

# COMMUNE DE CASTILLON DU GARD



## RAPPORT DE PHASE 3

ZONAGE DU RISQUE INONDATION PAR RUISSELLEMENT URBAIN ET INTEGRATION  
DANS LES DOCUMENTS D'URBANISME

### PHASE 3 : Etudes des actions de réduction du risque inondation

Juin 2014



**HydroPraxis**



## Table des matières

### Contenu

<b>1. Scenario réduction de l'aléa</b> .....	<b>1 -</b>
1.1. Cartes d'aléas.....	1 -
1.2. Analyse socio-économique .....	7 -
1.2.1. Dommages .....	7 -
1.2.2. Dommages Moyens Annualisés et dommages évités .....	7 -
1.2.3. Valeur Actualisée Nette .....	8 -
1.2.4. Analyse de sensibilité à l'estimation des dommages.....	9 -
<b>2. Scenario réduction de la vulnérabilité</b> .....	<b>11 -</b>
2.1. Cout des travaux.....	11 -
2.2. Efficacité économique.....	11 -
2.3. Analyse de sensibilité .....	12 -
2.3.1. Au prix des équipements .....	12 -
Figure 1 : <i>Carte d'aléa – fonçage SNCF – 8-9 septembre 2002 - hauteurs</i> .....	2 -
Figure 2 : <i>Carte d'aléa – fonçage SNCF – centennale - hauteurs</i> .....	3 -
Figure 3 : <i>Carte d'aléa – fonçage SNCF – décennale - hauteurs</i> .....	4 -
Figure 4 : <i>Carte d'aléa – fonçage SNCF – Impact - centennale - hauteurs</i> .....	5 -
Figure 5 : <i>Carte d'aléa – fonçage SNCF – Impact - décennale- hauteurs</i> .....	6 -
Figure 6 : <i>dommages état actuel et scenario 2</i> .....	7 -
Figure 7 : <i>courbes fréquentielles des dommages état actuel et scenario 2</i> .....	8 -
Figure 8 : <i>décroissance du taux d'actualisation dans le temps</i> .....	9 -
Figure 9 : <i>évolution de la Valeur actualisée nette</i> .....	9 -
Figure 10 : <i>dommages aux habitations calculés par crue, état actuel en euros – selon 3 hypothèses</i> .....	10 -
Figure 11 : <i>dommages aux habitations calculés par crue, état projet en euros – selon 3 hypothèses</i> .....	10 -
Figure 12 : <i>VAN – selon 3 hypothèses – scenario réduction de l'aléa</i> .....	10 -
Figure 13 : <i>VAN – selon 3 hypothèses- scenario pose de batardeaux</i> .....	12 -
Figure 14 : <i>sensibilité au prix des batardeaux</i> .....	12 -

L'objectif de cette phase est de tester des propositions de scénarios de solutions d'aménagement visant à réduire les aléas et de tester leur efficacité au travers d'une Analyse Coût-Bénéfice.

Le scénario d'aménagement réalisé consiste à réouvrir les fonçages sous la voie ferrée et à créer des fossés d'évacuation.

Les cartes d'aléas sont alors produites pour chaque cas et comparées à l'état existant afin de pouvoir quantifier la réduction de l'aléa.

Une analyse coûts-bénéfice est également menée afin de permettre à d'évaluer la pertinence économique de cette aménagement.

Un second scénario étudiera une alternative aux mesures structurelles de réduction de l'aléa au travers d'un programme de réduction de la vulnérabilité.

## **1.Scenario réduction de l'aléa**

---

### **1.1. Cartes d'aléas**

Le modèle développé lors de la phase 2 a été mis à jour en permettant aux 4 fonçages existants sous la voie SNCF de s'écouler vers le Sud.

Pour ce faire, des fossés ont été intégrés de part et d'autre de la RD de façon à permettre l'écoulement jusqu'au gardon :

- A l'Ouest → h=2 x l=2m avec pente de 1/1 sur 700m m (jusqu'au Cardon) - Capacité de 12 m<sup>3</sup>/s
- A à l'Est → h=1.5 x l=2m avec pente de 1/1 sur 460 m (jusqu'au Cardon) – Capacité de 8 m<sup>3</sup>/s

Dans les 2 cas, 2 passages sous voirie sont nécessaires.

Le modèle élaboré permet de restituer les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement pour les différents évènements.

