

ANNEXE 1

ETUDE

PREVENTION DES INONDATIONS SUR LA COMMUNAUTE DE COMMUNES DU VALLON DE L'ARTOLIE

Etude Hydraulique

Août 2007

SOMMAIRE

I – OBJET DE L'ETUDE	3
II – MODELISATION HYDRAULIQUE DE L'ARTOLIE	4
II.1 – GENERALITES ET ZONE D'ETUDE	4
II.2 - HYDROLOGIE DU BASSIN VERSANT DE "L'ARTOLIE".....	5
II.2.1 <i>Caractéristiques générales</i>	5
II.2.3 <i>Les débits modélisés</i>	6
II.2.5 <i>Les débits du réseau d'eaux pluviales</i>	7
II.3 - CALAGE DU MODELE.....	7
II.3.1 <i>Les caractéristiques de calage</i>	7
II.3.2 <i>Réalisation et obtention du calage</i>	9
II.4 – COMPARAISON DES REGIMES HYDRAULIQUES TESTES.....	11
II.4.1 <i>Les zones de comparaison</i>	11
II.4.2 <i>Les résultats</i>	11
II.5 – EXPLOITATION DES RESULTATS DU MODELE	12
II.5.1 <i>Définition des objectifs du projet d'aménagement</i>	12
II.5.2 <i>Synthèse des aménagements envisagés</i>	13
IV – DIMENSIONNEMENT DES BASSINS DE RETENTION	14
IV.1 - ESTIMATION DES VOLUMES D'EAU A STOCKER.....	14
IV.2 - IMPLANTATION DES BASSINS DE RETENTION.....	15
IV.2.1 - <i>Prise en compte de la contrainte foncière</i>	15
IV.2.2 - <i>Partition en sous-bassins à l'amont</i>	15
IV.2.3 - <i>Implantation géographique du bassin sur "l'Artolie" et modèle d'écoulement</i>	16
IV.3 - HYDROGRAMME DE CRUE A L'AMONT DU BASSIN DE RETENTION	17
IV.4 – ARCHITECTURE DE CONSTRUCTION DU BASSIN DE RETENTION	17
IV.5 – LES OUVRAGES DE DIGUE ET OUVRAGES SPECIAUX	19
IV.5.1. <i>Plan de masse du bassin</i>	19
IV.5.2. <i>Les ouvrages de digue</i>	19
IV.5.3. <i>L'ouvrage de régulation (buse)</i>	19
IV.5.4. <i>L'ouvrage de surverse</i>	20
V - CHIFFRAGE DE L'OPERATION	20
5.1- CHIFFRAGE SOMMAIRE DU BASSIN DE RETENTION.....	20
5.2- CHIFFRAGE DES AMENAGEMENTS DE BERGES	21
VI - CONCLUSION	21

I – OBJET DE L'ETUDE

Dans le cadre de son programme de lutte contre les inondations, la Communauté de Commune du Vallon de "l'Artolie" a commandé **une étude de faisabilité pour la réalisation de bassins de rétention sur "l'Artolie" et ses affluents.**

Le présent rapport constitue le **volet hydraulique** de mise au point de l'étude d'avant-projet nécessaire à la réalisation de la Déclaration d'intérêt Général. Cette DIG sera elle-même intégrée au Dossier d'Autorisation au titre de l'application du Code l'Environnement (étape de Projet).

En outre, la réalisation des bassins de rétention s'accompagne d'un **volet environnemental** établissant les travaux de restauration et d'entretien des berges de l'Artolie.

Rappelons que l'étude hydraulique est réalisée en complémentarité avec les approches :

- **Foncière** dans le but premier d'informer les propriétaires et de recevoir une approbation informelle avant l'officialisation par la mise en place de servitude voire même l'achat du terrain par le Maître d'Ouvrage.
- **Topographique** pour connaître la géométrie exacte des terrains et des cours d'eau au droit des projets et ainsi caler précisément les différents bassins.
- **Géotechnique** afin de déterminer la nature des sols, la possibilité de réemploi des matériaux pour la création de digues, la perméabilité du sol et la profondeur de la nappe.
- **Environnementale** afin d'apprécier l'état paysager et écologique des lieux avant aménagement et faire des propositions pour une meilleure intégration possible des bassins dans les différents sites.

Dans la mesure où ces études se font en parallèles, et sont interdépendantes, l'implantation des ouvrages de rétention doit être particulièrement soignée.

L'étude hydraulique se décompose de la façon suivante :

- **Modélisation du cours de "l'Artolie" sur la Commune de Paillet.** L'objet consiste ici à avoir une image du comportement de la rivière à divers débits d'écoulement à Paillet. L'analyse des résultats permettra de réfléchir à des aménagements lourds (bassin de rétention) et plus légers (réfections localisées du cours de l'Artolie et de son environnement physique).
- **Réalisation des hydrogrammes de crue** à partir du ou des débits problématiques et pris comme cible du projet de prévention. Ces hydrogrammes permettront de définir les volumes d'eau à stocker sur le bassin versant de l'Artolie pour protéger le bourg de Paillet.
- **Dimensionnement des ouvrages** de rétention destinés à écrêter les crues et donc à amoindrir les débits.

Une pré-étude hydraulique réalisée par Sogreah est citée au cours de ce rapport. Elle est prise en comparaison à divers moment de l'exposé. A titre indicatif, Sogreah préconisait déjà l'implantation de bassins de rétention d'eau pour amoindrir les inondations à Paillet.

II – MODELISATION HYDRAULIQUE DE L'ARTOLIE

II.1 – Généralités et zone d'étude

La modélisation hydraulique est établie au moyen du logiciel HEC-RAS. Son utilisation permettra d'obtenir une image de l'écoulement de "l'Artolie" selon différents scénarii de débit.

Les données géométriques du relevé topographique effectué au mois de mai sur le bourg de Paillet, ont été renseignées dans le logiciel. On obtient dès lors un modèle dans l'espace de "l'Artolie".

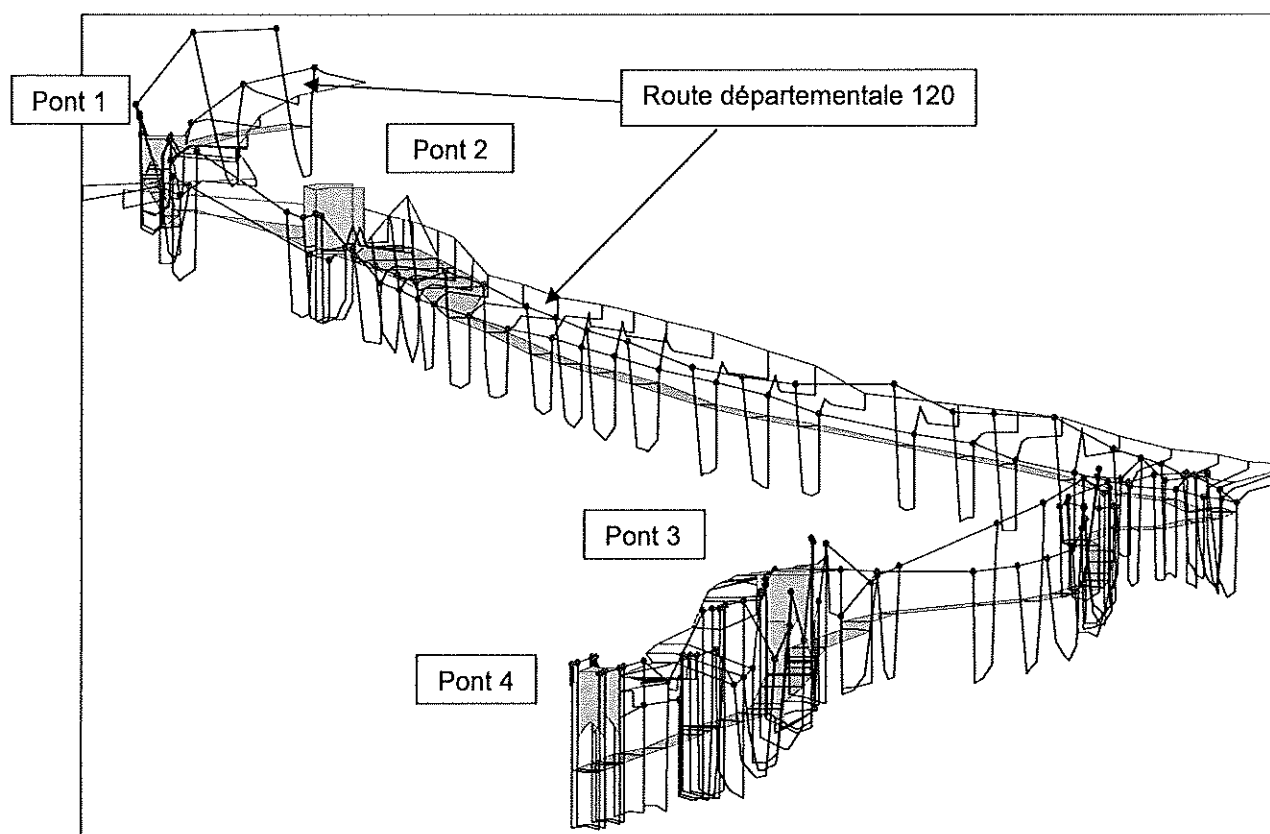


Figure 1 : Image spatiale de la rivière "Artolie" traversant le bourg de Paillet.

La modélisation porte essentiellement sur la zone urbanisée au niveau du Bourg de Paillet. Ainsi le schéma présente "l'Artolie" depuis la confluence avec "le Laubès" jusqu'au pont 4 de la route départementale n°10. Une partie de la rivière "le Laubès" est aussi reportée en amont car le passage du pont 1 est problématique.

