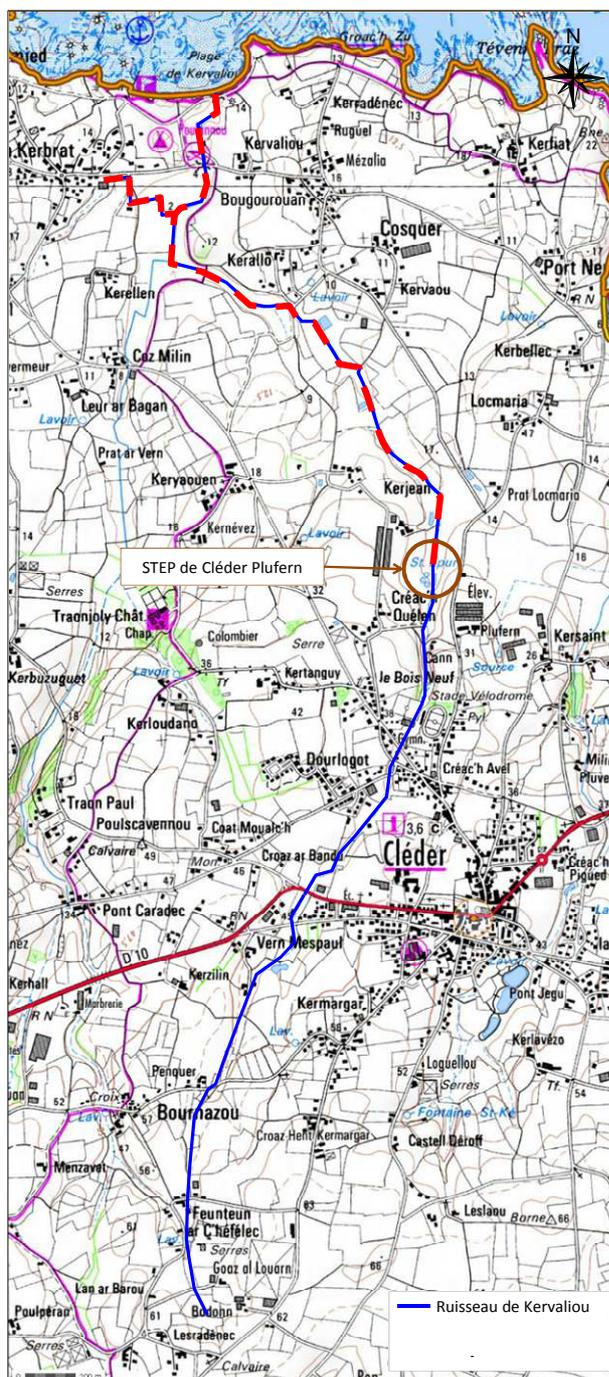


Figure 4 : Cours d'eau de Kervaliou

Le ruisseau de Kervaliou est un petit cours d'eau prenant sa source au sud du bourg de Cléder (lieu-dit « Bodonn ») et qui traverse la commune selon un axe Sud - Nord sur environ 7.5 km avant de se jeter dans la mer au niveau de la plage de Kervaliou.

Le cours d'eau s'écoule sur des terrains relativement plats qui présentent une pente moyenne de 1.5% de la source à la station d'épuration de Cléder Plufern puis de 0.5% jusqu'à son exutoire.

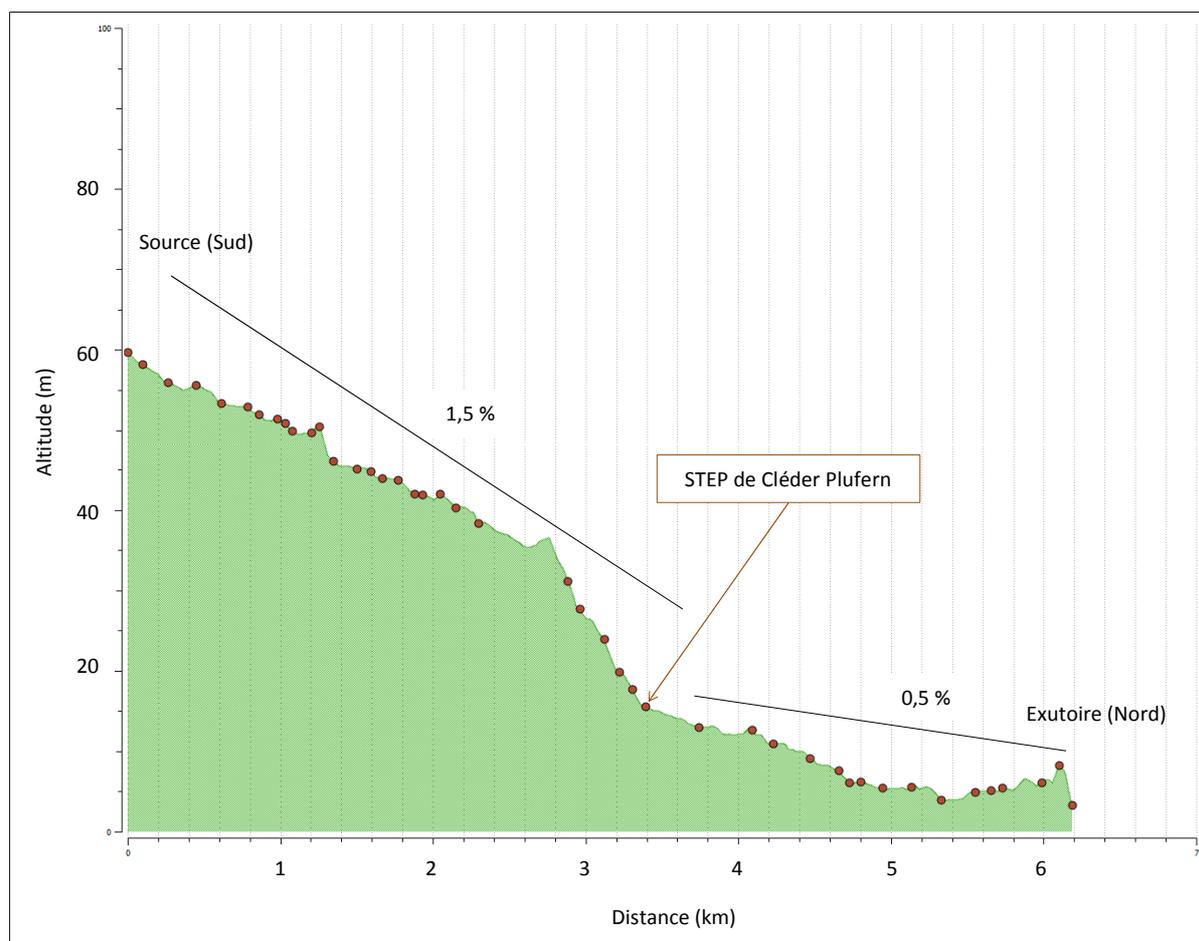


Figure 5 : Cours d'eau de Kervaliou

### 1.3.2 Géologie et hydrogéologie

Le ruisseau de Kervaliou court sur une succession de terrains composés de dépôts limoneux plus ou moins hydromorphes et de roche granitique. Dans sa partie nord, au niveau de l'exutoire, le cours d'eau traverse une formation dunaire.

L'hydrogéologie du site est caractérisée d'une part par la présence d'aquifères de socle, où l'eau souterraine s'infiltré dans des altérations profondes, et d'autre part par des nappes superficielles localisées dans les sables dunaires et les dépôts limoneux.



### 1.3.3 Occupation du sol

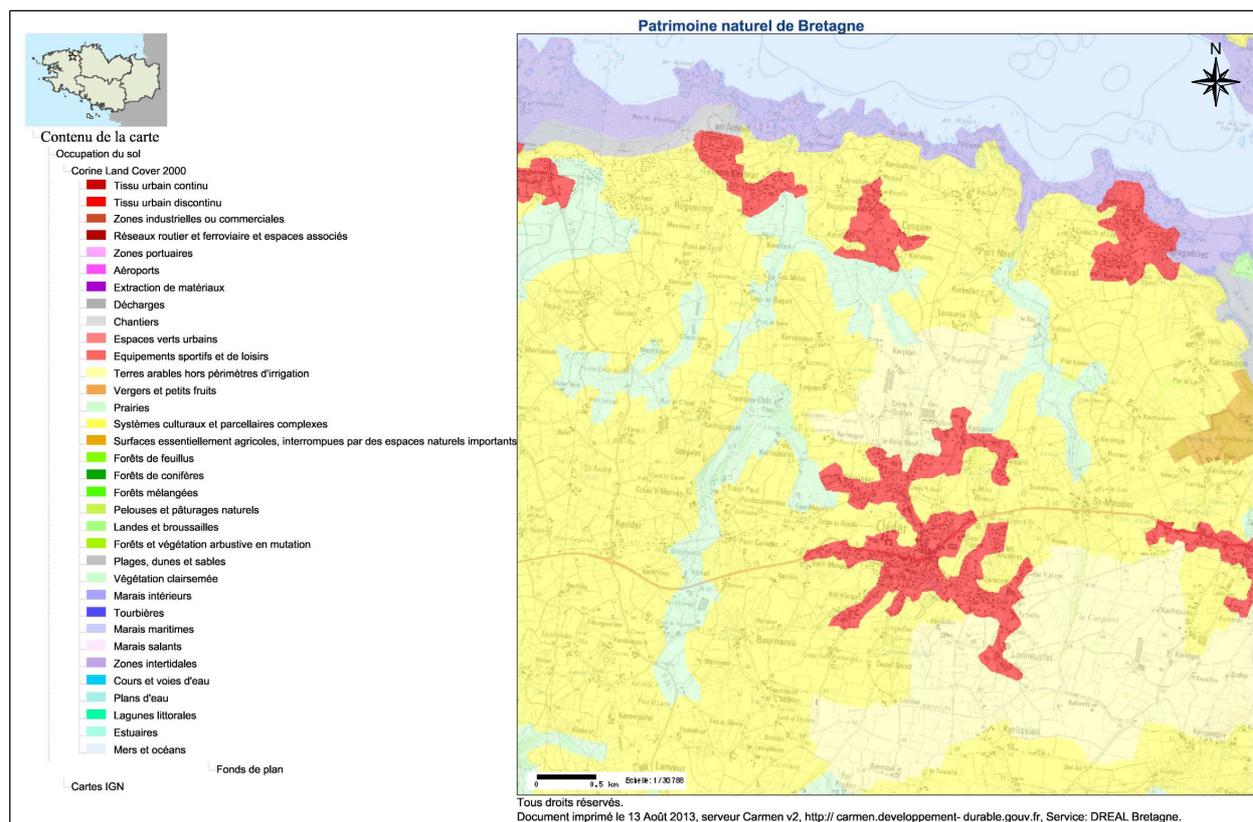


Figure 7 : Occupation du sol

La zone d'étude est principalement composée de terres arables. Le bourg de Cléder et les villages littoraux de Tévenn Kerbrat et de Kervaliou constituent un tissu urbain discontinu et la frange littorale est composée d'un cordon dunaire.

### 1.3.4 Patrimoine naturel

Le secteur d'étude n'est concerné par aucun zonage particulier concernant le patrimoine naturel. Dans un rayon de 10 km, on trouve les zones suivantes :

- Au sud-ouest, la zone Natura 2000 « Anse de Goulven » (directive Oiseaux et Habitats), répertoriée également en tant que ZNIEFF 1 et ZNIEFF 2 ;
- Au nord-est, la ZNIEFF 1 « Estuaire de l'Horn et dunes de Théven », la zone Natura 2000 « Baie de Morlaix » et la ZNIEFF 1 « Île de Sieck ».