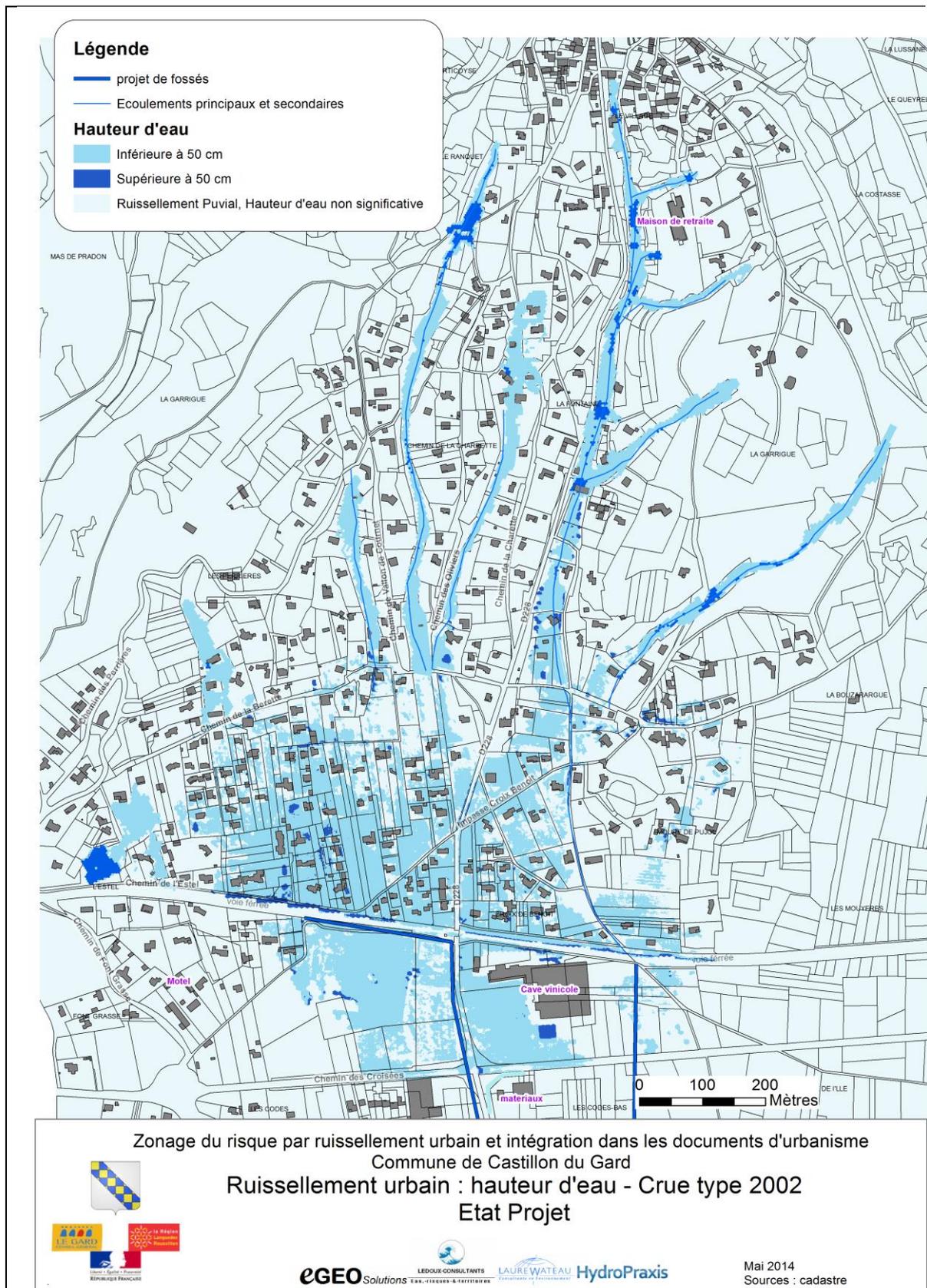


Figure 1 : Carte d'aléa – fonçage SNCF – 8-9 septembre 2002 - hauteurs

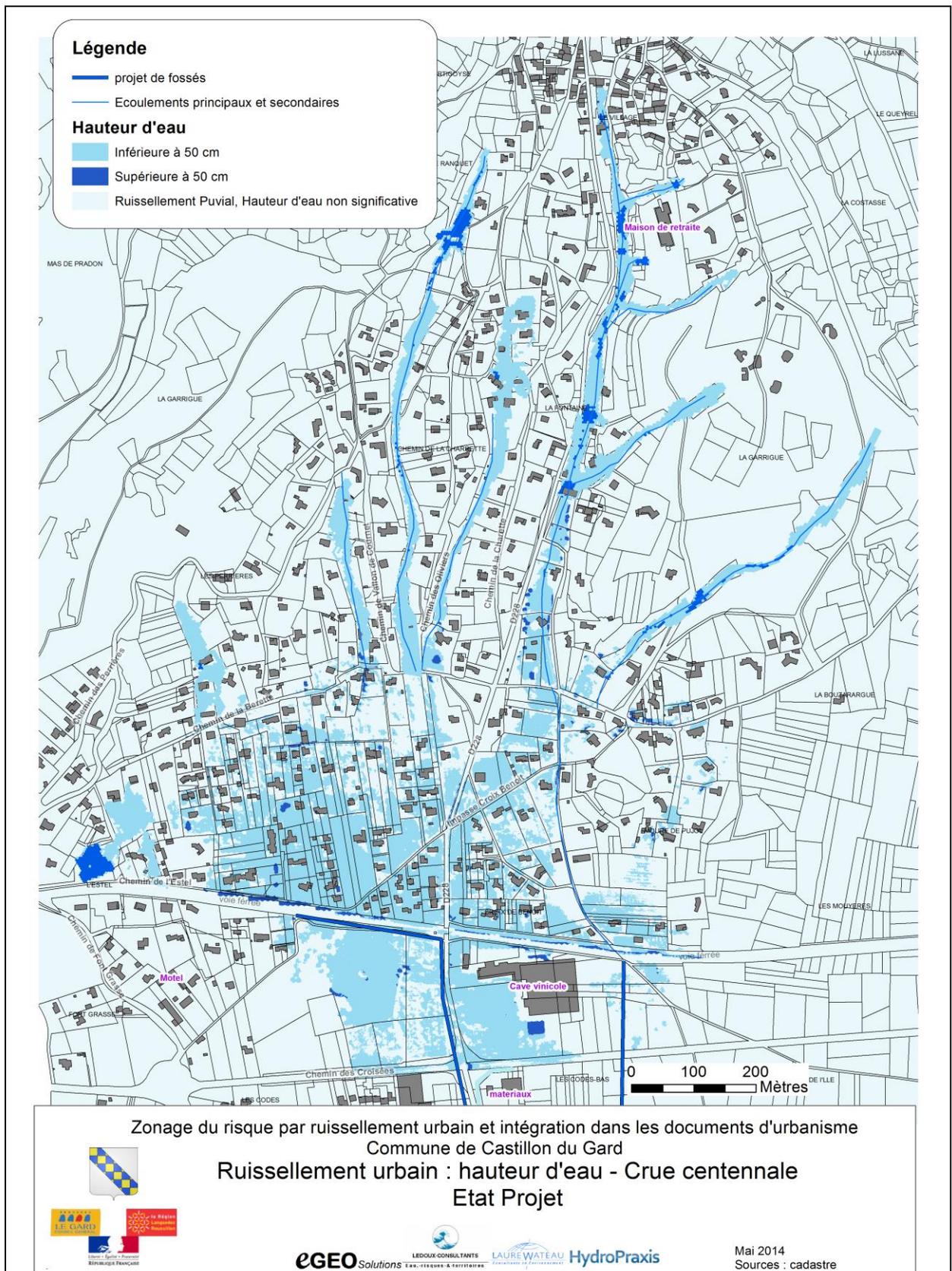


Figure 2 : Carte d'aléa – fonçage SNCF – centennale - hauteurs

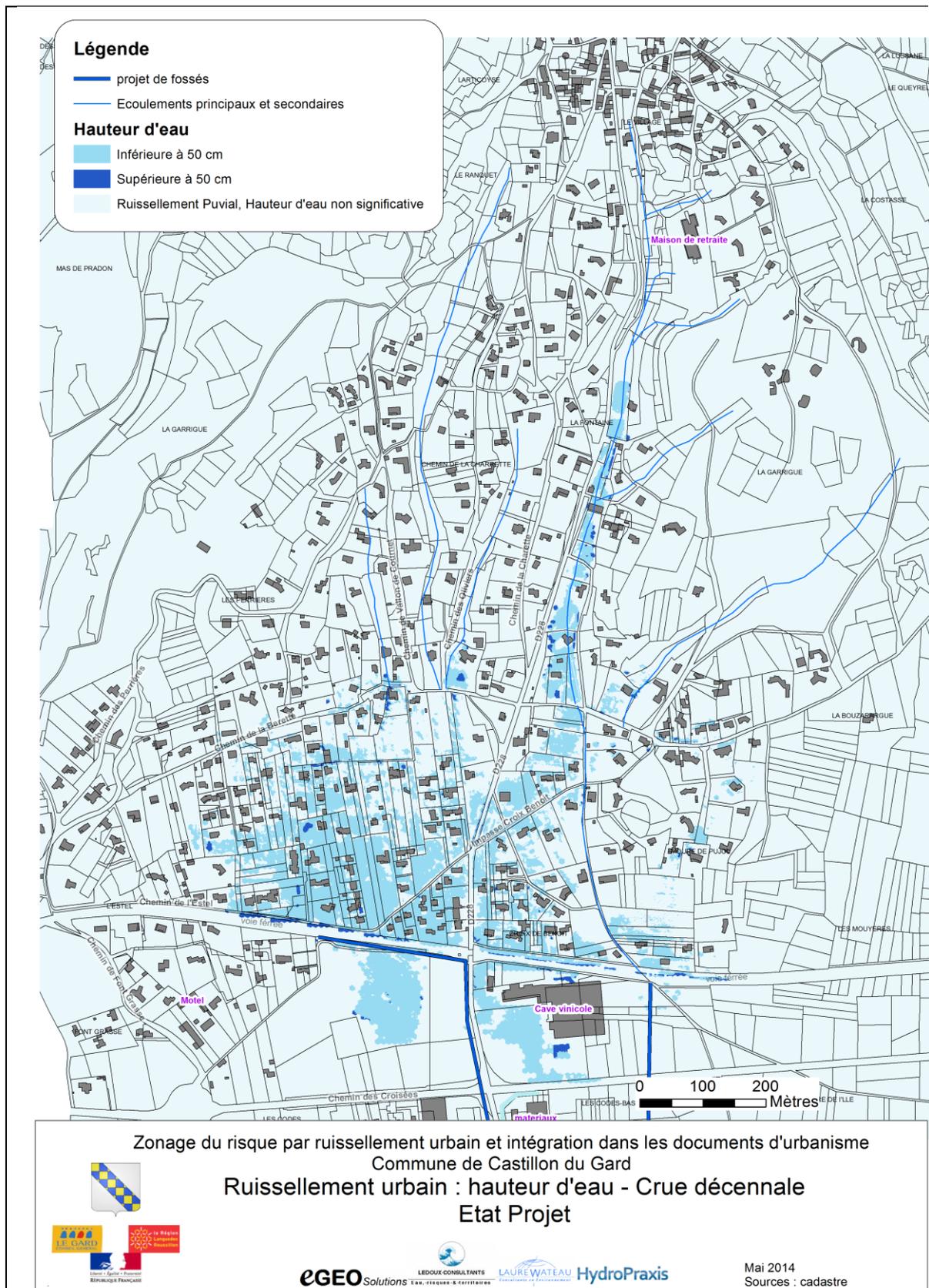


Figure 3 : Carte d'aléa – fonçage SNCF – décennale - hauteurs

Les résultats montrent que le rétablissement des écoulements via les 4 fonçages sous la SNCF permettent de réduire les hauteurs d'eau en amont de la voie SNCF de 10 à 20cm

ZONAGE DU RISQUE INONDATION PAR RUISSellement URBAIN ET INTEGRATION DANS LES DOCUMENTS D'URBANISME  
 Commune de Castillon du Gard

dans la zone d'accumulation pour les crues rares (q100 et type 2002) et de manière un peu plus significative pour les crues fréquentes (q10).