Cette zone a été ciblée pour deux raisons :

1. il s'agit de la zone la plus urbanisée du cours de "l'Artolie" et sujette à des risques en cas d'inondation.
2. les voiries routières y ont une emprise très importante. Le lit d'expansion naturelle de "l'Artolie" s'en trouve modifié, et ces désordres ne sont pas sans conséquence pour les riverains et la circulation.

L'utilisation de la modélisation doit par conséquent permettre la compréhension de l'effet de la montée des eaux sur ce secteur.

La représentation en plan donne une information complémentaire pour se figurer la zone d'étude.

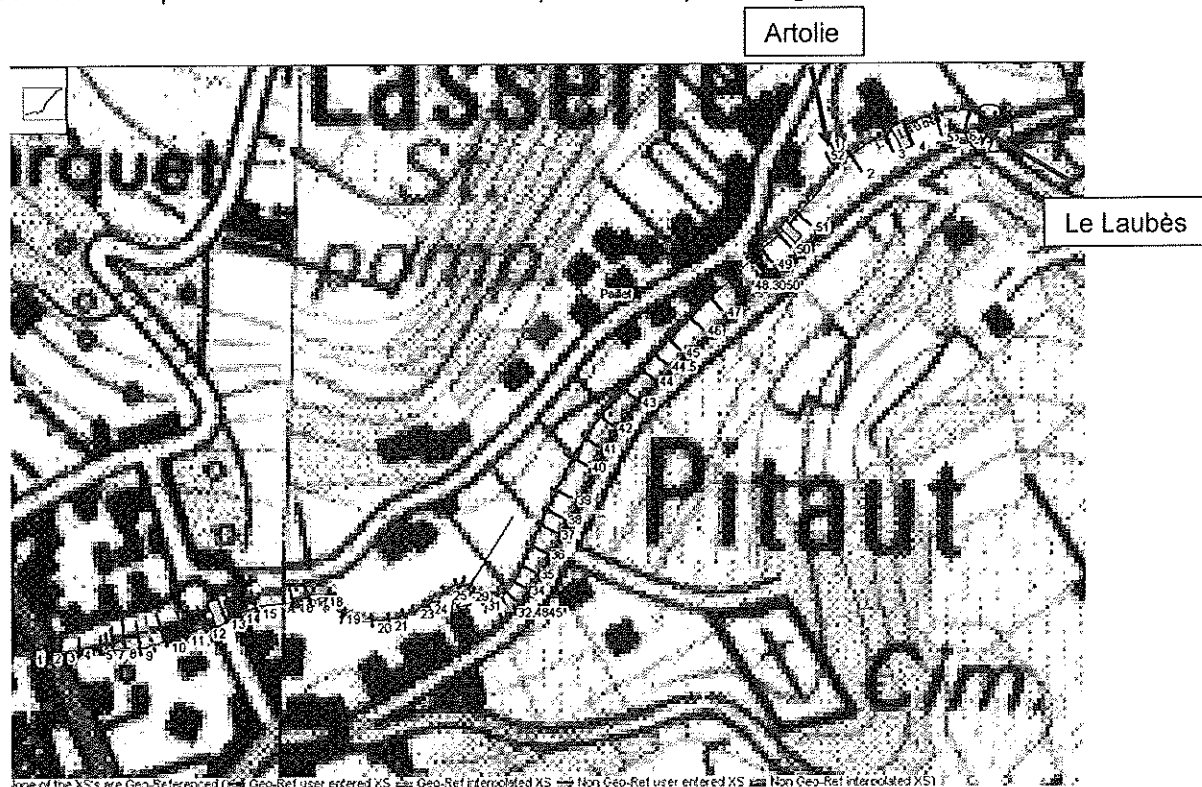


Figure 2 : Image plan du secteur modélisé de la rivière "Artolie".

II.2 - Hydrologie du bassin versant de "l'Artolie"

II.2.1 Caractéristiques générales

Le bassin versant de "l'Artolie" se situe en rive droite de la Garonne où la rivière conflue. Sa superficie représente 14,17 km² et son exutoire se trouve sur la Commune de Paillet.

La rivière "Artolie" draine deux affluents principaux, à savoir :

- Le ruisseau de "Campareau",
- Et le ruisseau du "Laubès" (lui-même ayant pour affluent "le Mansin").

Nous avons repris la partition en sous-bassins versant proposées par Sogreah dans l'étude précédente, celle-ci délimite 17 sous-bassins aux caractéristiques suivantes :

Bassin Versant n°	Superficie (Km ²)	Longueur de drain (m)	Pente moyenne (%)	Coeff C ruissellement	Temps de concentration tc (minutes)
1	1.49	1800	4	0.15	50.0
2	0.83	1700	3.8	0.18	42.5
3	0.93	1450	4.1	0.15	38.8
4	1.2	2000	4.1	0.15	47.0
5	0.64	1350	3	0.15	45.7
6	0.17	600	7.9	0.18	8.5
7	0.92	1500	2.5	0.18	64.1
8	1.13	2100	3.2	0.12	60.0
9	1.81	2450	2.8	0.15	84.5
10	0.31	900	5.8	0.15	16.2
11	0.97	1600	3.7	0.12	45.1
12	0.52	1150	5.7	0.15	21.3

13	1.12	1900	3.8	0.18	48.7
14	1.02	1950	4	0.2	45.3
15	0.22	900	7.1	0.2	11.8
16	0.77	1500	5.5	0.22	27.5
17	0.13	550	0.4	0.1	149.4
TOTAL	14.18		1.6	0.16	366.9

Le secteur modélisé se trouve sur le sous-bassin versant n°16 qui est l'exutoire naturel des bassins n° 1 à 15. Le calcul des débits d'écoulement est réalisé à l'aval des sous-bassins 1 à 15. Il s'agit géographiquement de la confluence entre "le Laubès" et "l'Artolie".

NB : Le coefficient de ruissellement et la surface des sous-bassins versants permettront d'établir les débits générés par une pluie donnée.

Le temps de concentration est calculé avec la formule de Passini. Il définit le temps maximum mis par une goutte d'eau pour ruisseler sur un bassin versant et donne par conséquent une idée du temps de réaction du bassin versant concerné. La période de plus haute eau est atteinte une fois cette période dépassée après un pic de pluie.

II.2.3 Les débits modélisés

La définition des débits de projet est une étape cruciale et très complexe de l'étude. Elle est rendue complexe par l'absence sur l'Artolie d'informations sur les pluies et les débits. Or toute étude d'un bassin versant passe par la connaissance de la pluviométrie de la zone et de sa conséquence : les débits générés sur le réseau hydrographique. Enfin elle est cruciale, car une erreur d'appréciation des débits transités (ex : sous-estimation) engagerait un sous dimensionnement des aménagements.

Quoiqu'il en soit, voici la méthode de définition des débits adoptée, accompagnée de quelques définitions.

Sans information précise sur le secteur de Paillet, l'établissement des débits est réalisé à l'aide des données Météo France issues des analyses statistiques des données du pluviographe de Mérignac.

Un travail statistique sur ces données pluviométriques rend compte de l'intensité des phénomènes de pluie et de leur période de retour. On parle par exemple de pluie décennale, il s'agit d'une pluie qui présente statistiquement, une probabilité d'apparition tous les 10 ans.

Dès lors, l'application de méthodes de calculs empiriques (voir ci-après la formule de Crupédix) à une pluie donne un débit de période de retour équivalente.

Il est par conséquent envisagé de tester la modélisation avec les débits suivants :

- **Un débit décennal**, c'est à dire un débit généré par une pluie de période de retour 10 ans.

La formule de Crupédix utilisée couramment en hydrologie permet le calcul du débit décennal ; elle est établie de la façon suivante :

$$Q_{10} (m^3 / s) = S^{0.8} \times \left[\frac{P_{10}}{80} \right]^2$$

où S est la superficie du bassin en km²
et P₁₀ est la pluie journalière décennale en mm/j.

On obtient :

Pluie	Débit	Intervalle de confiance de 70%	
P ₁₀ = 73,8 mm*	Q ₁₀ = 6,74 m ³ /s	4,49 m ³ /s	10,11 m ³ /s

*donnée Météo France pour la Gironde (pluie de 24 h)

Cette formule est le résultat d'interprétations statistiques de nombreux phénomènes de crue sur l'ensemble du territoire. Par conséquent, elle est ajustée par un intervalle de confiance qui établit une gamme de débit englobant 70% des phénomènes générés par une pluie décennale. Sogreah établissait donc son étude préalable un débit décennal de **7,5 m³/s**. Il sera pris comme référence dans la suite de l'étude.

- un **débit vingtennal** (période de retour 20 ans), **cinquantennal** (période de retour 50 ans) et **centennal** (période de retour 100 ans). La connaissance en hydrologie a établi depuis les années 60 la méthode du gradex. Il s'agit d'un calcul probabilistique des débits de crues extrêmes. Il se base sur des relevés d'informations comme les débits maximaux journaliers sur des périodes supérieures à 20 ans.

En l'absence, de ce type d'information le calcul des débits de crue extrême serait hasardeux. Pour autant, les débits suivants seront pris comme base de travail et réévalués si nécessaire :

Débit	Valeur cible
Q ₂₀ =	10,6 m ³ /s
Q ₅₀ =	12,2 m ³ /s
Q ₁₀₀ =	13,1 m ³ /s*

*Valeur établie par Sogreah.

NB : Les débits Q₂₀ et Q₅₀ sont établis à partir du tracé des hydrogrammes que nous aborderons dans la suite de l'étude. A des fins de comparaison, l'hydrogramme construit à partir d'une pluie de période de retour 100 ans donne un pic de débit de 13,4 m³/s très proche de l'évaluation faite par Sogreah (valeur retenue).

