



Maîtrise d'Œuvre pour l'aménagement du bassin de Belle-Plaine

**Analyses coûts-bénéfices et analyses
multicritères des Avant-Projet de lutte
contre les inondations**



SIEGE SOCIAL
PARC DE L'ILE - 15/27 Rue DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX

SAFEGE Guadeloupe
ZAC de la LEZARDE – Lieu dit COLIN
Immeuble Centre d'affaires
97170 PETIT-BOURG

SAFEGE Saint-Martin
7 Hope State
Grand-Case
971500 SAINT-MARTIN





ANALYSES COÛTS-BÉNÉFICES ET ANALYSES MULTICRITÈRES DES AVANT PROJET DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS

AMENAGEMENT DU BASSIN DE BELLE- PLAINE

Maîtrise d'œuvre

Glossaire

Actualisation (des données économiques) :

L'actualisation est "l'opération mathématique qui permet de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps : il s'agit de ramener la valeur future d'un bien, d'une dépense, à une valeur actuelle. L'actualisation repose sur deux éléments essentiels : l'appréciation des flux monétaires (échancier des dépenses et recettes immédiates et futures, réelles ou fictives) et le taux d'actualisation (coefficient permettant de ramener le futur au présent). Le taux d'actualisation est un taux de substitution entre le futur et le présent ; il traduit la valeur du temps pour une entreprise ou une collectivité : c'est en quelque sorte le prix du temps." Le taux d'actualisation de base est de 4 %. Et il est décroissant avec le temps pour les évaluations qui portent sur le très long terme. La décroissance du taux est effective à partir de 30 ans (Rapport du groupe d'experts présidé par Daniel Lebègue - révision du taux d'actualisation des investissements publics, Commissariat général du Plan, 21 janvier 2005).

Aléa :

L'aléa est défini comme étant la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel d'intensité donnée. L'intensité est définie dans le cadre des plans de prévention des risques par la prise en compte des paramètres suivants : la hauteur d'eau, la vitesse d'écoulement et, dans certains cas, la durée de submersion.

Analyse coût/bénéfice :

L'ACB est une méthode d'analyse économique. Son principe est d'évaluer et de comparer, en termes monétaire, les bénéfices et les coûts d'un projet. Elle ne mesure pas la rentabilité financière d'un projet, c'est-à-dire celle du point de vue du particulier, mais l'intérêt économique qu'une société dans son ensemble peut avoir à mettre en œuvre des mesures de gestion et de prévention des inondations. D'autres approches économiques existent telles que l'analyse coût/efficacité, la méthode d'évaluation contingente, la méthode des prix hédoniques, la méthode des choix conjoints, etc. (pour plus de précisions, se référer au "Manuel des pratiques existantes françaises", CEPRI, juin 2008 et à la "Synthèse des évaluations socio-économiques", collection études et synthèse, MEDDTL, 2007). L'ACB à travers l'évaluation des dommages évités est une des méthodes les plus propices à l'évaluation de l'exposition d'un territoire au risque inondation.

Analyse multicritères AMC :

Une analyse multicritères objective évalue les impacts des projets selon un certain nombre de critères qui ne sont pas uniquement monétaires. Chacun d'entre eux doit ensuite être noté et pondéré selon une échelle, claire, précise et partagée par les parties prenantes. Une AMC mobilise un panel d'acteurs qui vont évaluer les impacts et les conséquences des projets potentiels. Le Manuel des pratiques existantes d'évaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque inondation présente des AMC mises en œuvre en France (CEPRI, 2008). Un guide spécifique sur l'analyse multicritères des projets de prévention des inondations a été publié par le Commissariat du développement durable en juillet 2014.