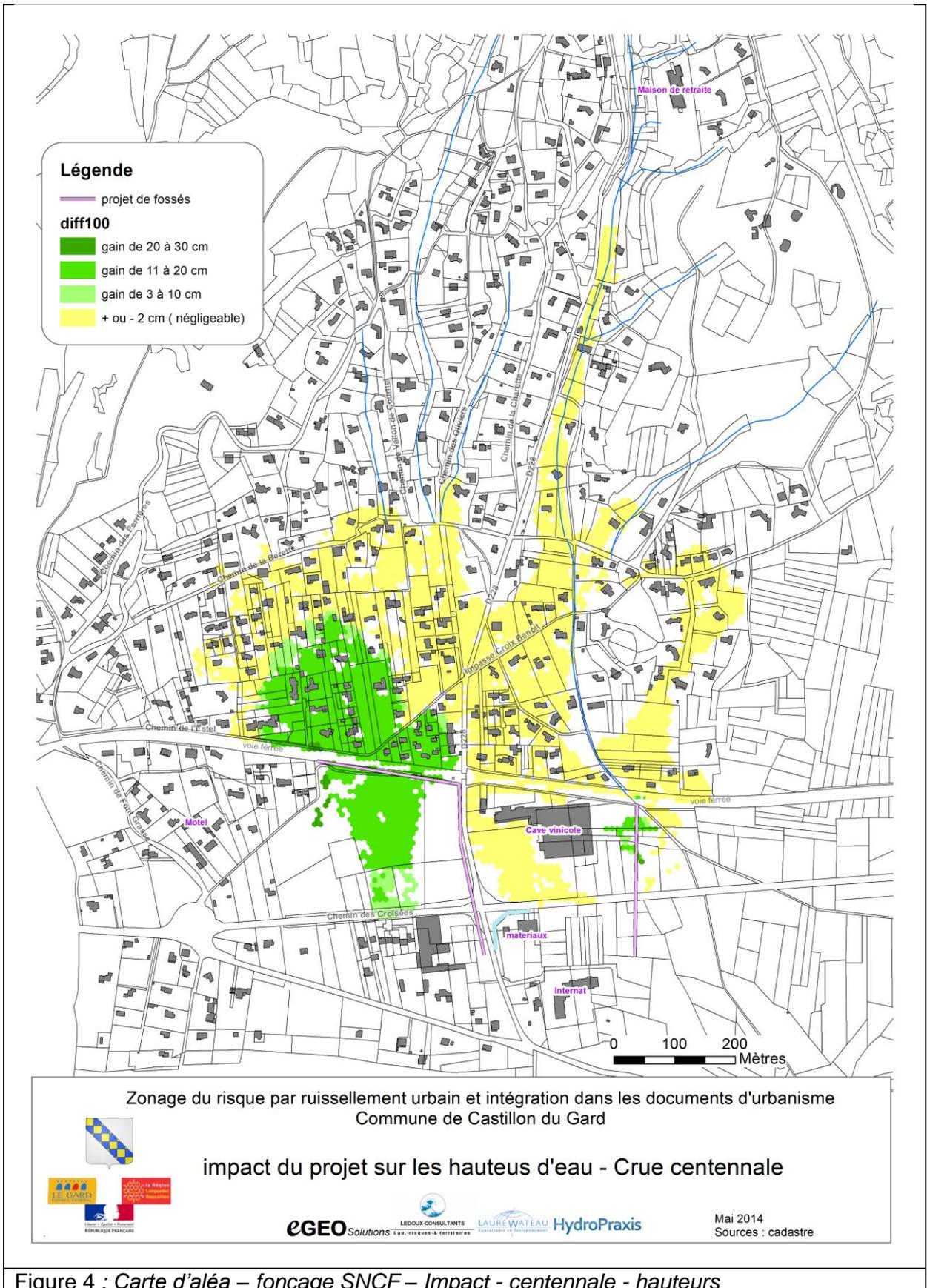


Figure 4 : Carte d'aléa – fonçage SNCF – Impact - centennale - hauteurs

ZONAGE DU RISQUE INONDATION PAR RUISSellement URBAIN ET INTEGRATION DANS LES DOCUMENTS D'URBANISME  
Commune de Castillon du Gard