II.2.5 Les débits du réseau d'eaux pluviales

La zone modélisée comprend essentiellement le bassin urbanisé du bourg de Paillet. Pendant de fortes intempéries, toutes les surfaces imperméabilisées (toiture, routes etc.) créent des ruissellements d'eau de pluie convoyés vers l'Artole par le réseau d'eaux pluviales. Cet apport n'est pas négligeable au regard des valeurs évaluées ci-dessous :

Section*	Apport d'eaux pluviales				Total
	50	32	12	2	
Débit (pour une pluie de période de retour T = 10 ans)	0.23 m ³ /s	0.08 m ³ /s	0.36 m ³ /s	0.36 m ³ /s	1.03 m ³ /s
Débit (pour T = 20 ans)	0.29 m ³ /s	0.10 m ³ /s	0.45 m ³ /s	0.46 m ³ /s	1.29 m ³ /s
Débit (pour T = 50 ans)	0.37 m ³ /s	0.13 m ³ /s	0.58 m ³ /s	0.58 m ³ /s	1.65 m ³ /s
Débit (pour T = 100 ans)	0.46 m ³ /s	0.16 m ³ /s	0.72 m ³ /s	0.73 m ³ /s	2.07 m ³ /s

*Les apports d'eaux pluviales se font à différentes sections de "l'Artole" : de la section 50 (avale de la confluence) jusqu'à la section n°2 (pont le RD 10). Ils ont été établis en utilisant la formule de Caquot.

Les apports d'eaux pluviales sont ajoutés au modèle pour affiner l'approche.

II.3 - Calage du Modèle

II.3.1 Les caractéristiques de calage

Un modèle hydraulique de rivière se cale avec les informations relevées du terrain à savoir les niveaux maxima atteints par la crue relevés par les riverains et les débits transités respectifs. Dès lors, ce faisceau d'informations permet l'ajustement de **la rugosité du lit et des rives du cours d'eau**. En effet, cette donnée varie tout au long du lit mineur et sa précision fait la qualité d'un modèle hydraulique de rivière.

Etant donné l'absence de station de jaugeage, l'information sur les débits n'existe pas.

Néanmoins, les différentes rencontres avec les riverains de l'Artolie permettent de cibler précisément deux dates récentes où la rivière a connu des crues sévères. Lors de la crue du :

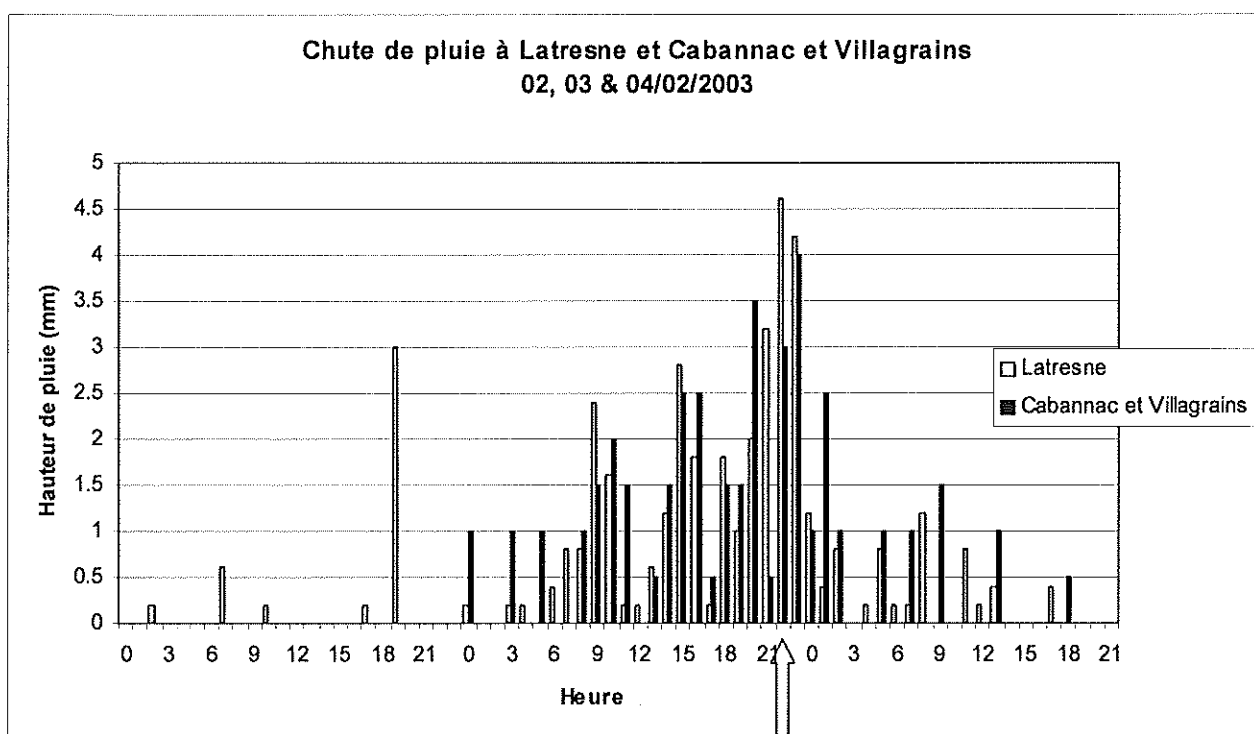
- 03 février 2003, la rivière a débordé de 1 m sur la route départementale n°120 à l'aval immédiat du coude à 90° formé par l'Artolie. En amont, la route longe l'Artolie et fut inondée sur presque sa totalité. Dans le bourg de Paillet, l'eau a débordé rue de « Lasserre » et à affleurer aux tabliers des 2 ponts principaux.

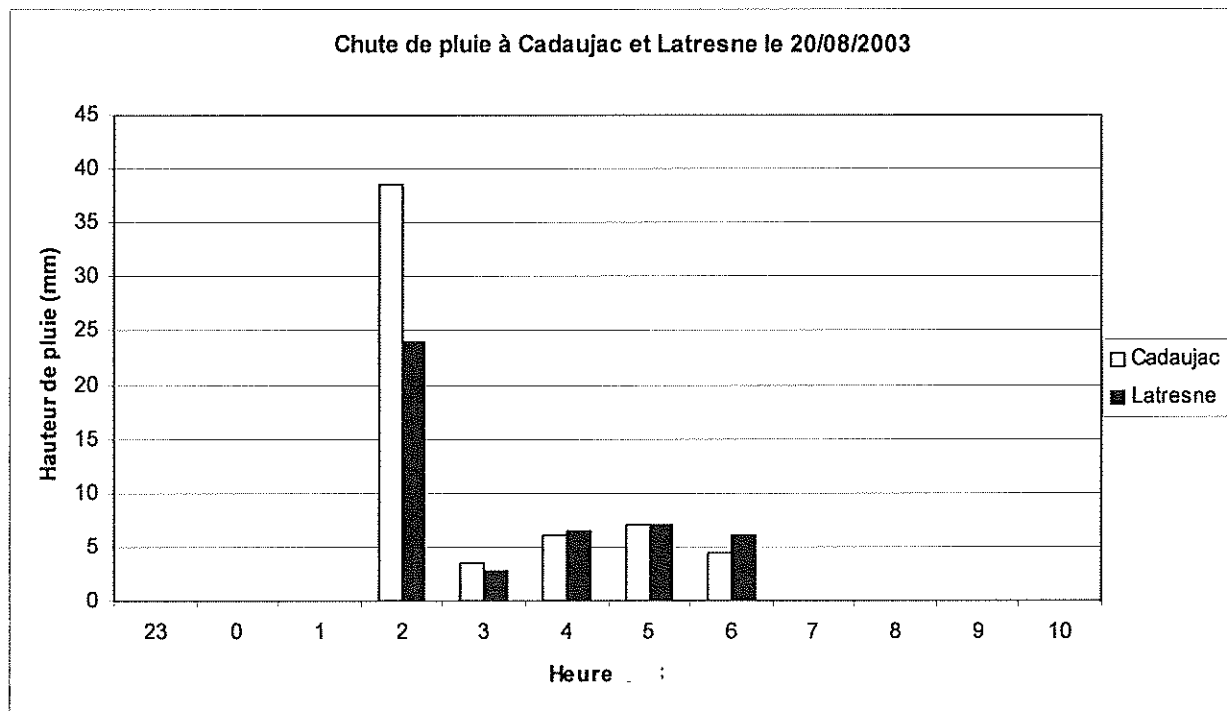
NB : Un talus sépare la route départementale 120 de la rivière. Celui-ci a été détruit par endroit et versé dans le cours d'eau. Cela n'est pas pour améliorer l'écoulement puisque la section de la rivière s'en trouve ponctuellement diminuée.

- 20 août 2003, l'Artolie a généré une onde de crue jugée plus importante que la précédente et de la même manière une montée des eaux problématiques pour les riverains et la sécurité de la route (RD n°120).

Ces deux dernières crues, l'une en période hivernale, l'autre en période estivale, sont prises en référence pour évaluer et caler le modèle. Les relevés Météo France de la pluviométrie donnent une idée de l'intensité des phénomènes.

Le 03 février 2003, les relevés des stations automatiques de Cabanac et Villagrains et Latresne donnent l'information suivante :





L'onde de crue a été maximale dans la nuit du 19 au 20 août à Paillet

Commentaires :

- Dans le premier cas, les chutes d'eau régulières (hivernales) ont saturé le bassin et un pic de pluie à la fin de la journée du 03 février a généré l'onde de crue maximale.
- Dans le second cas, le hauteur d'eau tombée en 1 heure (orage d'été) est si importante que le bassin se révèle incapable d'absorber l'eau. Le ruissellement s'accroît alors proportionnellement avec la répercussion logique sur la rivière qui draine l'ensemble. La pluviométrie de Cadaujac présente une hauteur d'eau de 38,5 mm dans l'heure. A titre de comparaison, les **données Météo France établissent statistiquement qu'une pluie de 37,2 mm sur 1 heure a une période de retour de 50 ans.**

Dès lors, le calage sera réalisé à partir du moment où nous constaterons sur le modèle des débordements notoires et comparables à ceux observés en 2003 sur le terrain. Et le débit de calage sera proche du débit de période de retour 50 ans.