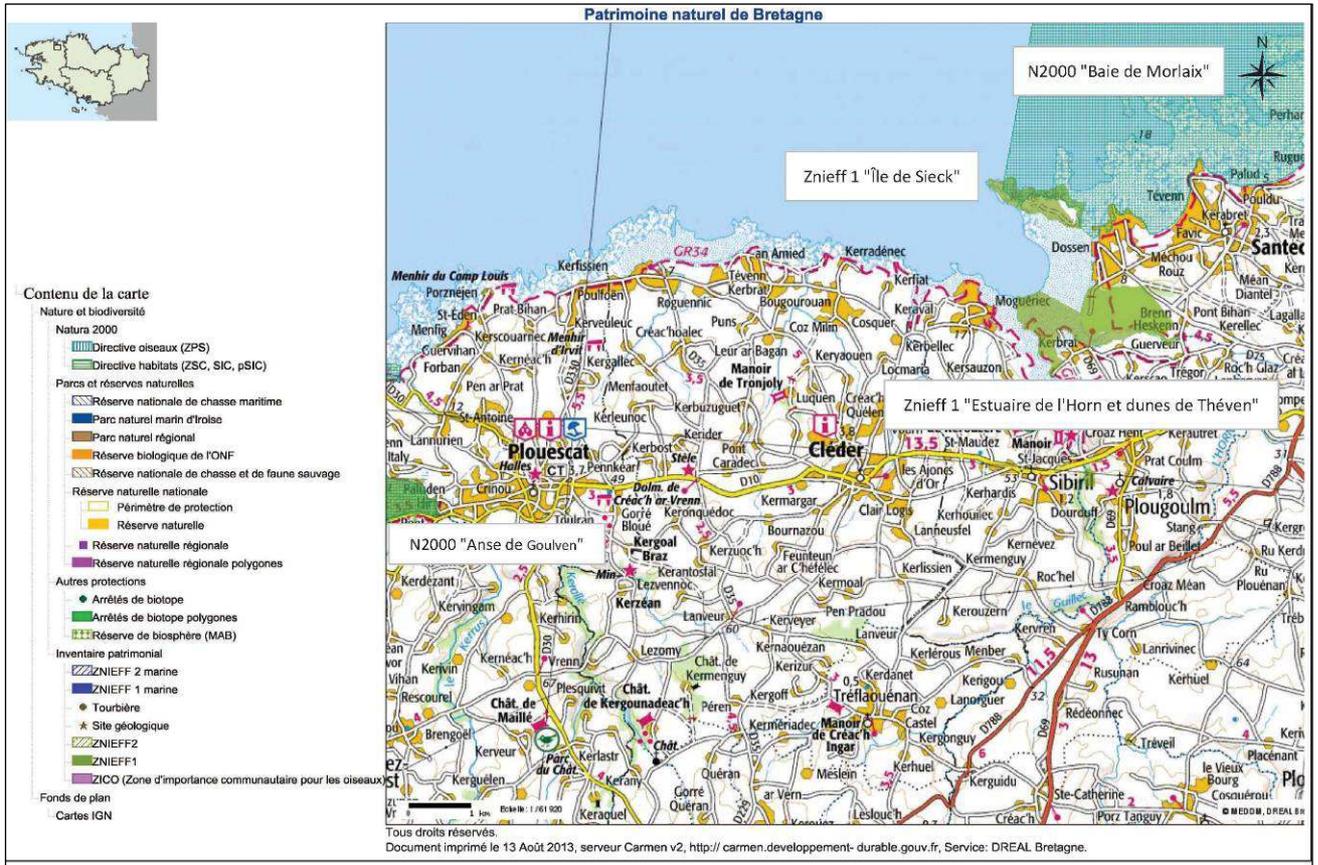


Figure 8 : Patrimoine naturel

### 1.3.5 Zones humides

Le Syndicat Mixte de l'Horn a mise en œuvre un inventaire des zones humides sur la commune de Cléder. Le cours inférieur du ruisseau de Kervaliou est bordé par des zones humides effectives portant un indice de fiabilité de 6, c'est-à-dire délimitées par une étude de terrain répondant aux critères botaniques et/ou pédologiques définis dans l'arrêté du 1er octobre 2009.

Le cours supérieur est bordé soit par des zones humides effectives de fiabilité 6 ou des zones humides potentielles correspondant à des sites à forte probabilité de présence permanente ou temporaire d'eau (application de l'indice de Beven-Kirkby à partir d'un MNT ©Agro-Transfert Bretagne).

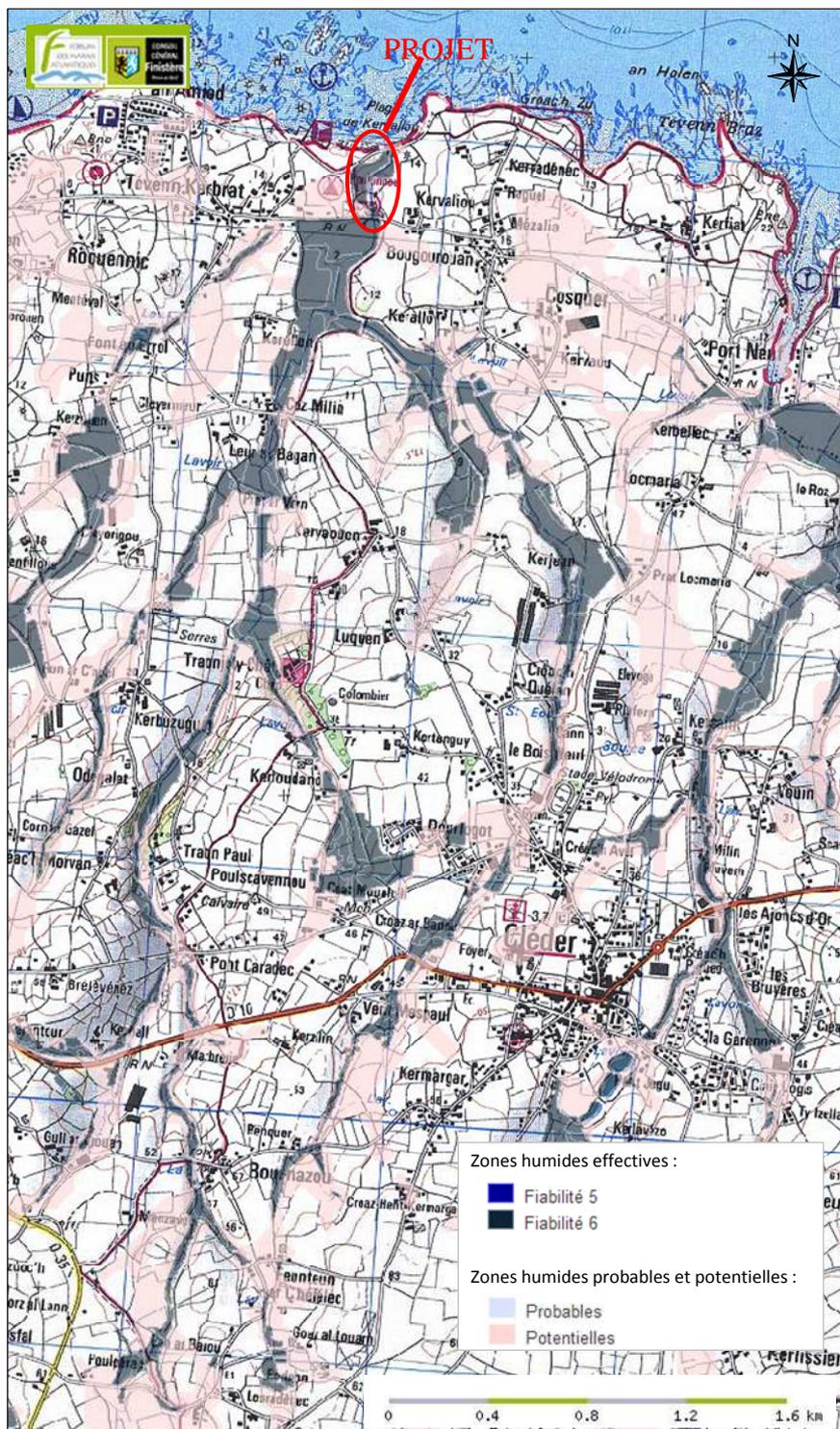


Figure 9 : Zones humides

### 1.3.6 Captage d'eau potable

La zone d'étude n'est concernée par aucun périmètre de protection de captage d'eau potable.

### 1.3.7 Climat - intempéries

La commune de Cléder bénéficie d'un climat océanique avec des températures modérées tout au long de l'année : ainsi au cours des 20 dernières années, les moyennes mensuelles des températures sont allées de 7°C en janvier à 17°C en août. Seulement 10°C entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud, c'est la proximité de l'océan qui joue ce rôle régulateur.

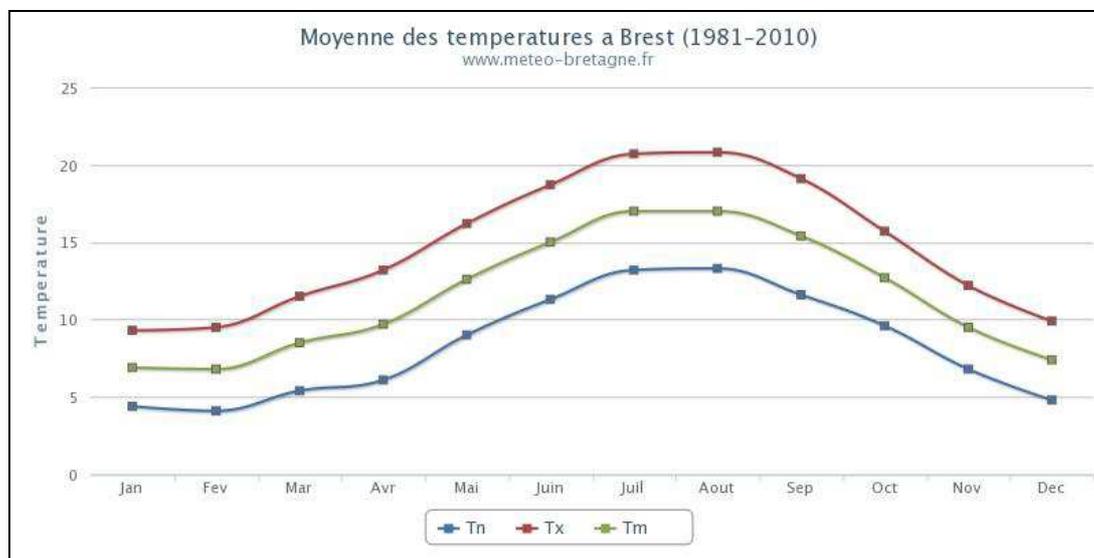


Figure 10 : Moyenne des températures à Brest. *Source : station météorologique de Brest (www.meteo-bretagne.fr)*

Dans l'ensemble, le climat se caractérise par des hivers doux et des étés tempérés, les vagues de froid et de chaleur sont rares. Les précipitations annuelles moyennes ne dépassent pas les 1000mm.

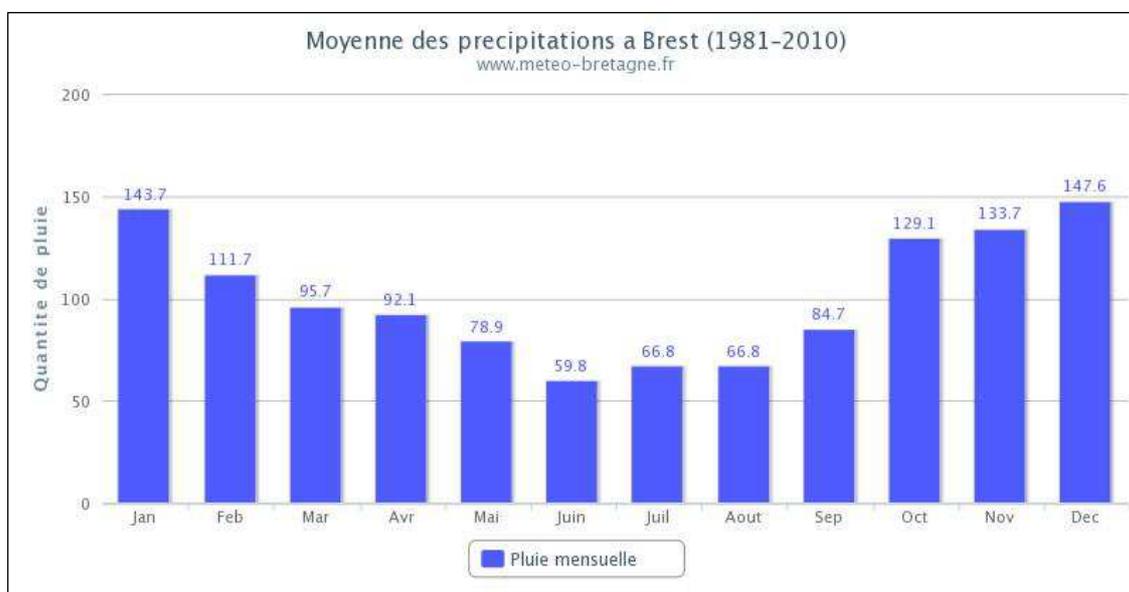


Figure 11 : Moyenne des précipitations à Brest.  
*Source : station météorologique de Brest (www.meteo-bretagne.fr)*

La commune est sous l'influence d'un climat de type océanique caractérisé par de températures modérées avec des écarts thermiques peu importants, une pluviométrie élevée mais plus faible que dans l'intérieur des terres.