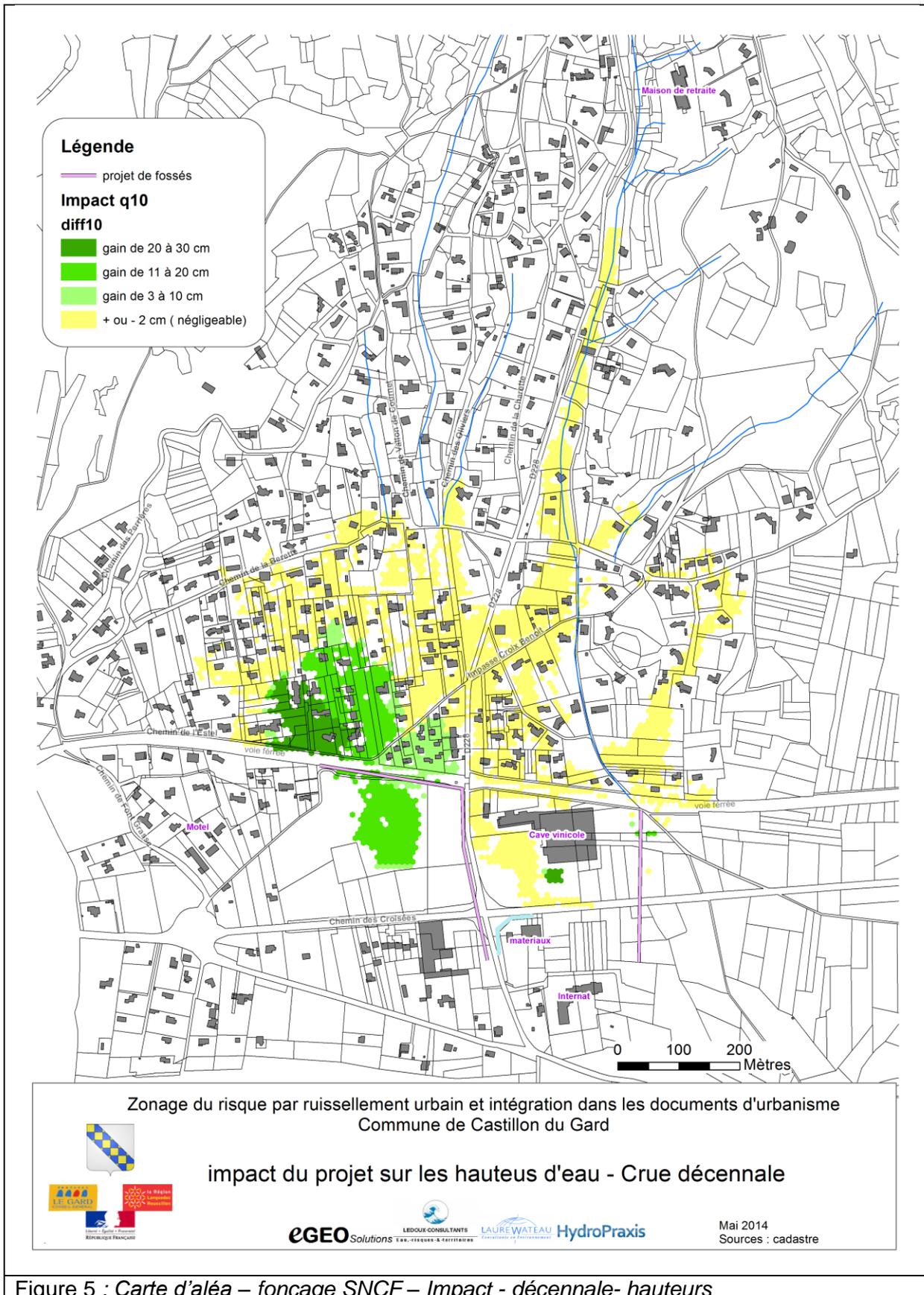


Figure 5 : Carte d'aléa – fonçage SNCF – Impact - décennale- hauteurs

## 1.2. Analyse socio-économique

L'analyse socioéconomique et notamment le calcul des dommages associés aux crues de référence et leur annualisation permettent au regard de l'indicateur Valeur Actualisée Nette de quantifier l'efficacité économique du projet.

La méthode de calcul des dommages et d'annualisation est identique à celle exploitée en phase 2 pour le calcul des Dommages Moyen annualisés en état actuel :

### 1.2.1. Dommages

Les dommages sont calculés en état actuel et projet.

Hormis la cave vinicole, seule enjeux économique impactée en 2002 s'étant protégé pour un évènement équivalent, seuls les dommages aux bâtis d'habitations sont pris en compte. Le tableau suivant présente le résultat des estimations des dommages pour les 4 crues simulées, ainsi que le nombre d'habitation impacté.

	état actuel		scenario 2	
	nombre	dommages	nombre	dommages
q2002 (300 ans)	22	516 606 €	17	347 162 €
q100	18	358 317 €	13	229 209 €
q30	14	146 130 €	8	76 528 €
q10	4	33 304 €	4	25 945 €

Figure 6 : dommages état actuel et scenario 2

Le projet permet de réduire de 30% environ le nombre d'habitation impacté et du même ordre de grandeur les dommages. Les gains étant plus important (40%) pour la crue trentennale.