II.3.2 Réalisation et obtention du calage

Le modèle de l'Artolie est donc testé pour les 4 débits suivants :

$Q_{10} =$	$7,5 \text{ m}^3/\text{s}$
$Q_{20} =$	$10,6 \text{ m}^3/\text{s}$
$Q_{50} =$	$12,2 \text{ m}^3/\text{s}$
$Q_{100} =$	$13,1 \text{ m}^3/\text{s}$

En appliquant le débit de période de retour 50 ans et en ajustant les paramètres variants telle que la rugosité, le modèle donne l'écoulement ci-dessous :

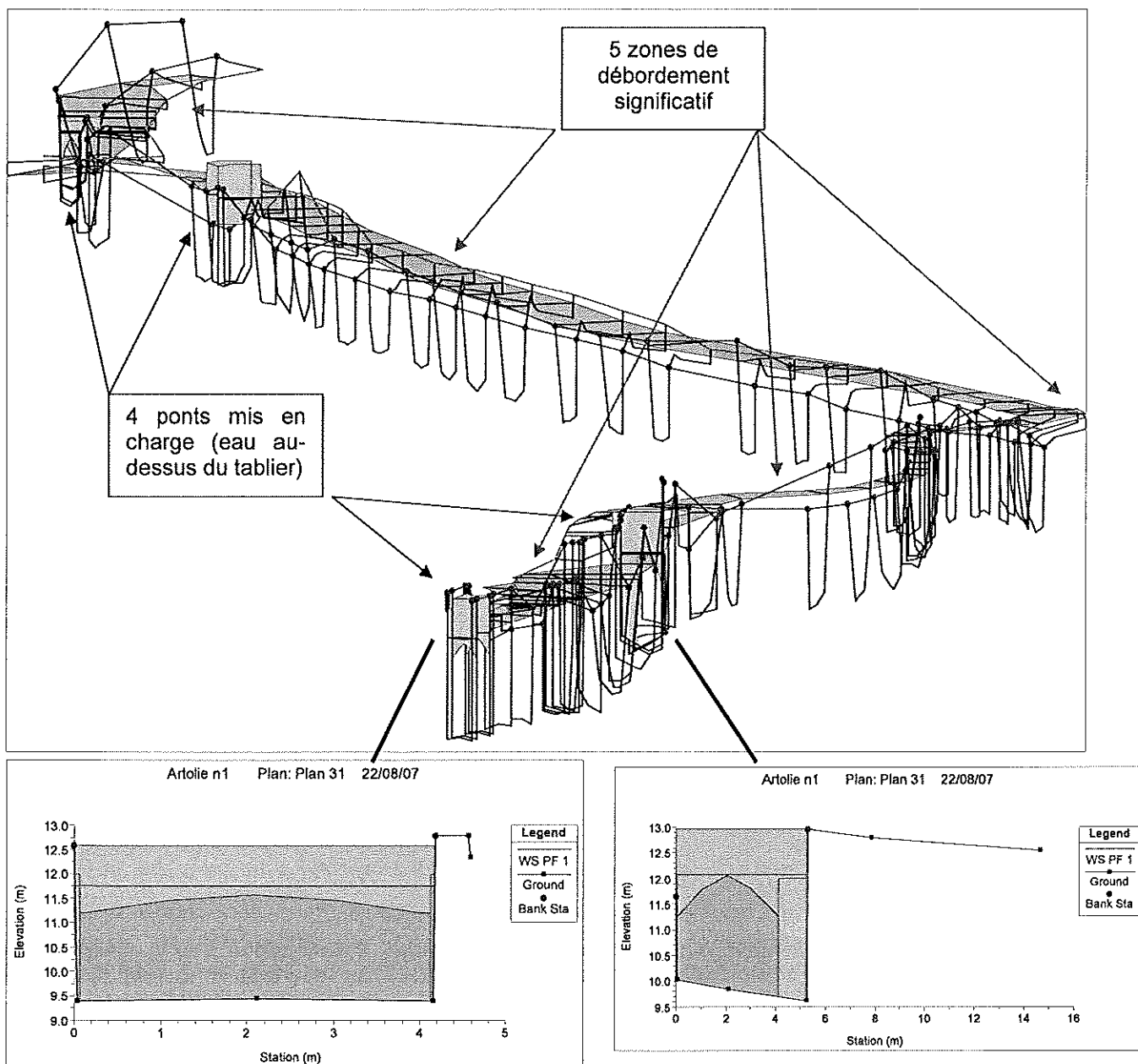


Figure 3 : Résultat du modèle - débit testé : Q_{50}

Lors d'une crue cinquantennale,

1. Le Laubès inonde la route départementale n°120 sur l'ensemble de son linéaire et met en charge le pont 1.
2. Après la confluence, l'Artolie inonde l'ensemble de la route contiguë à son cours et met en charge pont 2.
3. Le phénomène est amplifié par la singularité du coude à angle droit formé par le cours d'eau avec un débordement de +53 cm sur la route.
4. Enfin, en aval, la rivière inonde la rue Lasserre d'une hauteur de 20 cm et met en charge le pont 3 et 4 (dès la crue de période de retour 50 ans).

Au regard de ces observations très proches de la réalité observée en 2003, on peut estimer le modèle calé et propre à l'analyse des différents régimes hydrauliques.

II.4 – Comparaison des régimes hydrauliques testés

II.4.1 Les zones de comparaison

La synthèse des résultats du modèle demande, en premier lieu, une définition des zones à comparer. Il s'agit d'une partition de l'Artolie qui prend en compte les ouvrages tels que les ponts, les zones limitrophes à une route, les zones à forte densité urbaine, et les singularités de la rivière.

Le schéma ci-dessous résume cette partition en secteur.