Les données pluviométriques utilisées pour caractériser le climat et dimensionner les volumes de ruissellement au travers du réseau d'assainissement pluvial sont issues du guide de gestion des eaux pluviales de la région Bretagne. Elles concernent la « zone 2 » proposée par Météo France (zone Bretagne Côtes Nord). Les coefficients de Montana calculés à partir de ces dernières seront appliqués aux formules de calcul (période de retour : 10 ans).

Pluie décennale zone 2 :  $a(6'-30') = 4,137$  et  $b(6'-30') = 0,595$

Pluie décennale zone 2 :  $a(30'-1440') = 5,628$  et  $b(30'-1440') = 0,682$

Période de retour ZONE 2, 10 ans	
Durée de la pluie	Hauteur de pluie (mm)
15 minutes	12.39
1 heure	20.69
2 heures	25.79
7 heures	38.42
24 heures	56.85

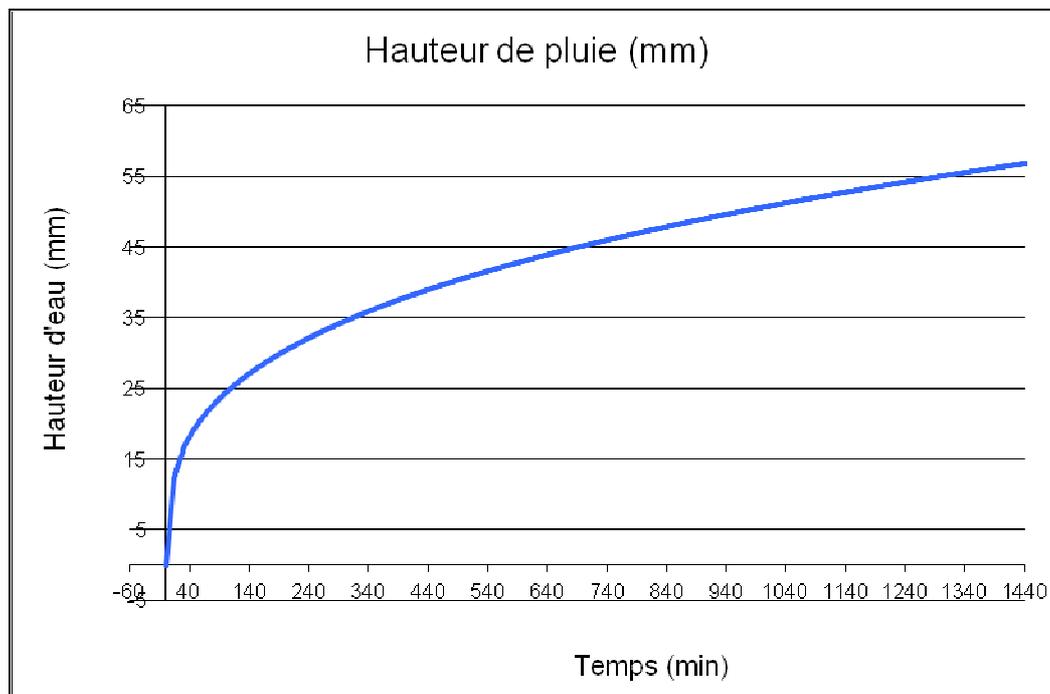


Figure 12 : Courbe IDF concernant la pluviométrie de la zone 2 Bretagne (période de retour 10 ans)

## 2 DESCRIPTION DE L'ÉVÈNEMENT

Le 06/02/2014 le secteur aval du ruisseau de Kervaliou a subi des débordements importants de part et d'autre de la route la route de Théven Kerbrat en amont et aval de l'ouvrage d'art de Kervaliou existant. La zone d'inondation est estimée à environ 20 Hectares du Sud au Nord, depuis Coz Milin et Kerallo à la zone arrière dunaire (cf. dossier photo suivant).

Comme on peut le voir sur le plan ci-dessous (carte 2), cet événement du 06/02/2014 a provoqué une submersion des parcelles agricoles, des parcelles humides mais aussi des infrastructures routières et du pont de Kervaliou. Le niveau des débordements est estimé à 0.65 m au dessus de la route de Kervaliou au droit du pont.

Les photos page 22 illustrent l'ampleur du phénomène.

Page suivante :

Carte 2 : Estimation de la zone d'inondation



GEOMETRE - EXPERT

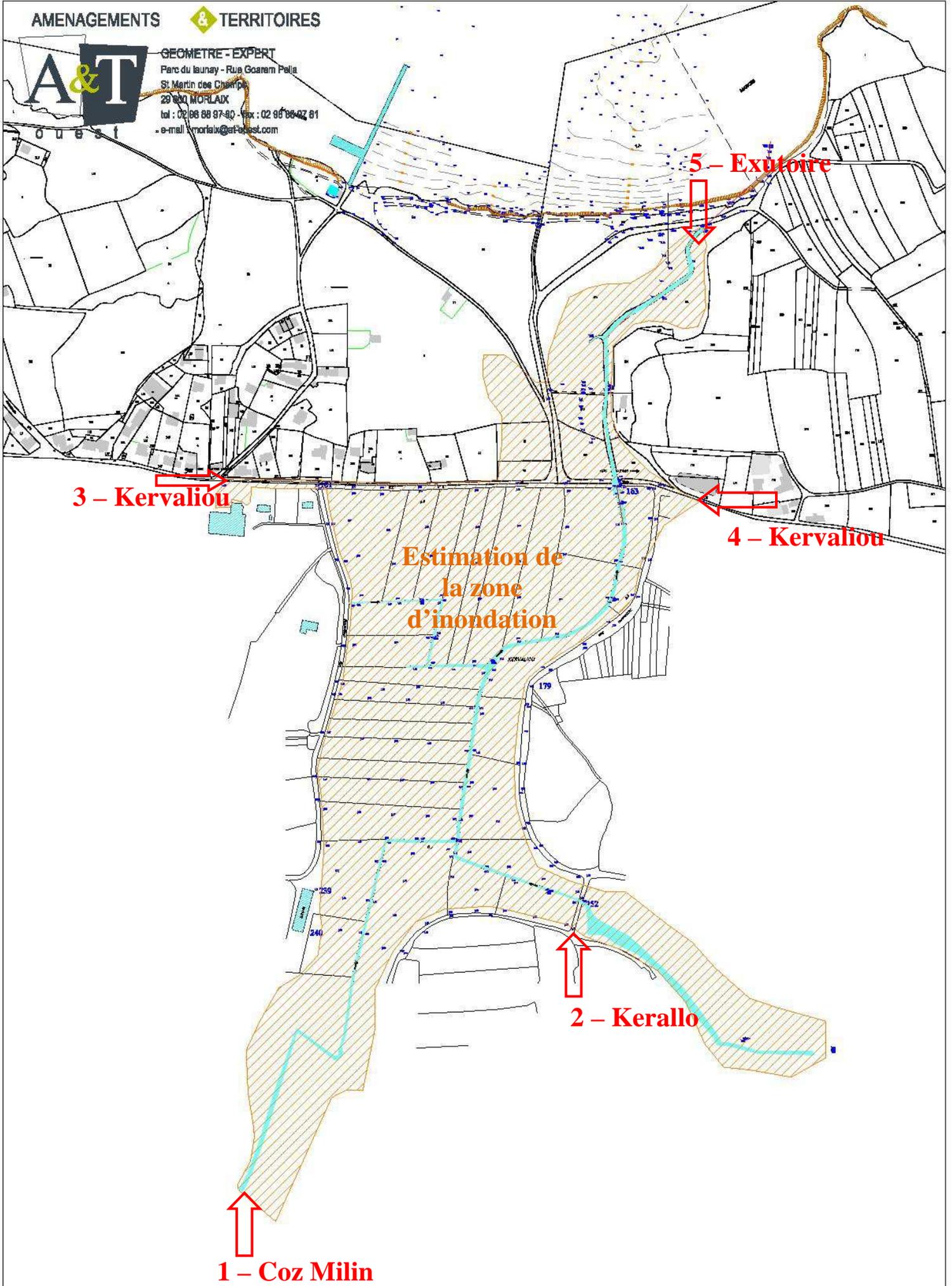
Parc du launay - Rue Goarem Pella

St Martin des Champs

29 000 MORLAIX

tel : 02 96 88 97 80 - fax : 02 96 88 02 81

e-mail : morlaix@aet-est.com



3 - Kervaliou

4 - Kervaliou

Estimation de  
la zone  
d'inondation

2 - Kerallo

1 - Coz Milin

5 - Exutoire

**Photos 1 :** Parcelle inondée depuis la route de Coz Millin



**Photo 2 :** Débordement sur le chemin à Kerallo



**Photos 3 :** Kervaliou venant de Théven Kerbrat



**Photo 4 :** Kervaliou vu de Bougourouan



**Photo 5 :** Exutoire de Kervaliou – Zone arrière dunaire



### 3 CONTEXTE DEFAVORABLE

Les inondations qui ont eu lieu sur ce secteur sont imputables à la combinaison de plusieurs facteurs morphologiques, climatiques et d'aménagement du site lui-même.

#### 3.1 DESCRIPTION ET LOCALISATION DES OUVRAGES

Du Nord au Sud, la zone d'étude présente plusieurs aménagements visant à favoriser les écoulements amont et protéger les zones arrière dunaires et la route de Théven Kerbrat des grandes marées.

Ainsi, à l'exutoire on observe la présence de deux vannes anti-retour situées sur la plage de Kervaliou. Celles-ci sont localisées à l'exutoire d'un ouvrage type cadre localisé sous la dune. Cet ouvrage de 130 L x 120 H en entrée de dune se répartit en deux ouvrages distincts sur la plage (repères n°1 et 2 sur la carte).

A 300 mètres en amont, l'ouvrage de régulation des marées-tempêtes de Poulennou prévient les risques liés à l'inondation par submersion marine de la propriété privée immédiatement en aval. Cette vanne anti-retour de 150L x 100 H permet aussi de préserver la route de Théven Kerbrat des submersions marine ainsi que des risques de « poldérisation » de la zone arrière dunaire (repère n°4 sur la carte).