Bénéfice (d'une mesure) :

Dans le cadre de l'analyse coût/bénéfice, le bénéfice apporté par une mesure correspond aux dommages que celle-ci, par sa mise en œuvre, est susceptible d'éviter. L'évaluation de ce bénéfice nécessite de considérer deux situations : un état initial (sans la mesure que l'on souhaite évaluer) et un état projeté (avec les effets de la mesure si on la met en œuvre). Au final, le bénéfice de la mesure est la différence entre les dommages potentiels subis par le territoire dans l'état projeté et ceux subis dans l'état initial. Il s'agit des dommages évités. Au-delà du bénéfice monétarisé estimé à travers l'analyse économique, d'autres bénéfices intangibles apportés par la mesure peuvent être mis en valeur à l'occasion des réflexions engagées dans une démarche d'ACB. Il peut s'agir de la préservation d'un patrimoine architectural et/ou environnemental et d'une activité touristique qui leur sont reliées, de gains en matière de sécurité civile ou de protection des réseaux de transports, etc.

Courbes des dommages (direct, indirect, tangible, intangible) :

La fonction de dommages est une fonction définie pour un enjeu, qui associe aux paramètres hydrologiques et/ou hydrauliques de l'inondation le montant des dommages en valeur absolue induits par l'inondation de l'enjeu. Le paramètre le plus fréquent est la hauteur maximale de submersion, mais la fonction peut aussi dépendre d'autres paramètres comme la saison d'occurrence, la durée de la submersion, la cinétique de l'inondation (rapide ou lente).

Courbe d'endommagement

La fonction d'endommagement est équivalente à la courbe de dommage, sauf qu'elle exprime les dommages relativement à un indicateur de « bon » état de l'enjeu, qui peut être la valeur de l'enjeu (dommages directs) ou une évaluation de l'activité de l'enjeu (dommages indirects).

Dommage (direct, indirect, tangible, intangible) :

Les dommages directs correspondent à des désordres imputables à l'impact physique des inondations (déformation des cloisons légères, décollement des revêtements intérieurs, chute des dalles de plafond, etc.). Tandis que les dommages indirects regroupent les effets induits par l'inondation et/ou par la dégradation des biens et des stocks (pertes d'exploitation liées à la fermeture de l'entreprise, surcoûts d'une délocalisation ou d'un relogement temporaire, etc.). Les dommages tangibles correspondent à des effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire. Cela peut être des pertes et des dégradations (sur des biens mobiliers et également immobiliers, sur du matériel et des stocks), des pertes d'exploitation, des pertes d'emploi, etc. Les dommages intangibles sont difficiles à évaluer dans le cadre d'une analyse économique. Ils peuvent faire l'objet d'une démarche d'Analyse multicritère (AMC) qui permet la prise en compte de ces dommages non monétaires. Ils peuvent être d'ordre psychologique (fragilisation psychologique...), social (précarisation...), environnemental (pollution par des hydrocarbures...), patrimonial (dégradation de biens culturels).

Dommage moyen annuel (DMA) :

Le DMA intègre pour chaque type de crue (de période de retour différente) les dommages qui lui sont associés en les pondérant par la fréquence de la crue. Il exprime ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des crues possibles pouvant se produire sur le territoire et représente ce que la société devrait provisionner annuellement pour couvrir les dommages de toutes ces inondations.



Domage évité moyen annuel (DEMA) :

Le DEMA est le résultat de la soustraction entre le Dommage moyen annuel de l'état initial (situation sans mesure) et celui de l'état projeté (situation avec mesure). Il représente le bénéfice global de la mesure.

Domage résiduel :

Les dommages dits résiduels sont les dommages que le territoire continuera de subir malgré la mise en place de la mesure. Ils peuvent être mis en évidence de deux manières : d'une manière globalisée et quantitative à travers le dommage moyen annuel produit en état projeté (avec mesure). Ou bien également, ils peuvent être mis en valeur à l'échelle de chaque crue modélisée et cartographiée pour laquelle on pourra donner une information plus qualitative s'intéressant à la nature des dommages (direct, indirect, type d'enjeux touchés) ; des éléments qui permettront de nourrir la discussion.