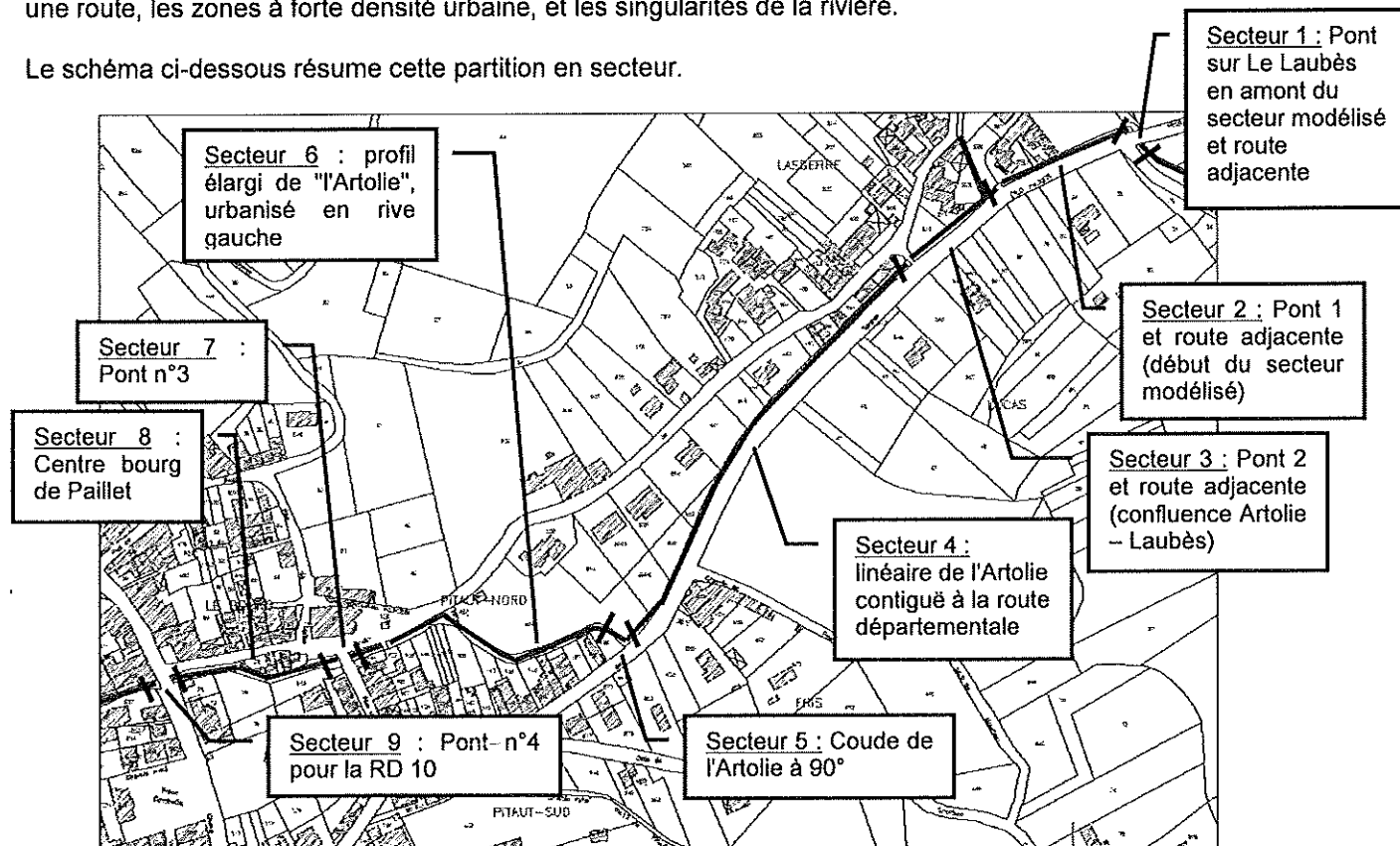


Figure 4 : Sectorisation de la rivière Artolie

II.4.2 Les résultats

Zone d'observation	Débit décennal 7,5 m ³ /s	Débit vingtennal 10,6 m ³ /s	Débit cinquantiennal 12,2 m ³ /s	Débit centennal 13,1 m ³ /s
<u>Secteur 1</u>	RAS = écoulement contenu par le lit mineur	Pont en charge mais écoulement contenu dans le lit du Laubès	Pont en charge mais écoulement contenu dans le lit du Laubès	Pont en charge mais écoulement contenu dans le lit du Laubès
<u>Secteur 2</u>	RAS	Pont n°1 en charge et débordements localisés à son abord en rive gauche du Laubès (+ 17 cm* sur la route)	Pont n°1 en charge et débordements localisés à son abord en rive gauche du Laubès (+ 32 cm sur la route)	Pont n°1 en charge et débordements localisés à son abord en rive gauche du Laubès (+ 32 cm sur la route)
<u>Secteur 3</u>	Pont n°2 en charge et débordements sur la route adjacente en rive gauche de l'Artolie (+ 25 cm sur la route)	Pont n°2 en charge et débordements sur la route adjacente en rive gauche de l'Artolie (+ 50 cm)	Pont n°2 en charge et débordements sur la route adjacente en rive gauche de l'Artolie (+ 60 cm)	Pont n°2 en charge et débordements sur la route adjacente en rive gauche de l'Artolie (+ 70 cm)
<u>Secteur 4</u>	Débordements localisés sur les 100 premiers mètres de la route en rive gauche	Débordements sur l'ensemble de la route en rive gauche	Débordements sur l'ensemble de la route en rive gauche	Débordements sur l'ensemble de la route en rive gauche
<u>Secteur 5</u>	RAS	Débordement au coude très pénalisant pour les habitations situées sur la continuité de la route. (+ 28 cm)	Débordement au coude très pénalisant pour les habitations situées sur la continuité de la route. (+ 53 cm)	Débordement au coude très pénalisant pour les habitations situées sur la continuité de la route. (+ 68 cm)

<u>Secteur 6</u>	RAS	Faibles débordements localisés au milieu de ce secteur et en rive gauche (zone non urbanisée). (+ 10 cm*)	Débordements sur 50% du linéaire en rive gauche et plus ponctuels en rive droite mais pénalisant pour les habitations qui y sont situées.	Débordements sur l'ensemble du linéaire en rive droite et gauche.
<u>Secteur 7</u>	RAS	RAS	Pont n°3 en charge	Pont n°3 en charge
<u>Secteur 8</u>	RAS	Débordements localisés en rive droite et juste après le pont n°3 (peu pénalisant).	Le bourg de Paillet est inondé sur 70% du linéaire et principalement en rive droite, partie très urbanisée. (+20 cm rue Lasserre)	Le bourg de Paillet est inondé principalement en rive droite et sur tout le linéaire, partie très urbanisée. (+ 40 cm rue Lasserre)
<u>Secteur 9</u>	RAS	L'Artolie affleure au tablier du pont n°4.	Pont n°4 en charge	Pont n°4 en charge

*hauteur d'eau relevée sur le route ou la berge mentionnée.

Commentaires :

1. Sur le secteur 1, la pente très importante du cours d'eau génère des vitesses d'écoulement élevées. Le pont amont est en charge à partir de la crue vingtennale. Il constitue alors un frein hydraulique. Même si cela met en danger l'ouvrage, il présente au moins l'utilité de ralentir l'écoulement. La mise en place d'un bassin de rétention en amont pourrait solutionner ce cas mais cette voie est très incertaine.
2. Le pont 1 sur le Laubès génère des débordements localisés à son abord à partir de la crue vingtennale. Ceux-ci sont provoqués par le sous-dimensionnement de l'ouvrage d'Art. Son tablier ne permet pas le passage d'un débit réservé supérieur au débit vingtennal. La remarque est identique à celle du point 1 ; sans bassin de rétention sur le Laubès, ce problème localisé, générant un débordement ne trouvera une solution que si on envisage la rehausse du tablier de ce pont.
3. Il convient alors de différencier le débordement du seul fait d'un ouvrage d'Art (exemple du pont 1) des débordements sur les voiries en rive gauche en secteur 3 et 4 ayant pour cause un lit mineure trop étriqué. De plus, le pont 2 de ce secteur 3 est mis en charge quel que soit le régime d'écoulement.
4. Le linéaire de la route départementale (secteur 3 et 4) est effectivement inondé sur 100 m à partir de la crue décennale et totalement pour les crues supérieures.
5. Il est confirmé que le coude en secteur 5 est pénalisant pour l'écoulement. Cette particularité du cours d'eau génère à elle seule une élévation du niveau d'eau de 30 cm.
6. Enfin le bourg de Paillet se trouve inondé à partir de la crue vingtennale. Notons alors que les ponts 3 et 4 sont mis en charge dès la crue cinquentennale. Ce point a été vérifié en aparté à l'aide d'un calcul à la main de la courbe de remous : Le résultat est identique.

II.5 – Exploitation des résultats du modèle

II.5.1 Définition des objectifs du projet d'aménagement

En considérant qu'il est primordial :

1. d'amoindrir les inondations dans les zones urbanisées,
2. d'amoindrir les débordements sur la route et les mises en charge des ponts (mis en danger de la résistance mécanique de l'ouvrage). Dans un cas comme dans l'autre, la sécurité routière est clairement concernée par les débordements de l'Artolie ou du Laubès.

Il apparaît nécessaire pour l'aménageur d'établir comme objectif minimum : un travail sur la crue de période de retour 20 ans. En outre, si les aménagements le permettent, l'objectif sera porté sur des crues de plus fortes intensités.

Par ailleurs, la crue de fréquence décennale s'avère problématique en secteur 3 et 4. Cela se traduit concrètement par un débordement sur une centaine de mètres sur la voirie. Loin de vouloir éluder ce débordement, l'aménageur l'intègre en se fixant un objectif de travail plus fort, à savoir la crue vingtennale. En effet, si le bassin de rétention (mesure majeure de prévention des crues) est dimensionné pour écrêter la crue de 20 ans, il sera aussi d'une efficacité certaine pour amoindrir toute crue de période de retour inférieure. Il sera vérifié que le pont 2 du secteur 3 et la route sont mis en sécurité, après écrêtement de la crue décennale en une crue de période de retour inférieure à 5 ans (inférieure à $5 \text{ m}^3/\text{s}$).

Néanmoins, ces débordements pourraient persister si on envisage uniquement la réalisation du bassin d'écrêtement. En effet, la suite de l'étude montrera que la crue vingtennale ne peut être écrêtée qu'en crue décennale ($7,5 \text{ m}^3/\text{s}$).

II.5.2 Synthèse des aménagements envisagés

Finalement, les aménagements à prévoir sur l'Artolie doivent se concentrer sur :

1. Des aménagements en amont tels que les bassins de rétention. Le stockage d'eau de ruissellement est la seule solution efficace pour amoindrir les effets d'un phénomène de crue extrême.
2. Des aménagements sur le cours de "l'Artolie" dans le bourg de Paillet :
 - La restauration et l'entretien de berges (abordé dans la partie environnementale du projet). Du point de vue hydraulique, cet entretien améliorera globalement l'écoulement sur les berges en cas de montée des eaux et diminuera l'ampleur du phénomène. Pour autant, cette amélioration est difficile à quantifier.
 - il est préconisé de refaire un endiguement ou un muret entre la rivière et la route départementale sur les secteurs 3 et 4 avec une hauteur de garde de 14,25 m à l'amont (secteur 3) à 13,8 à l'aval et sur un linéaire qui sera fixé lors du projet (linéaire compris entre 140 à 200 m).
 - Une reprise complète du coude à 90° (secteur 5) à l'aide d'une courbure améliorée pour l'écoulement. Le modèle a mis en évidence **une hausse significative de + 30 cm** du niveau d'eau du fait de cette singularité. Cette hausse est d'autant plus préjudiciable pour les riverains de la rue attenante.

Concernant les Ouvrages d'Art tels que les ponts, le modèle apporte les conclusions suivantes :

- Les ponts principaux 3 et 4 dans le Bourg ne sont pas dimensionnés pour le passage de la crue centennale et la crue de période de retour de 50 ans se révèle aussi problématique. Cette carence ne peut être que le résultat d'une sous-évaluation par les aménageurs du risque représenté par l'Artolie.
Pour ces deux ouvrages, il est conseillé de se rapprocher des services de l'Etat compétent pour connaître la conduite à suivre en cas de crue et de mise en charge du pont. La stabilité mécanique de l'ouvrage pourrait s'en trouver diminuée auquel cas un diagnostic s'avérerait nécessaire.
- Le pont 2 est mis en charge pour tous les régimes hydrauliques testés. Le modèle montre qu'il permet au maximum le transit d'un débit de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (inférieur au débit de période de retour 5 ans : $5,2 \text{ m}^3/\text{s}$). Or sur la zone, la faible dimension du lit de l'Artolie est déjà responsable des débordements. On ne peut donc pas imputer à cet ouvrage (sous-dimensionné) la responsabilité des débordements sur la voirie mais seulement un accroissement du phénomène.

Le lit mineur sur ce même secteur 3 de l'Artolie présente une capacité limitée d'écoulement allant de $4,5$ à $5 \text{ m}^3/\text{s}$. La réalisation du muret doit s'ajouter à la réalisation du bassin de rétention en amont pour contenir l'écoulement lors des crues allant jusque la fréquence vingtennale écrêtée à la fréquence décennale.