### 1.2.2. Dommages Moyens Annualisés et dommages évités

L'annualisation des dommages est réalisée selon les hypothèses exposées en phase 2.

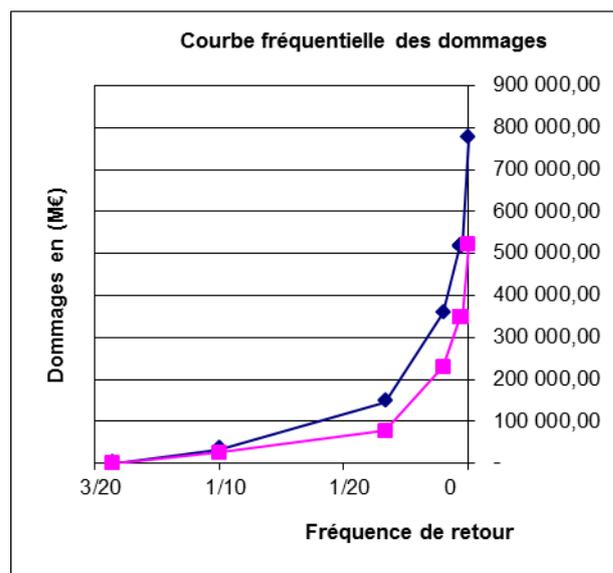


Figure 7 : courbes fréquentielles des dommages état actuel et scenario 2

Les dommages évités moyens annualisés (DEMA) correspondent à la différence entre les dommages moyens annualisés actuels (DMA) et les dommages moyens annualisés projet :

DMA actuel	DMA projet
17 649 €	10 906 €
<b>DEMA</b>	
6 743 €	

### 1.2.3. Valeur Actualisée Nette

L'indicateur Valeur Actualisée Nette permet de déterminer l'échéance de l'efficacité économique d'un projet en opérant en compte :

- le montant des investissements. Il a été estimé comme suit, **hors acquisition foncière** :

fossé Ouest section 8m <sup>2</sup> , 700ml : 10€/m <sup>3</sup>	56 000 €
fossé Est section 6,25 m <sup>2</sup> 460 ml : 10€/m <sup>3</sup>	28 750 €
4 traversés de 12m de route	150 000 €
étude, MO	50 000 €
aléas et divers 15%	42 713 €
total	327 463 € (hors foncier)

- le coût d'entretien des ouvrages de protection il a été fixé à 1% du montant de l'investissement
- le taux d'actualisation est défini par le Commissariat Général du Plan :