Enjeux :

Il s'agit de l'ensemble des personnes, des biens et des activités humaines (ayant une valeur monétaire ou non) pouvant être affectés par un phénomène, directement ou indirectement. Ces derniers ne sont ainsi pas seulement des enjeux situés dans l'enveloppe de la crue. Le cahier des charges PAPI impose de considérer a minima dans l'ACB les enjeux pour : l'habitat, les entreprises, les activités agricoles et les équipements publics.

État initial, état projeté :

Une ACB implique la comparaison entre des dommages produits dans deux situations différentes : ceux produits en état initial, soit avant toute mise en œuvre d'une mesure, et ceux éventuellement produits en état projeté, c'est-à-dire dans une situation qui intègre les effets de la mesure. Pour ces derniers, on parlera de dommage résiduel.

Fonctions de dommage (courbes de dommage et d'endommagement) :

La méthode type s'appuie sur des courbes de dommage et d'endommagement applicables au bien lui-même et non à une zone homogène. Une fonction de dommage est vue comme étant une "fonction définie pour un enjeu, qui associe aux paramètres hydrologiques et/ou hydrauliques de l'inondation le montant des dommages en valeur absolue induits par l'inondation de l'enjeu. Les paramètres les plus fréquents sont la hauteur maximale de submersion, mais peuvent dépendre d'autres paramètres comme la saison d'occurrence, la durée de la submersion, la cinétique de l'inondation (rapide ou lente)." Une fonction d'endommagement est une relation mathématique qui permet de quantifier un montant de dommage relatif par rapport à la valeur totale du bien. L'endommagement est exprimé en pourcentage et varie en fonction des paramètres hydrauliques (B. Ledoux, 1999).

Horizon temporel :

Ce paramètre correspond à la durée sur laquelle sont considérés les flux de coûts et de bénéfices associés à la mesure. Il est parfois désigné à tort par le terme "durée de vie du projet", celui-ci sous-entendant que c'est la durée de vie de la mesure qui doit être considérée, alors que l'horizon temporel dépend également de la fiabilité d'autres paramètres, comme l'occupation du sol." (Erdlenbruch et al., 2007.)



Incertitude (analyse de l') :

Analyser l'incertitude consiste à évaluer la valeur et la qualité des données, des paramètres et des modèles qui alimentent l'analyse économique. Il est préférable de connaître les sources et le degré des incertitudes des données d'entrée du modèle ACB. Elles peuvent être issues de la modélisation hydraulique, des hypothèses formulées palliant une absence de données, du choix et de la précision de critères de vulnérabilité des enjeux servant au calcul des dommages, etc. Elles doivent être communiquées de manière transparente. Cette connaissance des incertitudes, à travers la définition de marges de précisions, est exploitée dans l'analyse de sensibilité qui permet d'identifier quelles données d'entrée engendrent le plus de variabilité des résultats de l'ACB.

Mesure :

Dans ce rapport, ce terme désigne tout type d'actions de gestion du risque inondation. La Méthode type d'ACB cible, quant à elle, les mesures de gestion de l'aléa (digues, remblais, barrages, etc.). Actuellement, les méthodes d'analyse de la pertinence économique des autres types de mesure sont encore peu développées en France.

NEMA Habitants :

Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet. Il s'agit d'un indicateur non monétaire utilisé dans l'AMC permettant de traduire l'efficacité d'une mesure ou d'une combinaison de mesures.

Nema Emplois :

Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet. Il s'agit d'un indicateur non monétaire utilisé dans l'AMC permettant de traduire l'efficacité d'une mesure ou d'une combinaison de mesures.

Méthode type d'ACB :

Le ministère du Développement durable et ses partenaires ont élaboré une méthode d'analyse coût/bénéfice standardisée type (également appelée "annexes techniques") pouvant être utilisée en particulier par les porteurs d'un PAPI. Il s'agit d'un outil destiné plutôt aux bureaux d'études ou aux maîtres d'ouvrage, qui se veut pouvoir être appliqué sur tout le territoire national et qui donne un ensemble de recommandations dans la mise en œuvre d'une ACB. Le groupe d'experts en économie, engagé de 2008 à 2010 sur l'élaboration de cette méthode, a sélectionné les fonctions de dommage et d'endommagement déjà existantes les plus rigoureuses à ce jour. Le MEDDTL poursuit les travaux depuis fin 2010 pour consolider cette méthode et l'étendre vers le développement d'une méthode d'analyse multicritère.