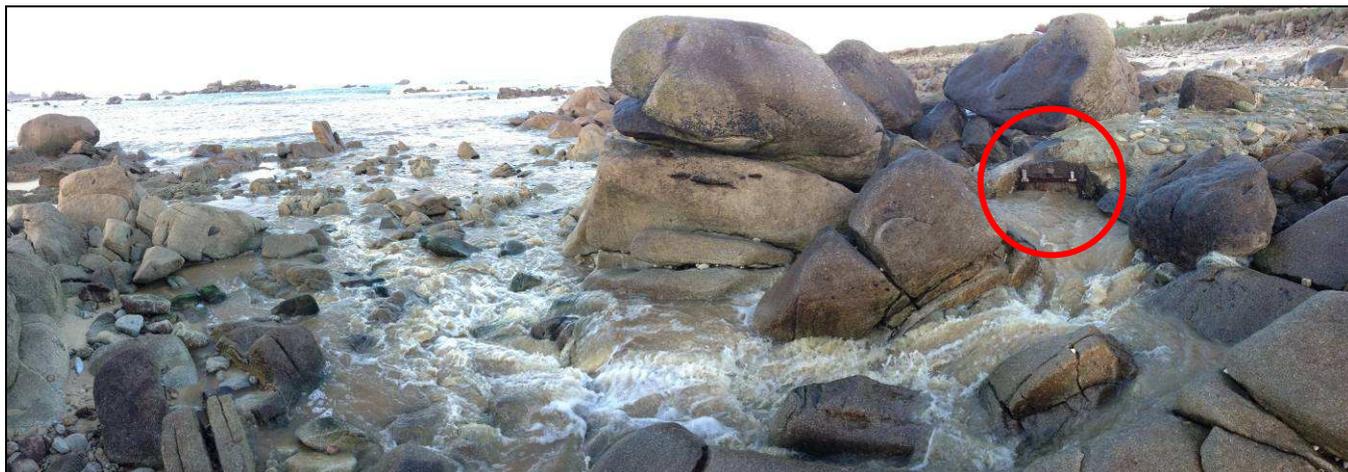
Enfin, 90 mètres au sud de l'ouvrage de Poulennou, l'ouvrage d'art en béton sur lequel passe la route de Théven Kerbrat permet le passage au dessus du cours d'eau de Kervaliou. Ce pont présente une pile centrale et deux dalots parallèles de 1.30 Lx 1.50 H (repère n°5 sur la carte).

Plus en amont, un ouvrage de régulation des marées au pont de Kerallo est moins large et subit moins l'influence des marées.

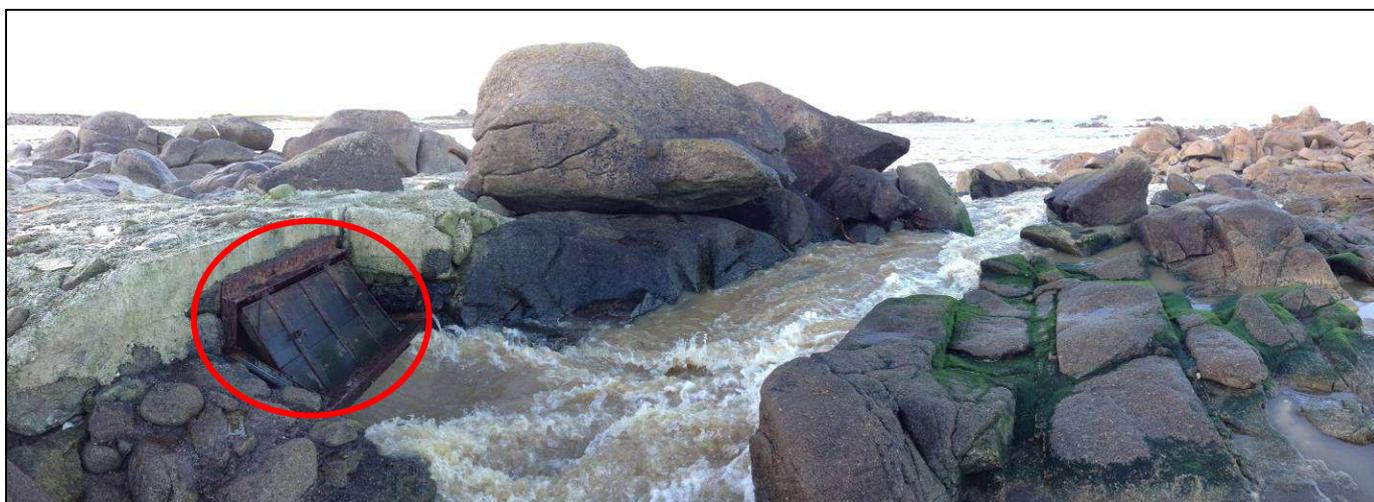
Les photographies suivantes illustrent ces aménagements :



**Repère 1**



**Repère 2**



**Repère 4**



**Repère 5**



Pont vue aval



Pont vue amont

## 3.2 MORPHOLOGIE DE LA ZONE D'INONDATION

### 3.2.1 Profil en long

La figure suivante présente le profil en long du ruisseau de Kervaliou :

- Fond : altitude mesurée après opérations de curage récentes ;
- Lit mineur : altitude maximum mesurée au sommet des berges.

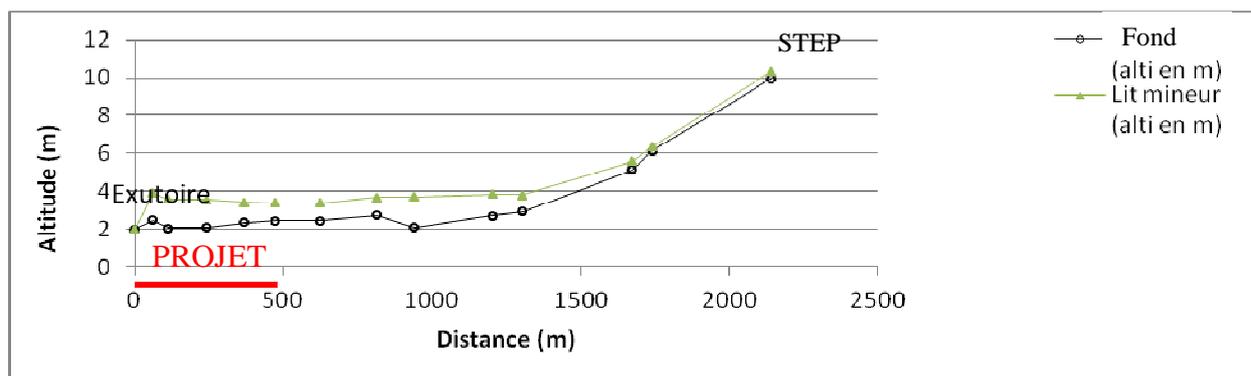


Figure 13 : Profil en long.

On peut distinguer deux parties en fonction de la pente :

- Un tronçon présentant une pente insignifiante (0.2 ‰) de l'exutoire du cours d'eau au pont du lieu-dit Kerallo (carte 2) sur distance de 1400 m environ;
- Un tronçon présentant une faible pente de 1 ‰ environ du pont du lieu-dit Kerallo à la STEP sur une distance de 1000 m environ.

**Notre secteur d'étude concerne ainsi le premier tronçon où la pente est très faible (0.2 ‰).**

### 3.2.2 Zone basse

Outre le profil en long très faible de la zone d'étude, les altitudes de l'ensemble de la zone inondable sont très faibles et ne dépassent guère 5 mètres NGF sur l'ensemble du secteur. Le Pont de la route de Théven Kerbrat est donné à une hauteur de 4.68 mètres NGF. Les 500 mètres de linéaire routier qui ont été submergés lors des inondations ne dépassent pas non plus les 5 mètres NGF. On remarque d'ailleurs que la limite de cette zone inondable est localisée à environ 5.10 mètres NGF.

### 3.2.3 Zéro hydrographique et influence des marées

#### 3.2.3.1 Calage du zéro hydrographique et du Nivellement Général de la France (IGN69).

Afin de prendre en compte l'influence des marées sur la poldérisation de la zone étudiée, il est nécessaire de caler le Zéro hydrographique ou Zéro des cartes marines par rapport au Zéro de nivellement IGN 69 (soit les hauteurs de zone basse vues dans le chapitre précédent). Ce calage nous permettra de connaître l'altitude de l'ensemble de la zone d'étude par rapport à la hauteur des marées. Dans notre cas de figure, le Service Hydrographique d'Observation de la Mer (SHOM) nous apprend la cote du zéro hydrographique est plus basse d'environ 4.5 mètres par rapport au zéro de nivellement IGN69.

Ainsi, en rajoutant 4.5 mètres aux cotes de l'IGN 69 nous auront une idée précise des points de niveau du secteur étudié par rapport à la hauteur des marées.

Par exemple, pour une marée de 120 (exceptionnelle), la hauteur d'eau sera de 10 mètres, soit 10 mètres au-dessus du zéro hydrographique. Le calage altimétrique du pont la route de Théven Kerbrat nous permet de savoir que ce dernier est à 9.03 mètres par rapport au zéro hydrographique. Ainsi sans la présence des vannes de régulation des marées, ce pont est sous le niveau marin maximum de 1 mètre lors d'une marée de 120.

#### 3.2.3.2 Zone basse littorale exposée au risque de submersion marine.

Par déduction, le calage précédent nous permet de savoir quel est la hauteur de notre secteur d'étude par rapport au zéro hydrographique. Lorsque l'on prend la limite des points de débordement vue au chapitre 2, on s'aperçoit que le niveau hydrographique atteint les 9.65 mètres environ, soit l'équivalent d'une marée 115 de coefficient.

Cette zone correspond aux données de la DDTM concernant les zones basses exposées au risque de submersion marine. La carte suivante montre que cette zone basse est la même que la zone inondées lors des événements du 6 février 2014.

Le tableau suivant fait état des hauteurs d'eau en fonction des coefficients de marée.

Coefficient de marée	PM 120	PM 110	PM 95	PM 90	PM 80	PM 70	PM 60	PM 50
Hauteur (m)	10	9.50	8.70	8.50	8.30	7.70	7.50	7.00

Source : *Marée info*

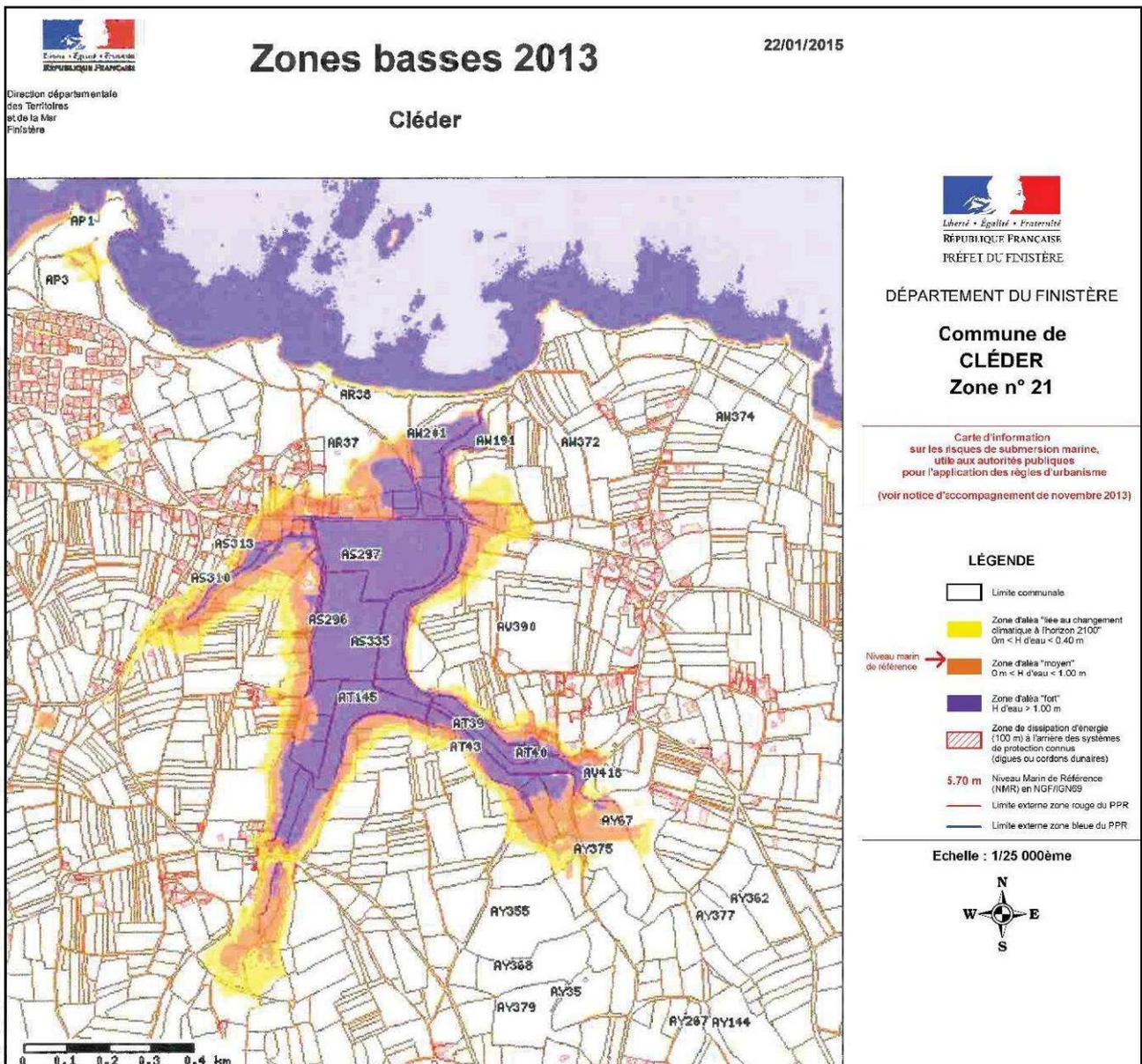


Figure 14 : Carte des zones basse - Kervaliou.  
Source : DDTM Finistère

### 3.3 PLUVIOMETRIE EXCEPTIONNELLE

Les débordements du 06/02/2014 sont liés à des évènements pluvieux importants qu'il convient de détailler ci-dessous. Les données suivantes sont celles enregistrées à Landivisiau pendant l'année 2014.