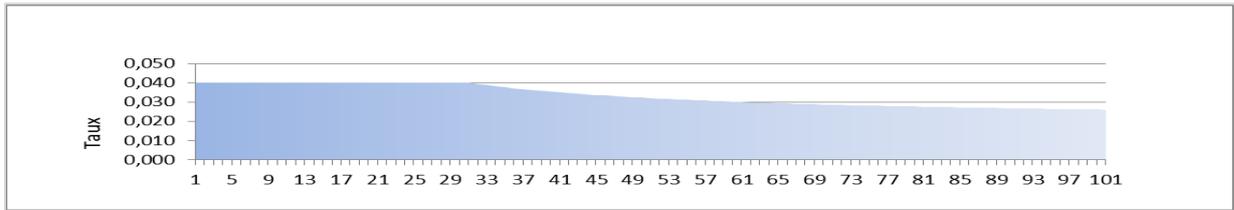


Figure 8: décroissance du taux d'actualisation dans le temps

- les gains (DEMA) associés au projet = 6 743 euros/an

L'échéance d'efficacité d'un projet d'aménagement visant à réduire les inondations est généralement jugée au terme de la 50ème année. La Van doit alors être positive.

Compte tenu des éléments exposés, l'efficacité économique, même en ne prenant pas en compte les nécessaires acquisitions foncières nécessaires à la mise en place des fossés n'est pas obtenues au bout d'un siècle.

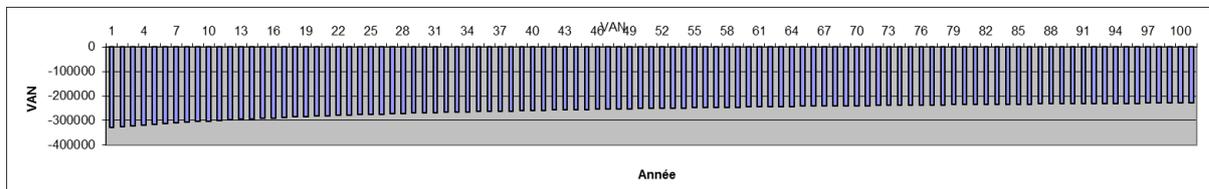


Figure 9: évolution de la Valeur actualisée nette

Compte tenu des Dommages Evités Moyens Annualisés associés au en état projeté, pour que le projet présente une efficacité économique à l'échéance 50 ans le cout global du projet (foncier compris) ne devrait pas excéder 120 000 euros

#### 1.2.4. Analyse de sensibilité à l'estimation des dommages

Lors de la phase 2 de l'étude, les dommages ont été calculés selon 3 hypothèses d'affectation des hauteurs d'eau aux habitations.

L'ACB présenté ci-dessus s'appuie sur les valeurs de hauteur d'eau moyenne, qui au vue du retour d'expérience réalisé en phase 1 semble réaliste.

Les deux autres estimations de dommages réalisés sont selon le retour d'expérience de la crue de 2002 soit très sous-évaluée, tant en montant des dommages qu'en nombre de bâti impacté soit très largement surévalué.

Les deux tableaux suivant présentent les résultats des calculs de dommages selon les 3 hypothèses :

- Basse : on affecte à chaque habitation la hauteur d'eau minimum des cellules hydrauliques qui l'entourent
- Moyenne = on affecte à chaque habitation la hauteur d'eau moyenne des cellules hydrauliques qui l'entourent

- Haute = on affecte à chaque habitation la hauteur d'eau maximale des cellules hydrauliques qui l'entourent

	hypothèse basse		hypothèse moyenne		hypothèse haute	
	nombre	dommages	nombre	dommages	nombre	dommages
q2002 (300 ans)	4	32 416	22	516 606	41	1 278 897
q100	1	5 376	18	358 317	32	915 543
q30	1	3 285	14	146 130	27	703 867
q10	0	-	4	33 304	18	445 156

Figure 10 : dommages aux habitations calculés par crue, état actuel en euros – selon 3 hypothèses

	hypothèse basse		hypothèse moyenne		hypothèse haute	
	nombre	dommages	nombre	dommages	nombre	dommages
q2002 (300 ans)	0	-	17	347 162	36	1 034 987
q100	0	-	13	229 209	26	688 409
q30	0	-	8	76 528	19	480 000
q10	0	-	4	25 945	13	290 358

Figure 11 : dommages aux habitations calculés par crue, état projet en euros – selon 3 hypothèses

Pour les deux états et les trois hypothèses de calcul des dommages, l'annualisation des dommages donne :

	hypothèse basse	hypothèse moyenne	hypothèse haute
DMA actuel	472 €	17 649 €	79 376 €
DMA projet	0 €	10 906 €	55 589 €
DEMA	472 €	6743 €	23 787 €
Echéance Pour VAN > 0	Jamais	>100 ans	26 ans

Figure 12 : VAN – selon 3 hypothèses – scénario réduction de l'aléa

En hypothèse basse, malgré des dommages nuls en état projet, les gains calculés (DEMA) sont tellement faible que l'efficacité économique ne peut pas être atteinte. Les couts d'entretien et le taux d'actualisation n'étant pas couverts par les Dommages évités.