Le réaménagement du pont 2 peut être envisagé mais il ne constitue pas une priorité. En outre, il convient d'en suivre de la même manière la stabilité en terme de résistance mécanique à chaque passage de crue.

- Le pont 1 et le pont amont sur le Laubès sont problématiques à partir de la crue vingtennale. **Le pont 1 peut faire l'objet d'un réaménagement** à moyen terme (rehausse du tablier) car il est seul pénalisant pour l'écoulement du Laubès sur ce secteur. Cette orientation de travail est d'autant plus importante qu'il ne nous sera pas possible d'écarter le débit de crue du Laubès.

IV – DIMENSIONNEMENT DES BASSINS DE RETENTION

IV.1 - Estimation des volumes d'eau à stocker

Ce paragraphe est en première approche une évaluation des volumes à stocker pour réussir l'écêtement d'une crue extrême en une crue de période de retour décennale au niveau du Bourg de Paillet. L'hydrogramme à écrêter est donc pris à l'exutoire des sous-bassins 1 à 15.

Le tableau qui suit donne les volumes à stocker :

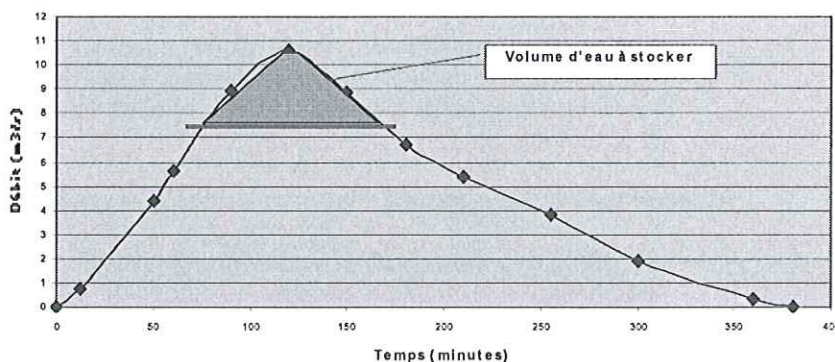
	Débit à la confluence "Artolie Laubès" (exutoire des sous-bassins 1 à 15)	Volume d'eau à stocker en amont	Surface nécessaire à un bassin de 1,5 m de profondeur de stockage
Période de retour de 20 ans	10,6 m ³ /s	17 700 m ³	11.800 m ² de plan d'eau soit 15.000 m ² de terrain (150 m par 100 m)
Période de retour de 50 ans	12,2 m ³ /s	32 700 m ³	21.800 m ² de plan d'eau soit 26.500 m ² de terrain (150 m par 175 m)
Période de retour de 100 ans	13,1 m ³ /s	48 000 m ³	32.000 m ² de plan d'eau soit 37.250 m ² de terrain (200 m par 185 m)

Chaque volume a été évalué en écrêtant les débits de pointes du tableau à un débit de passage de 7,5 m³/s tel que représenté sur le graphique ci-contre.

Ces valeurs donnent une idée des besoins de stockage à répartir sur les zones identifiées en amont du Bourg de Paillet.

Ce tableau se veut aussi comme une mise en relief des objectifs de l'aménageur. En effet, les zones d'implantation des bassins contraignent les capacités de stockage. Si nous répondons à l'objectif d'écarter une crue vingtennale, le stockage se révélera par ailleurs insuffisant pour la crue de période de retour 50 ou 100 ans. Les crues auront une intensité diminuée mais pas au point d'empêcher les débordements.

Hydrogramme générée par une pluie vingtennale à l'amont du bassin versant urbanisé de Paillet



L'attention de l'aménageur est donc attirée sur le fait que ces moyens de protection contre les crues ne mettent pas à l'abri des crues rares et exceptionnelles. Il y a là un effet pervers redoutable puisque les riverains constatent qu'ils sont à l'abri des crues moyennes et oublient que des crues fortes peuvent malgré tout survenir. Ils sont alors tentés d'occuper d'avantage le lit majeur ou de remplacer des occupations peu vulnérables par des occupations très vulnérables. On parle de perte de la culture du risque. **Il faut tout faire pour intégrer les projets d'aménagement dans un ensemble plus vaste incluant des mesures dans les documents réglementaires (POS et PPRI), des moyens d'alerte et d'information clairement connus de tous, des réunions avec les riverains pour garder vivante la culture du risque.**

Enfin le tableau témoigne du fait qu'un écrêtement à la crue décennale est un objectif très ambitieux et peu perfectible. Dès lors, en cas de crue vingtennale, le bassin assurera son rôle pour qu'il n'arrive sur Paillet que le débit décennale problématique en secteur 3 et 4. Des aménagements localisés sont donc impératifs (réaménagement de la digue en un muret en béton entre l'Artolie et la route départementale).

IV.2 - Implantation des bassins de rétention

IV.2.1 - Prise en compte de la contrainte foncière

Chaque site d'implantation a été pré-identifié parce qu'il présente les meilleures caractéristiques pour y implanter un bassin de rétention. La topographie très pentue du bassin versant de "l'Artolie" ne laisse que peu d'autres choix pour l'implantation.

A ce jour, deux zones ont été ciblées :

1. un premier site sur "l'Artolie" à cheval sur les Communes de Capien et Langoiran. Les parcelles cadastrales n° 498 et n° 497 sur Langoiran, et n°900&902 et n° 901 sur Capien sont concernées.

La surface disponible de 8.000 à 10.000 m² offre des perspectives de stockage qu'il faudra optimiser.

2. Un second site de 1.500 m² sur "le Laubès". Ce site avait été identifié sur la parcelle n°564 de la Commune de Villenave de Rions. Il a reçu la désapprobation totale du propriétaire. Quoiqu'il en soit, le site aurait été écarté, au regard des surfaces nécessaires pour le stockage.

Après une seconde rencontre avec ce propriétaire, un ancien étang sur la parcelle n°608 (même propriétaire) pourrait être un nouveau site d'implantation. Cette zone de 1.000 à 1.200 m² est tout aussi insuffisante. Si la Communauté de Communes engageait des travaux, ceux-ci seraient bien trop onéreux pour des volumes de stockage faible.

Etant donné le peu d'intérêt présenté par le site identifié pour le deuxième bassin, l'étude se concentre sur l'optimisation du bassin de rétention à proximité de l'Artolie.

IV.2.2 - Partition en sous-bassins à l'amont

Nous rappelons ici la partition en sous-bassins versants :

Bassin Versant n°	Superficie (Km ²)	Longueur de drain (m)	Pente moyenne (%)	Coefficient C ruissellement	Temps de concentration tc (minutes)
1	1.49	1800	4	0.15	50.0
2	0.83	1700	3.8	0.18	42.5
3	0.93	1450	4.1	0.15	38.8
4	1.2	2000	4.1	0.15	47.0
5	0.64	1350	3	0.15	45.7
6	0.17	600	7.9	0.18	8.5
7	0.92	1500	2.5	0.18	64.1
8	1.13	2100	3.2	0.12	60.0
9	1.81	2450	2.8	0.15	84.5
10	0.31	900	5.8	0.15	16.2
11	0.97	1600	3.7	0.12	45.1
12	0.52	1150	5.7	0.15	21.3
13	1.12	1900	3.8	0.18	48.7
14	1.02	1950	4	0.2	45.3
15	0.22	900	7.1	0.2	11.8
16	0.77	1500	5.5	0.22	27.5
17	0.13	550	0.4	0.1	149.4
TOTAL	14.18		1.6	0.16	366.9

Le site identifié pour la création du bassin de rétention sur l'Artolie se trouve à proximité de l'exutoire du sous-bassin n°13. Le futur bassin recevra par conséquent les eaux ruisselées d'un bassin versant ayant pour superficie 5,89 km².

IV.2.3 - Implantation géographique du bassin sur "l'Artolie" et modèle d'écoulement

L'utilisation d'HEC RAS sur le secteur de stockage donne les niveaux d'eau transités en période de crue. Il permet surtout d'apprécier le champ d'expansion naturel de l'Artolie sur le secteur. L'implantation du bassin de rétention doit se penser dans une logique de respect de ces champs d'expansion naturels.