#### Données climatiques de l'année 2014 à Landivisiau :

Mois	Temp. min (°C)	Temp. max (°C)	Temp. moy (°C)	Pluie (mm)
1	5.4 (+1.3)	10.6 (+1.7)	8 (+1.5)	258.6 (+140)
2	5.1 (+1.4)	10.4 (+1.4)	7.8 (+1.4)	266 (+181)
3	5.4 (+0.2)	12 (+0.8)	8.7 (+0.5)	80.6 (+0.1)
4	6.9 (+1)	14.7 (+1.6)	10.8 (+1.3)	70.4 (+2.2)
5	8.5 (-0.3)	16.3 (+0.5)	12.4 (+0.1)	96.6 (+41.2)
6	11.3 (+0.2)	20.4 (+2)	15.8 (+1)	24.4 (-23)
7	13.7 (+0.7)	21.8 (+1.5)	17.8 (+1.1)	46 (-5.9)
8	12.5 (-0.4)	19.5 (-0.8)	16 (-0.7)	115.6 (+65.5)
9	12.6 (+1)	22.2 (+3.1)	17.4 (+2)	9.8 (-47.5)
10	11.5 (+2)	17.9 (+2.3)	14.9 (+2.3)	107.2 (+18.6)
11	7.6 (+1)	13.3 (+1.5)	10.5 (+1.2)	182.2 (+75)
12	5.8 (+1.2)	10.2 (+0.7)	8 (+1)	87.9 (-17.5)
<b>Moyenne ou total</b>	<b>8.9°C (+0.8°C)</b>	<b>15.8°C (+1.4°C)</b>	<b>12.3°C (+1°C)</b>	<b>1345.3 mm (+47%)</b>

Figure 15 : Données climatique de Landivisiau en 2014 (source : Météo Bretagne – Landivisiau)

**Données du moi de février 2014 :**

Jour	Temp. min (°C)	Temp. max (°C)	Temp. moy (°C)	Pluie (mm)
1	4.1	8.7	6.4	1.4
2	3.1	10.1	6.6	0.6
3	4.4	8.5	6.5	15
4	3.3	8.7	6	16
5	5.4	10.7	8.1	17
6	6.3	11.9	9.1	58
7	5.3	10.2	7.8	17.6
8	3.9	8.6	6.3	8
9	4	8.6	6.3	1.6
10	3.8	9.1	6.5	1
11	3	9.2	6.1	13
12	4.6	10.7	7.7	18
13	3.1	9.7	6.4	15
14	3.5	13.4	8.5	12.2
15	7.1	10.9	9	2.8
16	3.6	11.8	7.7	2.2
17	6.5	9.5	8	6
18	6.7	12	9.4	1.4
19	7.3	10.9	9.1	1
20	6.7	11.9	9.3	7
21	3.5	9.8	6.7	9
22	5.5	11.3	8.4	0.4
23	8.5	13.4	11	0
24	7.5	12.2	9.9	12
25	5.3	9.9	7.6	5.4
26	3.8	11	7.4	6.2
27	6.9	10.4	8.7	13
28	5.1	7.9	6.5	5.2
<b>Moyenne/total (Ecart normale*)</b>	<b>5.1°C (+1.4°C)</b>	<b>10.4°C (+1.4°C)</b>	<b>7.8°C (+1.4°C)</b>	<b>266 mm (+213%)</b>

Figure 16 : Pluies exceptionnelles du 6 Février 2014 (source : Météo Bretagne – Landivisiau)

**Records à Landivisiau entre 1976 et 2013 :****Quantités de précipitations maximales en une journée :**

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>Pm m</b>	45	33.1	32.1	46.5	33.8	42.5	28.2	59	40.9	39.9	43.5	43.8
<b>Da te</b>	21/01/1985	14/02/1990	18/03/1988	15/04/2000	25/05/2008	07/06/1988	27/07/2005	22/08/1984	15/09/1986	07/10/1987	16/11/2006	15/12/2011

Figure 17 : Donnée des record pluviométrique à Landivisiau (source : Météo Bretagne – Landivisiau)

Les tableaux ci-dessus nous révèlent qu'il s'agit d'une période exceptionnelle d'un point de vue pluviométrique et d'une pluie quotidienne décennale pour le 06 février (cf.p°59) :

- Le mois de février a été le plus arrosé lors de l'année 2014 avec 266 mm comme nous pouvons le voir dans la figure 15.
- En février 2014, nous observons que la journée du 06 a été la plus arrosée avec 58 mm de précipitation en moyenne. Le 06 février correspond à la date des inondations sur notre zone d'étude.
- Enfin, le tableau de record de précipitations à Landivisiau nous révèle que la journée du 06 février 2014 reste une journée exceptionnelle lorsqu'on la compare le recueil de données entre 1976 et 2013 où seul le 22/08/1984 a été plus arrosé avec 59 mm.

**On observe ainsi que les très fortes précipitations la journée du 06 février 2014 (58 mm) représentent un phénomène exceptionnel supérieur à des pluies d'occurrence décennales. Celle-ci sont mesurées dans notre zone d'étude (Zone 2) à 56.85 mm en 24 heures (cf. Ch. 1.3.7- p°20).**

### 3.4 HYDROLOGIE

Les débits du ruisseau de Kervaliou ne sont pas suivis régulièrement. Les débits caractéristiques sont donc évalués par extrapolation des débits enregistrés sur le Quillimadec à Plouider et sur le Guillec à Trézilidé (stations hydrométriques les plus proches de la zone d'étude) au prorata des surfaces de bassins versants.

Le tronçon du ruisseau de Kervaliou situé en aval de l'ouvrage de régulation de Poulannou étant très influencé par le régime des marées, nous ne le prenons pas en compte pour l'évaluation des débits caractéristiques ;

Cours d'eau	BV (km <sup>2</sup> )	Q <sub>module</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>crue</sub> (m <sup>3</sup> /s) 1/10	Q <sub>MNA</sub> (m <sup>3</sup> /s) 1/5
LE QUILLIMADEC à PLOUIDER [COATIGUINOU]	27	0,405	4,600	0,065
LE GUILLEC à TREZILIDE	43	0,678	5,900	0,170
<i>DEBIT SPECIFIQUE MOYEN (m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)</i>	<i>1</i>	<i>0,015</i>	<i>0,154</i>	<i>0,003</i>
LE RUISSEAU DE KERVALIOU juste en amont de l'ouvrage de régulation des marées de Poulannou	10,36	0,15	1,5	0,033

**Ainsi nous pouvons conclure que le débit décennal du ruisseau de Kervaliou est estimé à 1.5m<sup>3</sup>/s.**

## 4 CONSTATS

### 4.1 NIVELLEMENT

#### 4.1.1 Calage des ouvrages

##### 4.1.1.1 Exutoires

Comme vu précédemment, la zone de débordement atteint un maximum de 9.65 mètres par rapport au zéro hydrographique mais on constate qu'en moyenne elle se situe entre 6.5 mètres et 8.50 mètres (marée entre coefficient de 45 et 90 environ).

Les levés topographiques et le calage altimétrique nous montrent que la cote des exutoires est située respectivement à 7.00 mètres et à 7.07 mètres (cf. profil ci-joint en annexe 2). Ainsi, nous pouvons en déduire qu'une marée supérieure à un coefficient de 50 à 60 immergera les exutoires actuels. Les vannes anti-retour seront ainsi fermées et ne permettront pas l'évacuation des ruissellements amonts.

Pour des coefficients inférieurs à 50 et donc des hauteurs inférieures à 7.00 mètres, l'évacuation des ruissellements sera efficace.

##### 4.1.1.1 Ouvrage de régulation des marées de Poulennou

Comme nous pouvons le voir dans le profil en annexe 2 la matrice supérieure de l'ouvrage de la vanne anti-retour atteint 7.87 mètres par rapport au zéro hydrographique et le haut du mur 8.90 mètres. A l'ouest de cet ouvrage, tout le long du talus, un mur a été érigé sans doute pour faire face aux intrusions d'eau lors des grandes marées. Ce mur posé sur le talus atteint une hauteur de 10.30 mètres.

#### 4.1.2 Remplissage de la zone d'inondation

##### 4.1.2.1 Evènement du 06/02/2014 et impact direct

Date	Heure	Hauteur	Coeff.
Jeudi 06/02/2014	04h22	2.25	
	10h11	7.35	63
	16h43	2.50	
	22h34	7.00	55

Source : <http://maree.info/73?d=20140206>

Comme le montre le tableau ci-dessus, le jeudi 06 février 2014 enregistre un maximum de 7.35 mètres de hauteur. Le niveau de la marée a dépassé les 7.00 mètres pendant près de 2h20mn.

Si on considère 1.159 m<sup>3</sup>/s, de débit décennal durant 2h20, le volume stocké dans la zone d'inondation est estimé à 13 356 m<sup>3</sup>, soit une surface de 13 356 m<sup>2</sup> si on considère 1 mètre de hauteur d'eau et 26 712 m<sup>2</sup> pour 0.5 m de hauteur d'eau.

Comme nous l'avons vu précédemment la surface du champ d'inondation est estimée à 20 hectares avec submersion de la route de 0.65 m (cf. profil en Annexe 2). Hors submersion de la route, ce champ d'inondation peut-être estimé à 10 hectares. Ainsi ce champs d'inondation a une capacité de stockage de 50 000 m<sup>3</sup> pour 0.5 m de hauteur d'eau soit une capacité quasiment quatre fois supérieure au volume d'une pluie décennale pendant 2h20 mn.

Donc on peut conclure que la marée n'est pas le seul élément responsable du remplissage complet de la zone d'inondation. Cette zone s'est saturée progressivement malgré l'évacuation à l'exutoire par l'ouvrage existant. Il y a donc une insuffisance de la capacité de l'exutoire.

#### 4.1.2.2 Contraintes de l'ouvrage de régulation des marées de Poulennou

L'ouvrage de régulation des marées de Poulennou ainsi que le talus de protection Ouest sont destinés notamment à protéger la propriété privée à l'Est des éventuels phénomènes de submersions marines. Cependant, lorsque l'eau atteint un niveau trop élevé directement à l'aval de cette ouvrage, l'ouverture de la vanne de régulation se réduit, voir se referme et l'écoulement du cours d'eau de Kervaliou se trouve diminué ou même bloqué au droit de cet ouvrage. Nous l'avons vu, les pentes sont très faibles sur le cours d'eau, donc les vitesses du ruisseau sont aussi très faibles. La vanne de régulation des marées se referme donc dès que la pression aval est suffisamment importante, dès que la zone aval est submergée.