En hypothèse haute qui maximise très largement l'impact sur les habitations, ainsi que le nombre d'habitation réellement impacté, le projet présente une efficacité économique, compte tenu des hypothèses et paramètres intégré à l'analyse à l'échéance 26 ans. (Pour mémoire, le cout du projet de protection n'intègre pas les acquisitions foncières)

## **2.Scenario réduction de la vulnérabilité**

---

Si la plupart des terrains bâtis ou non du secteur d'étude sont concerné par le ruissellement pluvial urbain, celui-ci se caractérise généralement par des faibles hauteurs d'eau associées à des vitesses pouvant être forte, voire très fortes. Aussi compte tenu des surélévations des habitations (relevées en phase 1), un nombre restreint d'habitation est réellement impacté par ces phénomènes.

Seule la zone d'accumulation, en amont immédiat de la Voie ferrées présente des hauteurs d'eau supérieure à 50cm. Dans ce secteur, les constructions sont cependant construites avec des surélévations importantes.

En état actuel, le nombre d'habitation impactées (c'est-à-dire générant des dommages) est estimé pour la crue de 2002 (période de retour 300 ans environ) à 22 en hypothèse de référence et 41 en hypothèse maximal.

Le scénario de réduction de vulnérabilité vise à intervenir sur ces habitations, et de les équiper de système de réduction de la vulnérabilité, type batardeau totalement adapté aux aléas du secteur (hauteurs d'eau inférieure à 80cm-1m)

La mise en place de système de clapet anti\*-retour sur les réseaux ne nous parait pas nécessaire dans le cas du ruissellement pluvial du secteur.

### **2.1. Cout des travaux**

La pose de batardeau nécessite pour chaque habitation la réalisation d'un diagnostic particulier pour identifier les ouvertures à protéger les techniques les plus appropriées à utiliser et les type de batardeau à mettre en œuvre. Aussi afin de réaliser l'analyse Cout-Bénéfice de ce scenario, la cout des travaux est issu du retour d'expérience du programme ALABRI.

Le cout de l'équipement constaté est d'environ 2 500 à 3 000 euros par habitation.

Afin d'équiper les 22 habitations les plus vulnérables, le cout des travaux s'élèverait donc environ à 60 000 euros.

Dans l'hypothèse la plus pessimiste, 41 habitations sont concernées ; le cout des travaux serait alors de 115 000 euros

### **2.2. Efficacité économique**

L'ACB est menée selon les mêmes méthodes que pour l'étude du scénario de réduction de l'aléa.

Les Dommages moyens annualisés en état « protégé » sont considéré comme nulles, car aucune habitation n'a été affectée par une hauteur d'eau de plus de 80 cm lors de la crue de 2002 de période de retour 300 ans.

Le cout d'entretien des batardeaux est considéré comme nul, le taux d'actualisation est quant à lui maintenu pour les calculs de la Valeur Actualisée nette

	hypothèse basse	hypothèse moyenne	hypothèse haute
DEMA	472 €	17 649 €	79 376 €
Nb d'habitation à protéger	4	22	41
Cout des batardeaux	11 000 €	60 000 €	115 000 €
VAN à 50 ans	-468 €	334 162 €	1 657 000 €
Echéance Pour VAN > 0	56 ans	4 ans	2 ans

Figure 13 : VAN – selon 3 hypothèses- scenario pose de batardeaux

La pose de batardeaux sur l'ensemble des habitations subissent des dommages liées au ruissellement pluvial urbain présente un intérêt économique certain au regard des résultats de l'analyse Cout-Bénéfice.

En hypothèse « moyenne », qui nous semble réaliste au regard des enquêtes de terrain réalisées en phase 1 du projet, l'efficacité économique est obtenu très rapidement et le gain (VAN) à l'échéance 50 ans est de 334 162 euros.

L'efficacité économique associée à la pose des batardeaux est maintenu dans l'hypothèse où seule 50% des habitations aient mis en place leur système de protection.

## 2.3. Analyse de sensibilité

Les tests de sensibilité sont réalisés sur l'hypothèse moyenne.

### 2.3.1. Au prix des équipements

Le tableau suivant présente les résultats de la VAN selon un cout croissant des équipements

Cout par habitation	2750 €	5 000 €	10 000 €
Coût total	60 000 €	110 000 €	220 000 €
VAN à 50 ans	334 162 €	284 162 €	174 162 €
Echéance Pour VAN > 0	4 ans	8 ans	18 ans

Figure 14 : sensibilité au prix des batardeaux

Une augmentation significative du coût des installations, dans des limites bien supérieures aux prix d'installation constatées ne remet pas en cause l'efficacité économique du projet de réduction de vulnérabilité par pose de batardeaux.