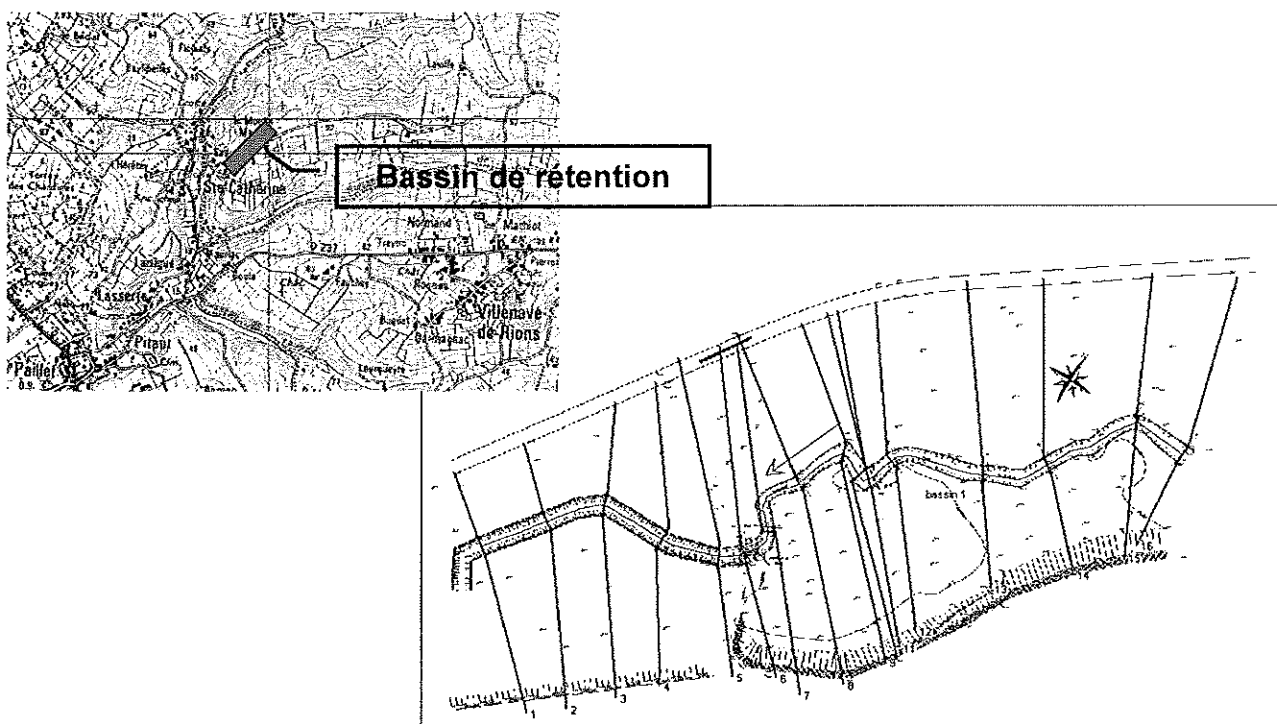


Figure 6 & 7 : Implantation géographique & Schéma du modèle d'écoulement de l'Artolie

Le modèle donne respectivement les profils écoulements pour les débits testés suivants :

- débit de période de 20 ans : 4 m³/s,
- débit de période de retour 100 ans : 5,1 m³/s.

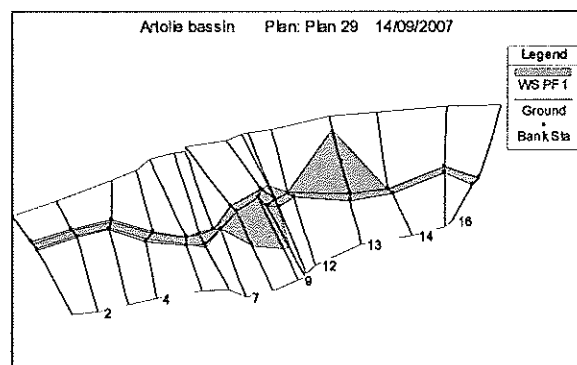
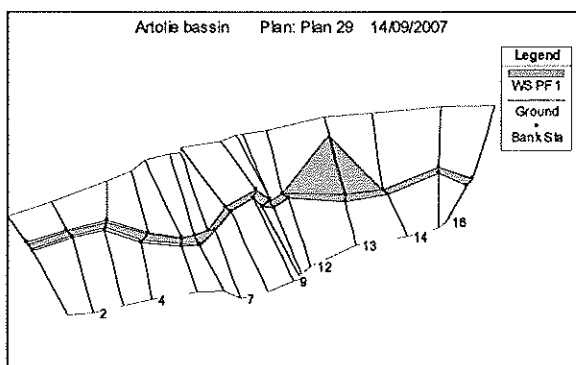


Figure 8 & 9 : Résultat de la modélisation

L'Artolie présente deux champs d'expansion naturels. Le premier développé dès la crue vingtennale, s'étend en rive droite dans une zone humide. Cette zone d'intérêt écologique sera conservée en l'état afin qu'elle demeure un champ d'expansion naturelle après aménagement.

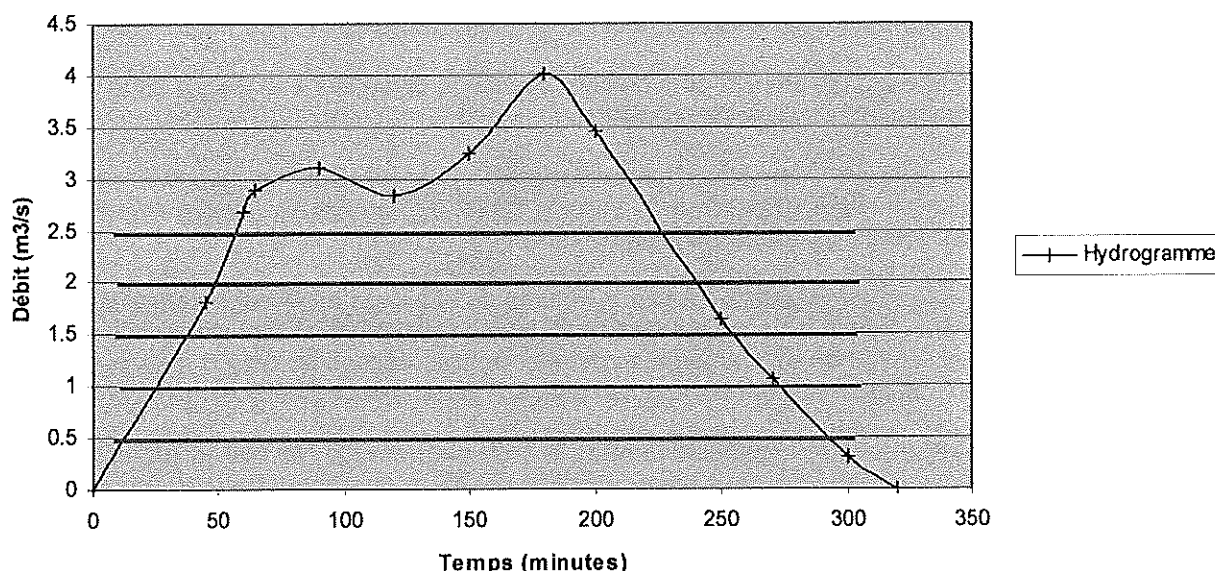
L'application d'un débit supérieur de crue centennale génère aussi un débordement en rive gauche sur le lieu d'implantation du bassin. Ce débordement se fera à l'avenir dans le bassin de rétention.

Enfin, quel que soit le débit appliqué, la route en rive droite est protégée (hors du lit majeur de l'Artolie) ; l'aménagement veillera à conserver cet état de fait.

IV.3 - Hydrogramme de crue à l'amont du bassin de rétention

Les besoins en volume de stockage imposent un débit laminé (par le bassin) établi à partir de l'hydrogramme de crue à l'exutoire du sous bassin versant n°13. Le débit de période de retour 20 ans est notre objectif de travail en première approche. La construction de l'hydrogramme révèle au pic de crue un débit de $4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Hydrogramme généré par une pluie d'orage vingtennale,
pris à l'amont du futur bassin de rétention sur l'Artolie



Les barres rouges symbolisent le débit laminé par le bassin de rétention. La différence avec le pic de crue représente l'écrêtement recherché qui ramené au temps donne un volume de stockage.

Ainsi pour différents débits laminés représentés sur le graphique, le tableau qui suit donne les volumes à stocker par le bassin de rétention :

Débit laminé	Volume à stocker
0,5 m ³ /s	33500 m ³
1 m ³ /s	25.300 m ³
1,5 m³/s	18.000 m³
2 m ³ /s	11.700 m ³
2,5 m ³ /s	6.400 m ³

Le bassin de rétention aura la capacité d'écrêter l'onde de crue vingtennale en une crue décennale si on lui confère un volume de stockage de 17.700 (cf. partie IV.3). D'après le tableau ci-dessus, son débit de fuite (ou débit laminé) doit approcher 1,5 m³/s.

IV.4 – Architecture de construction du bassin de rétention

La zone de stockage se présente en trois secteurs aux caractéristiques suivantes :

- un secteur de prairie en rive gauche d'une superficie de 5.000 m²,
- un second secteur de prairie en rive droite d'une superficie de 1.800 m²,
- un troisième secteur en rive droite composé de bois et d'une zone humide d'intérêt écologique (ZNIEFF) de 5.000 m².

Etant données les surfaces disponibles, l'objectif de stocker 18.000 m³ est très ambitieux. Des opérations de terrassement d'envergure seront engagées sur les deux premiers secteurs listés de façon à gagner en hauteur de stockage. La zone humide du troisième secteur sera conservée en l'état et laissée comme champ d'expansion naturel. La partie boisée de ce secteur pourrait être déboisée et terrassée de façon à être assemblée au secteur de prairie de la rive droite.

Le tableau qui suit donne une idée des volumes mis en jeu :

Hauteur maximum d'eau stockée (valeur prise à la digue)	Volumes de terre à terrasser	Volume d'eau stockée
1,5 m	4.100 m ³	8.850 m ³ *
2 m	6.100 m ³	11.600 m ³
2,5 m	6.100 m ³	18.000 m ³

*Volumes établis sur la base des caractéristiques morphologiques de la rivière et géographiques du lieu d'implantation du bassin.

Note : la hauteur maximum est prise entre la cote de surverse sur la digue aval et la cote de la génératrice supérieure de la buse constituant l'ouvrage de régulation.

Une première orientation consiste à concevoir un endiguement aval (cf. plan de masse en annexe) qui stockerait au maximum une hauteur d'eau de 2 m. Ainsi le projet de barrage de l'Artolie ne rentrerait pas dans la nomenclature des opérations soumises à Déclaration.

Dans ces conditions, le bassin de rétention n'a pas le volume de stockage nécessaire pour écrêter la crue de période de retour 20 ans. Néanmoins ce type de bassin aura un impact significatif sur la crue décennale. Le stockage d'un volume de 11.600 m³ permettrait d'écrêter la crue décennale de 7,5 m³/s à moins de 5 m³/s à l'entrée de Paillet. Il s'agit d'un régime d'écoulement que l'Artolie peut transiter sans débordement.