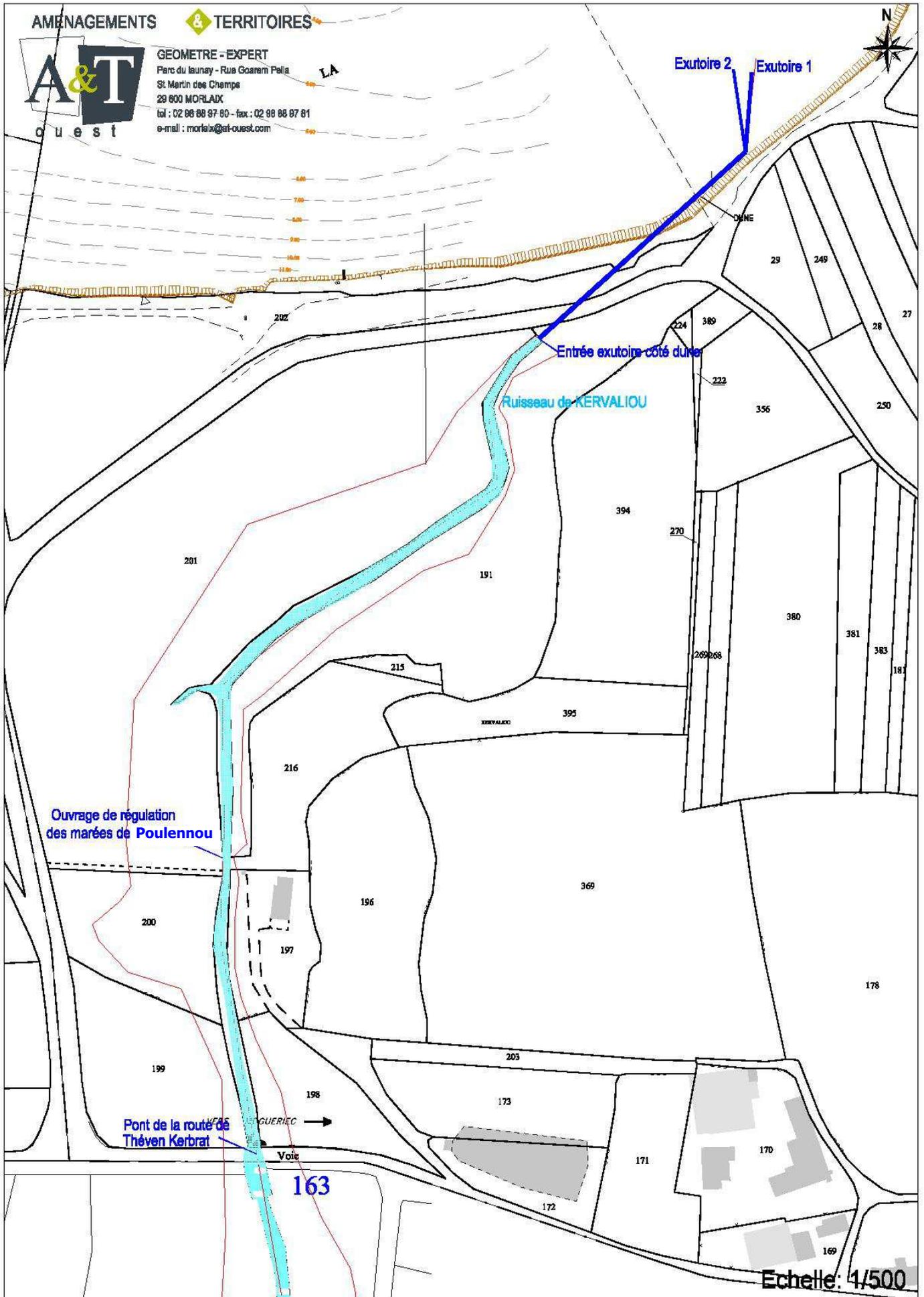
**Ainsi cette vanne favorise le remplissage de la zone amont et donc la submersion de la route in fine.**

## 4.2 CAPACITE DES OUVRAGES

Nous avons pu le constater précédemment, le phénomène de marée n'est pas le seul élément lié à la submersion de la zone d'étude. Il est donc important de connaître la capacité des ouvrages en place pour déterminer s'ils ont une capacité suffisante pour évacuer les 1.59 m<sup>3</sup>/s du débit décennal.

Page suivante :

Carte 3 : Vue en plan des ouvrages du secteur d'étude.



## 4.2.1 Ouvrages exutoire

### 4.2.1.1 Ouvrage côté mer

L'ouvrage à l'exutoire du projet a une caractéristique particulière car il a 1 entrée et deux sorties. Côté mer la capacité théorique des orifices de sortie est la suivantes (suivant la formule de Poncelet) :

- Exutoire 1 : **2 m<sup>3</sup>/s (hors pondération vanne de régulation).**
- Exutoire 2 : **0.588 m<sup>3</sup>/s (hors pondération vanne de régulation).**

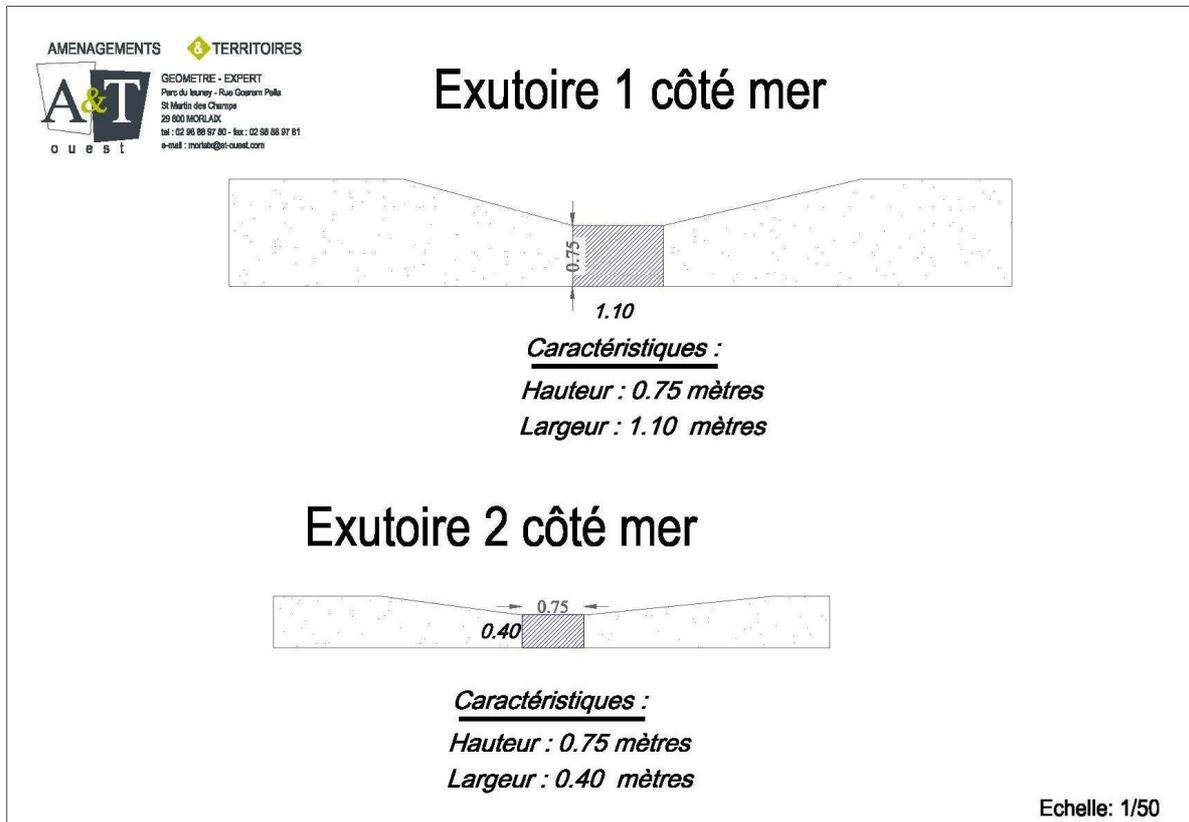


Figure 18 : Coupe des ouvrages côté mer

Une pondération est tout de même à apporter quant à la capacité des ces deux orifices. Il s'agit de vannes de régulation des marées, la capacité se trouve donc réduite par la vanne qui n'est jamais totalement ouverte (cf. plan suivant). On appliquera ainsi une pondération de 0.5 sur ces deux orifices. Il s'agit en effet d'anciens ouvrages, sans doute en partie colmatés. Un passage camera révélerai l'état réel de ces ouvrages

Ainsi, avec pondération, ces exutoires auront les capacités suivantes :

- Exutoire 1 : **1 m<sup>3</sup>/s (Avec pondération vanne de régulation).**
- Exutoire 2 : **0.294 m<sup>3</sup>/s (Avec pondération vanne de régulation).**

Capacité cumulée : **1.294 m<sup>3</sup>/s**

**On constate ainsi que la capacité cumulée des deux exutoires est insuffisante pour évacuer les 1.5 m<sup>3</sup>/s de l'écoulement décennal du ruisseau de Kervaliou.**

**De plus, des interrogations subsistent sur la conduite qui circule sous la dune (état, morphologie, dimension).**

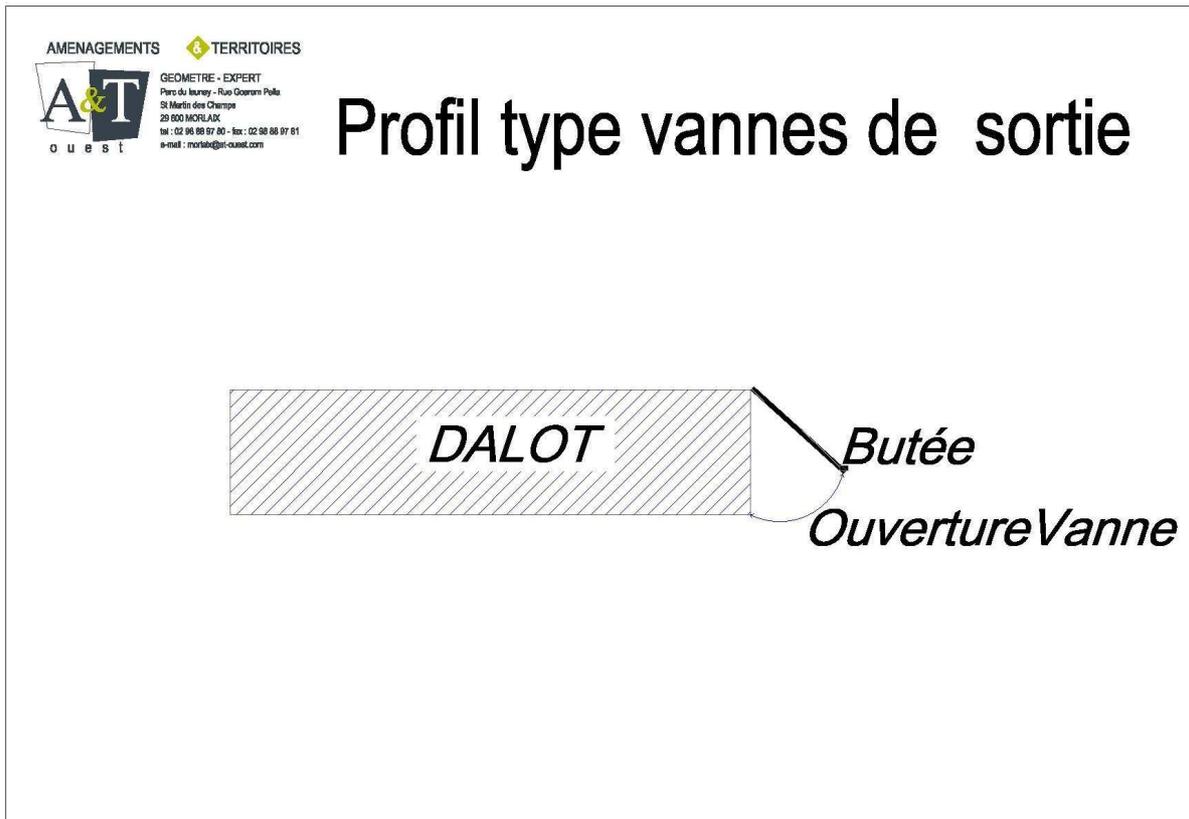


Figure 19 : Profil type des ouvrages existants

#### 4.2.1.2 Ouvrage côté Dune

Côté dune, la capacité théorique de l'orifice est la suivante :  $5.3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cette capacité n'est que théorique car la capacité générale de l'ouvrage dépend surtout des deux exutoires en sortie et de la canalisation qui y chemine.

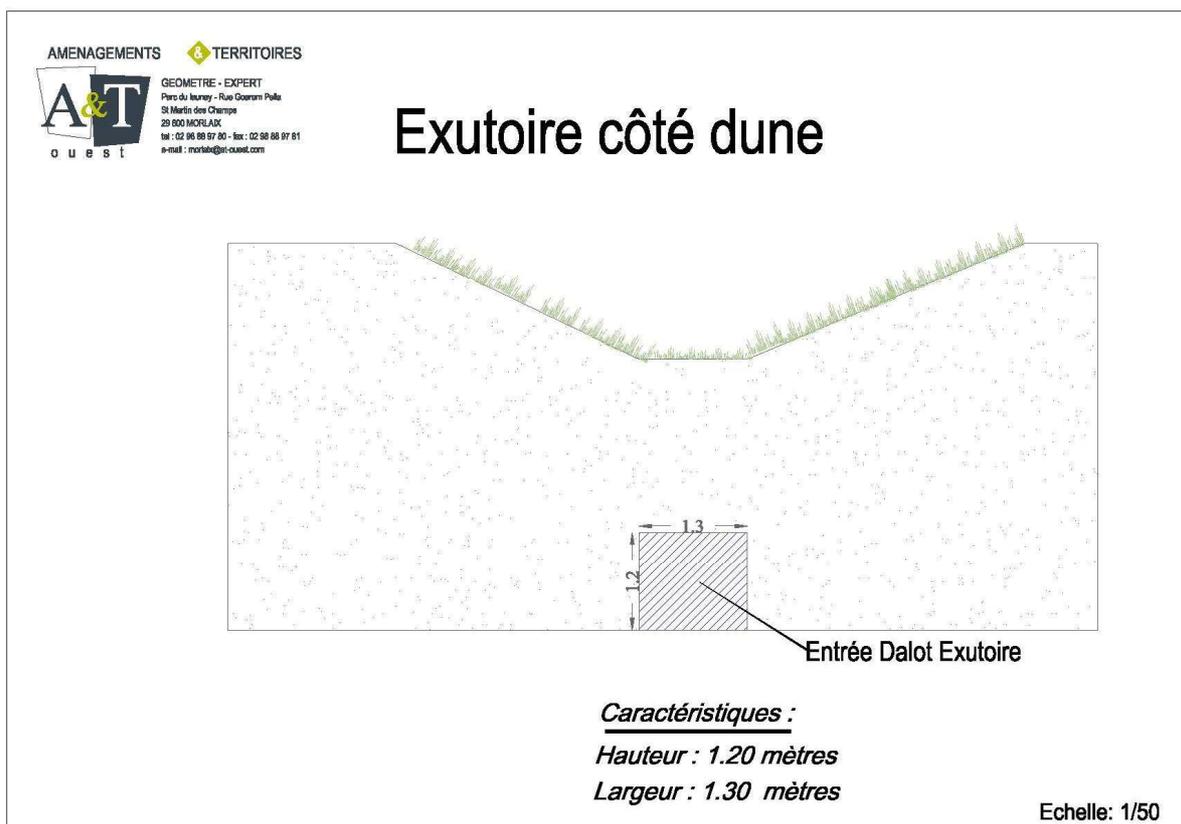


Figure 20 : Profil de l'exutoire côté dune

#### 4.2.2 Ouvrage de régulation des marées

Plus en amont, l'ouvrage de régulation des marées de Poulenou a une capacité théorique à l'orifice qui est de  $4.651 \text{ m}^3/\text{s}$ . Avec la vanne de régulation des marées une pondération de 0.7 est appliquée, la capacité de l'ouvrage est ainsi rapporté à :  **$3.26 \text{ m}^3/\text{s}$**  soit une capacité suffisante pour l'écoulement décennal du ruisseau de Kervaliou de  **$1.5 \text{ m}^3/\text{s}$** .

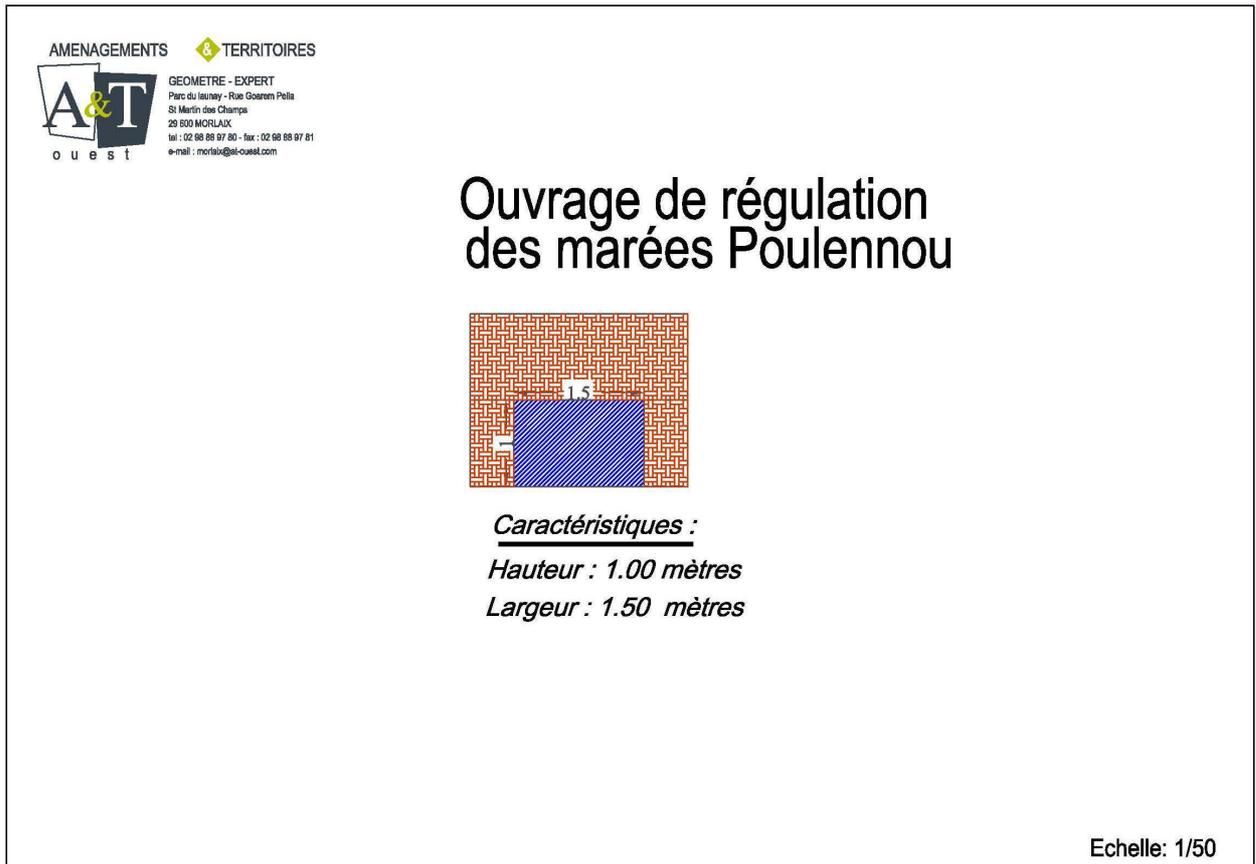


Figure 21 : Profil de l'ouvrage de régulation des marées de Poulennou

### 4.2.3 Pont de la route de Théven Kerbrat

Le pont de la route de Théven Kerbrat présente deux ponts cadres. La capacité des sections aval sont de **7 m<sup>3</sup>/s par section soit de 14 m<sup>3</sup>/s au total**, donc une capacité suffisante pour l'écoulement décennal du ruisseau de Kervaliou de **1.5 m<sup>3</sup>/s**.

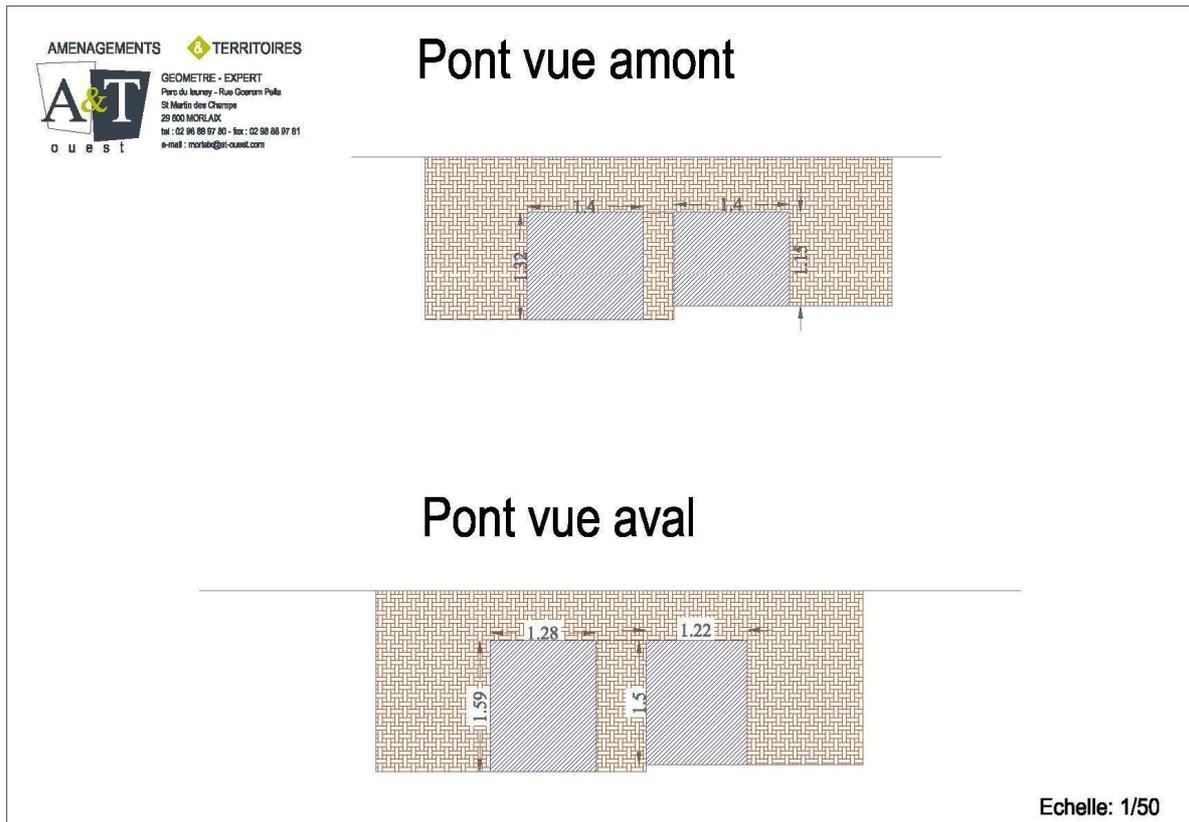


Figure 22 : Profil du pont de la route de Théven Kerbrat

#### 4.2.4 Conclusion

Après analyse de la capacité de l'ensemble des ouvrages de la zone d'étude, on constate que les deux vannes de régulation des marées à l'exutoire sont insuffisamment dimensionnées pour évacuer les  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$  du débit décennal du ruisseau de Kervaliou. Il conviendra donc de recalibrer voir de doubler cet ouvrage. Les ouvrages amont présentent pour leur part des capacités suffisantes.