Pour parvenir à l'objectif d'écrêter significativement la crue vingtennale (18.000 m³ de stockage), le bassin de rétention nécessite une hauteur d'eau stockée de 2,5 m au niveau de la digue aval. Cette possibilité technique soulève par ailleurs plusieurs contraintes :

1. la nécessité d'inclure l'ouvrage (endiguement et surverse) dans le cadre du Dossier Loi sur L'Eau au titre de la nomenclature des ouvrages relevant du régime de la Déclaration,
2. le projet ainsi constitué pourrait relever de la Sécurité Publique avec diverses contraintes supplémentaires (calcul de l'onde de rupture, visite et entretien fréquents de l'ouvrage). La DDAF s'en réserve l'appréciation à la présentation du Projet.

« La circulaire n°70-15 du 14/08/70 définit les barrages intéressant la sécurité publique comme ceux dont la rupture éventuelle aurait des répercussions graves pour les personnes. »

Cette définition est très large, aussi la proximité des habitations à l'aval du bassin sera un facteur clé pour évaluer le risque et désigner le barrage comme relevant de la sécurité publique. Néanmoins, le facteur $H^2\sqrt{V}$ inférieur à 5 dans le cas du bassin de 18.000 m³, (formule employée en France pour traduire l'importance d'un barrage - H, hauteur d'eau, V volume stocké) classe le barrage dans les ouvrages de petites importances.

3. on atteint une valeur limite pour la hauteur de surverse. Cette cote de surverse constitue la cote de plus hautes eaux sur le bassin en cas de crue vingtennale dépassée. Dès lors, les plus hautes eaux impactent l'amont du bassin et doivent être par conséquent contrôlée et sans impact pour l'environnement amont (ex : route, voie piétonne, habitation).

Quoi qu'il en soit l'objectif d'écrêter la crue vingtennale est réalisable par l'aménageur.

En variante, il est enfin envisageable de déboiser 1.250 m² en rive droite de façon à ajouter de 1.250 à 2.500 m³ de stockage supplémentaire.

IV.5 – Les ouvrages de digue et ouvrages spéciaux

IV.5.1. Plan de masse du bassin

Cf. plan joint en annexe.

IV.5.2. Les ouvrages de digue

Pour que le bassin puisse jouer son rôle de retenue efficacement et sans danger, son endiguement doit pendant toute la vie prévue de l'ouvrage, offrir les qualités suivantes :

- conserver dans les limites acceptables ses caractéristiques dimensionnelles ; tassement et déformation doivent être limités à des valeurs ne mettant pas en cause la finalité de la construction.
- Présenter le moins de dégradation possible. Les matériaux doivent conserver les caractéristiques mécaniques prévues au projet, d'abord pour préserver la stabilité de l'ouvrage, mais aussi pour éviter toute altération de son aspect.
- Présenter la meilleure étanchéité possible. Toute fuite dans le barrage ou dans sa fondation, peut être à l'origine de dégradations graves dont l'évolution risque d'être catastrophique (danger de renard).
- Offrir dans son fonctionnement une sécurité suffisante.

Des dispositions constructives seront aussi prises, à savoir :

- Conserver une revanche de 0.50 à 0.60 m au-dessus de la cote de la surverse,
- Utiliser un matériau étanche mis en place par couches compactées de 30 à 50 cm,
- Prévoir une crête de 3 m de largeur pour permettre la circulation d'un engin d'entretien et les accès depuis les voiries publiques,
- Prévoir une pente de talus n'excédant pas 50% (1/2).

IV.5.3. L'ouvrage de régulation (buse)

Une buse placée sous l'endiguement réalisera une double fonction :

1. maintenir un continuum fluvial malgré l'ouvrage de stockage,
2. freiner l'écoulement en cas de crue pour permettre le stockage d'eau en amont. Il est important d'informer le maître d'ouvrage que cette buse présentera un fonctionnement rustique dans la mesure où elle ne laminera pas le débit entrant dans le bassin vers un débit fixe en sortie.

Note : seule une vanne motorisée pourrait réaliser un laminage constant, avec toutes les contraintes que cela suggère en cas de panne ou tout simplement par l'investissement bien supérieur à consentir.

Ainsi, la buse va présenter un fonctionnement différent, à savoir :

- à la montée de la crue : débit laminé de 0,5 m³/s,
- paroxysme de la crue (plus hautes eaux sur le bassin) : débit laminé de 1,5 à 2 voire 2,5 m³/s.

Cette remarque intervient surtout pour illustrer le fait que le barrage va se remplir dès les petites et moyennes crues, dès 0,5 m³/s de passage sur l'Artolie. Ainsi les eaux vont marnier régulièrement sur le site. En conséquence, cela ne peut que engager la maîtrise vers l'achat des terrains (sous digues, ouvrage de surverse et amont à définir). Ajoutons aussi que cette réalité a un avantage majeur puisque l'ouvrage va vivre à chaque crue mineure et ainsi on pourra tester son fonctionnement, sa fiabilité et sa résistance. Dans le temps, cela suggère aussi un suivi de l'ouvrage et des entretiens. Quoi qu'il en soit la surveillance de ce genre d'ouvrage est une nécessité pour garantir la sécurité des personnes.

Enfin, en cas de crue, la canalisation passera en charge. L'énergie du débit transité sera dissipée dans une fosse à l'exutoire prévue à cet effet.

IV.5.4. L'ouvrage de surverse

L'ouvrage se définit en quatre éléments très importants :

1. la surverse (cote du seuil et largeur à définir) ; le dimensionnement de la surverse sera évalué
 - a. pour permettre le passage de la crue centennale et en maintenant une revanche suffisante,
 - b. pour permettre le passage de la crue millénale sans débordement par-dessus la digue.
2. le coursier (pente, maçonnerie et enrochement à soigner), dimensionné pour résister aux mêmes crues extrêmes,
3. la cuvette de dissipation où l'on cherche à stabiliser le ressaut (longueur),
4. le parafouille aval pour stabiliser et protéger l'ensemble (construction à soigner dans notre cas d'érosion régressive sur l'Artole).

En l'occurrence, le bassin dissipateur sera le même que celui utilisé à l'exutoire de la buse de régulation.

V - CHIFFRAGE DE L'OPERATION

Ce chiffrage sommaire est indicatif étant donné que l'étude géotechnique doit donner des informations sur la nature des sous-sols. Ces données seront déterminantes pour statuer sur la complexité de l'ancrage des digues (fondation spéciale à prévoir ou non) mais aussi pour connaître le volume potentiel de réemploi de matériaux (telles que les argiles utiles à l'étanchéité de la digue). Le montant des travaux s'en trouvera par conséquent augmenté ou diminué.

5.1- Chiffrage sommaire du bassin de rétention

Il est proposé deux chiffrages suivant les volumes objectifs d'eau stockée. Il est rappelé que le bassin de 18.000 m³ est la solution optimale pour atteindre l'objectif d'écêtement de la crue vingtennale.

Orientation I : hauteur d'eau de 2,5 m pour un stockage d'eau de 18.000 m³.

Type de travaux	Montant € HT
I – Travaux préliminaires et préparatoires	24.000 € HT
II - Terrassements	81.000 € HT
III – Ouvrage de digue	128.000 € HT
IV – Ouvrage de surverse	51.000 € HT
V – Buse de régulation	10.000 € HT
VI – Divers travaux	13.000 € HT
VII - Réception	1.500 € HT
TOTAL TRAVAUX HT	308.500 € HT
Honoraires Maîtrise d'œuvre et divers	41.500 € HT
TOTAL OPERATION HT	350.000 € HT
TVA	68.600 € HT
TOTAL TTC	418.600 € HT

Orientation II : hauteur d'eau de 2 m pour un stockage d'eau de 11.600 m³.

Type de travaux	Montant
I – Travaux préliminaires et préparatoires	24.000 € HT
II - Terrassements	81.000 € HT
III – Ouvrage de digue	83.000 € HT
IV – Ouvrage de surverse	51.000 € HT
V – Buse de régulation	10.000 € HT
VI – Divers	13.000 € HT
VII - Réception	1.500 € HT
TOTAL TRAVAUX HT	263.500 € HT

Honoraires Maîtrise d'œuvre (8 %) et divers	36.500 € HT
TOTAL OPERATION HT	300.000 € HT
TVA	58.800 € HT
TOTAL TTC	358.800 € HT

Option (déboisement de 1.250 m² de terrain et terrassement maximum) : 56.000 € HT.

5.2- Chiffrage des aménagements de berges (coude & muret en béton)

Le chiffrage est réalisé dans le volet environnemental de l'étude.

VI - CONCLUSION

En conclusion, la Communauté de Communes du Vallon de l'Artolie peut envisager des aménagements d'ampleur pour prévenir les inondations du Bourg de Paillet avec pour meilleur rempart la réalisation d'un bassin de rétention de 18.000 m³ sur la rivière Artolie. Dès lors, le bourg de Paillet sera protégé contre les crues ayant une fréquence d'apparition tous les 20 ans. Autrement dit, les débordements de l'Artolie pourraient avoir une fréquence d'apparition au-delà d'une génération.

Il s'agit d'un objectif raisonnable qui engage l'aménageur dans un plan global de prévention des inondations où la communication avec les riverains sera un fondement pour assurer la pérennité de la prévention. Ce plan devra aussi travailler à une programmation de l'entretien des ouvrages.

Enfin cet aménagement fort s'accompagne de la restauration des berges sur le cours de l'Artolie. La programmation des travaux s'étalera sur plusieurs années de façon à satisfaire les priorités et à partitionner les montants d'investissement.

Le Haillan, le

Pour le Bureau d'études SOCAMA