## 5 SOLUTIONS POSSIBLES

Face aux problématiques rencontrées sur cette zone d'inondation, plusieurs solutions sont envisageables pour mettre notamment la route de Théven Kerbrat hors d'eau lors des évènements pluvieux importants et des forts coefficients de marées. Les propositions sont les suivantes.

### 5.1 REHAUSSE DE LA ROUTE

Afin de mettre la route de Théven Kerbrat hors d'eau sur l'ensemble du linéaire inondé, l'objectif est de monter le niveau de la route à 9.65 m au dessus du zéro hydrographique, soit de 0.62m au niveau du pont (niveau actuel 9.03 m). Ces travaux très onéreux s'avèrent difficilement réalisables. Le volume des terrassements est évalué à 2000 m<sup>3</sup> de remblais plus l'enrobé sur tout le linéaire, soit 4500 m<sup>2</sup> d'enrobé.

### 5.2 RECALIBRAGE DE L'EXUTOIRE EXISTANT

Une autre solution consiste à recalibrer l'exutoire existant et augmenter la capacité du réseau actuel en remplaçant ce dernier par un ouvrage suffisamment dimensionné pour faire transiter les débits de projet (1.5 m<sup>3</sup>/s). **En partant avec une vanne dont l'ouverture limiterai le débit, il faut ajouter une pondération 0.7.**

Les caractéristiques du réseau projeté sont les suivantes :

(m <sup>3</sup> /s)		Débits admissibles Q10 (m <sup>3</sup> /s)	Section liquide (m <sup>2</sup> )	Hauteur d'eau (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s) pondération de 0.7 pour ouverture vanne
OUVRAGE	<b>Buse Ø 1000</b>	<b>1.5</b>	0.785	1	<b>1.708</b>
	<b>Dalot 110 Lx75H</b>		0.825	0.75	<b>1.55</b>

On peu le voir dans le tableau ci-dessus, une buse Ø 1000 et un dalot de 110 de large par 75cm de hauteur sont suffisamment dimensionnés pour faire passer les débits de projet d'une pluie décennale.

Cependant comme nous l'avons vu dans le chapitre 4.1.1.1, l'exutoire actuel est situé à une cote de 7.07m donc soumis aux marées dépassant les 50 à 55 de coefficient. Cet exutoire rencontrera ainsi la même problématique de submersion et de blocage par marée à l'exutoire que l'ouvrage actuel.

Outre ce problème de calage des marées, une dépose et repose de l'ouvrage existant s'avère contraignante en terme de travaux et difficile en terme de travaux préalables pour repérage du réseau sous la dune (passage caméra).

### 5.3 DOUBLEMENT DE L'EXUTOIRE ACTUEL

Une troisième solution consiste donc à doubler l'exutoire actuel en le rehaussant au maximum afin qu'il soit moins régulièrement soumis à l'influence des marées. Ainsi, pour faire transiter les débits de projet de **1.5 m<sup>3</sup>/s afin de maximiser l'efficacité d'un tel ouvrage, ce dernier doit avoir une hauteur minimum** afin d'avoir un marnage plus important (donc un débit plus important). D'autre part en choisissant un ouvrage plus bas, on pourra caler de fil d'eau (Fe) le plus haut possible et ainsi réduire au maximum l'influence des marées.

#### 5.3.1.1 Calage de l'ouvrage

Le calage précédent nous a montré que le niveau de la route est calé à 9.03 m au dessus du zéro hydrographique. Ainsi, cet ouvrage doit nécessairement avoir la cote de sa matrice supérieure sous le niveau de la route. De plus, il est important de se prendre une marge de 0.5 mètres pour optimiser l'évacuation des ruissellements (un marnage plus important entraîne un débit plus important, cf. tableau ci-dessous).

Ainsi par exemple, pour un ouvrage d'un minimum de 0.55 m de hauteur, la cote du fil d'eau sera de 8.00 mètres environ. Ainsi l'ouvrage aura une cote de 8.50 m au niveau de sa matrice supérieure et il restera encore 0.5 mètres de marnage avant d'atteindre le niveau de la route.

#### 5.3.1.2 Dimensionnement de l'ouvrage

Dans notre cas figure il sera projeté un vanne de régulation des marées qui aura une capacité d'ouverture au maximum. Ainsi aucune pondération ne lui sera appliquée.

Les caractéristiques du réseau projeté sont les suivantes :

(m <sup>3</sup> /s)		Débits admissibles Q10 (m <sup>3</sup> /s)	Section liquide (m <sup>2</sup> )	Hauteur d'eau (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
OUVRAGE	<b>Buse Ø 1000</b>	<b>1.5</b>	0.785	1	<b>1.708</b>
	<b>Dalot 110 Lx55H (préfabriqué bonna sabla)</b>		0.605	0.55	<b>1.590</b>
				1	<b>2.14</b>

Comme le montre le tableau ci-dessus, la hauteur d'eau minimale pour l'ouvrage cadre sera de 55 cm et la hauteur maximale admissible sera de 1 mètres (avant d'atteindre le niveau de la route).

Comme on peut le voir deux solutions sont envisageables pour la pose d'un ouvrage unique. Soit une **buse Ø1000** ou un dalot **de 110 de large par 55 cm de hauteur**.

## 5.4 CREATION D'UNE BRECHE DANS LA DIGUE

### 5.4.1.1 Problème

Comme nous avons pu le voir au chapitre 4.1.2.2, l'ouvrage de régulation des marées de Poulennou n'est pas assez efficace lorsque le niveau d'eau montre à l'exutoire. Les ruissellements amont se trouvent bloqués au niveau de la digue existante qui devient un barrage à l'écoulement des eaux vers l'aval. Les parcelles amont ainsi que la route sont susceptibles de se trouver submergés comme ça a été le cas lors de l'évènement décennal du 06/02/2014.

### 5.4.1.2 Solution

Afin de permettre un écoulement des zones amont, il sera nécessaire d'effectuer une brèche dans la digue existante afin de permettre l'évacuation des ruissellements amont lorsque ceux-ci seront bloqués par l'ouvrage de régulation des marées de Poulennou. Ainsi, la cote de cette brèche doit être inférieure aux 9.07 m de la route. Il est donc envisagé de la caler à 8 mètres au dessus du zéro hydrographique, soit au niveau de la canalisation aval projetée (cf. chapitre précédent). Cette brèche d'une capacité largement supérieur à  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$  permettra une évacuation efficace des ruissellements vers l'aval.

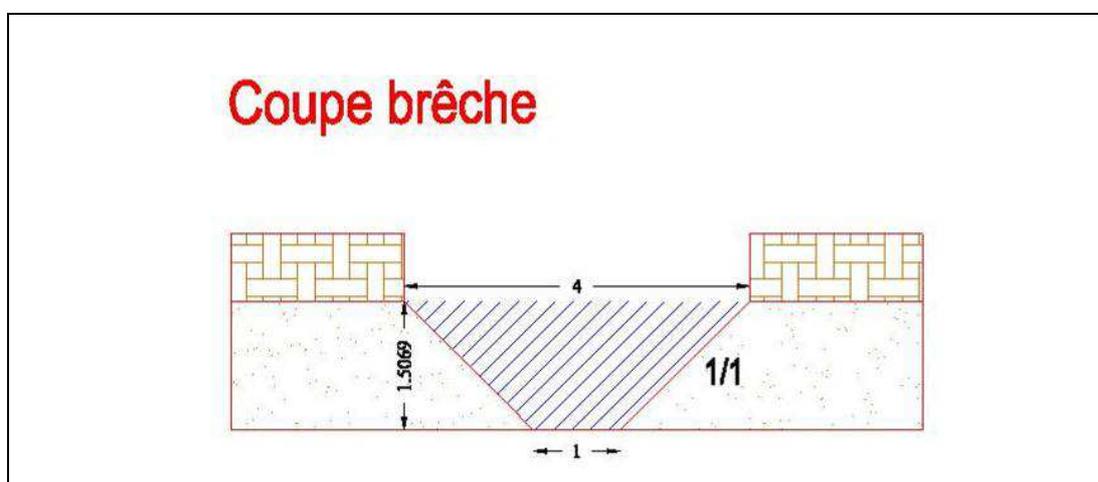


Figure 23 : Coupe de la brèche

Il est à signaler que l'évacuation des ruissellements par la brèche ne fera pas sans une évacuation efficace des ruissellements à l'aval.

## 6 SOLUTIONS RETENUES

### 6.1 DOUBLEMENT DE L'EXUTOIRE

Comme nous l'avons vu précédemment, il est nécessaire de créer un ouvrage secondaire à l'exutoire (cf. plans annexes 1&2). Cet exutoire sera ainsi calé à 8.00 mètres de hauteur par rapport au zéro hydrographique.

Deux possibilités ont été évoquées :

- **Buse Ø1000**
- **Cadre 110 L x 55 H**

La mise en place d'un cadre de 110x55 cm s'avère être le choix le plus favorable pour trois raisons :

- Efficacité, la buse se mettra en charge progressivement et la surface d'écoulement sera moins efficace dans la durée que pour un cadre.
- Hydraulique, le cadre aura une capacité de marnage plus importante et donc son débit sera plus efficace jusqu'à la cote des 9.03 mètres de la route.
- Sécurité, un cadre à hauteur réduite sera plus difficile d'accès et présentera moins de risques d'intrusion que pour le cas d'une buse Ø1000.

Ainsi, cet ouvrage sera coté à 8.00 mètres par rapport au zéro hydrographique ce qui équivaut à une marée de 70 à 80. Ce calage permet de gagner un mètre par rapport à l'ancien ouvrage précédent.

Il est donc préconisé de mettre en place un **ouvrage cadre de 110 cm x 55 cm** pour permettre l'évacuation des ruissellements amont pour un évènement d'occurrence décennal. Ainsi l'ancien ouvrage sera conservé et doublé par ce dernier. L'efficacité hydraulique en sera accrue.

Cet ouvrage cadre sera **coté à 8.00 mètres** au fil d'eau par rapport au zéro hydrographique pour optimiser l'évacuation par rapport à la cote marine (coef.70 à 80) et protéger notamment la route de Théven Kerbrat.

### 6.2 CREATION D'UNE BRECHE DANS LE TALUS AMONT

En parallèle à la création d'un second ouvrage à l'exutoire, nous avons vu qu'une brèche dans le talus amont permettra d'optimiser les écoulements face au manque d'efficacité de l'ouvrage d'évacuation des débits.

Il est donc préconisé de créer une brèche dans le talus au niveau de l'ouvrage d'évacuation des marées de Poulennou. Cet ouvrage devra être colmaté par des sacs de sables lors des grandes marées en cas de submersion marine.

## 8 LIMITES DU PROCEDE

Etant donné que la zone d'étude est basse, l'exutoire n'a pas pu être calé au-dessus des coefficients de marée supérieurs à 80 (environ 8.00 par rapport au zéro hydrographique).

Comme nous avons pu le voir dans le chapitre 4.1.2, si la vanne aval ne fonctionne plus, les ruissellements rempliront inévitablement la zone d'inondation. La création d'une brèche permettra d'optimiser l'efficacité de cette zone. Ainsi le tableau suivant fait état du volume d'eau à retenir en fonction des coefficients de marée :

Coefficient	90	110	120
Temps d'immersion de la canalisation	2 heures	2 heures30 min	3h 20 min
Volume à retenir (m <sup>3</sup> )	10 800	12 600	16 920
Surface concernée pour 0.5 m de marnage (m <sup>2</sup> )	21 600	25 200	33 840

Nous avons pu voir dans le Chapitre 4.1.2 que la capacité de stockage du champ d'inondation avec 0.5 m de marnage est d'environ 50 000 m<sup>3</sup>. Donc théoriquement, pendant une période de grande marée (120 par exemple), un événement décennal sera stocké dans la zone de submersion sans impacter la route de Théven Kerbrat.