Paramètres (hydrauliques, d'enjeux...) :

On entend dans le cadre d'une analyse coût/bénéfice utiliser des paramètres venant alimenter le modèle d'ACB. Ces paramètres sont issus d'une pluridisciplinarité des sciences qui encadrent la gestion du risque inondation et reposent par exemple sur des modélisations hydrauliques, sur des éléments socio-économiques, mais aussi sur la structure de l'ACB (horizon temporel, taux d'actualisation) et, enfin, sur la construction d'hypothèses. Concernant le phénomène d'inondation, les fonctions de dommage employées dans la méthode type reposent sur des paramètres tels que la hauteur d'eau, la



durée de submersion et la fréquence des crues modélisées. Les dommages sont caractérisés selon la nature des enjeux par le biais de paramètres spécifiques : niveau du premier plancher du bâtiment par rapport au terrain naturel, superficie de l'équipement en mètres carrés, effectif salarial des entreprises inondables, etc.

Rapport Bénéfice actualisé sur coût actualisé (rapport B/C) :

C'est un des indicateurs synthétiques de l'ACB présentés dans ce guide. La Méthode type indique que si le rapport Dommage évité moyen annuel (ou bénéfices) actualisé est supérieur à 1, alors la mesure "est pertinente économiquement". Également, "ce rapport peut s'interpréter comme un indicateur de la rentabilité du projet puisqu'il indique la quantité de dommages évités pour un euro investi dans le projet".

Risque d'inondation :

La combinaison de la probabilité d'une inondation et des conséquences négatives potentielles pour la sante humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associée a une inondation (directive Inondation, 2007).

Sensibilité (analyse de la) :

L'analyse de la sensibilité permet de tester la robustesse des résultats de l'analyse coût/bénéfice par rapport aux approximations réalisées lors des différentes modélisations. Il s'agit, à travers elle, de tester l'impact des différentes hypothèses et/ou des paramètres sur les indicateurs synthétiques (valeur actualisée nette et rapport bénéfice actualisé sur coût actualisé) et les autres produits de l'ACB (dommages pour une période de retour, dommage moyen annuel, etc.). La qualité parfois hétérogène des données recueillies implique d'identifier celles qui engendrent une grande variation des indicateurs synthétiques (variation autour du zéro pour la VAN et autour de 1 pour le rapport B/C actualisés). Une fois connues, il s'agit de renforcer leur niveau de précision et/ou de justifier le choix des valeurs finalement considérées et de décrire les limites éventuelles de lecture des résultats finaux.

Valeur actualisée nette (VAN) :

C'est un des indicateurs synthétiques de l'ACB présenté dans ce guide. La Méthode type indique que si la VAN est positive, alors la mesure est "pertinente économiquement". Et que "le montant de la VAN peut s'interpréter comme la quantité de dommages évités et alors économisés par la société, déduction faite des coûts, grâce aux investissements faits"



SOMMAIRE

1.	Préambule	7
1.1	Contexte de la mission	7
1.2	Phasage de la mission	9
1.3	Déroulé de l'étude et du rapport	10
1.4	Référence méthodologique.....	11
2.	Périmètre d'étude et scénarii de protection objet de l'analyse.....	12
2.1	Périmètre de l'étude.....	12
2.2	Synthèse des scénarii à l'étude	13
2.3	Descriptifs des scénarii	14
3.	Collecte de données	20
4.	Description détaillée des enjeux recensés sur la zone d'étude	21
4.1	Caractérisation des enjeux	21
4.2	Détermination de la fonction d'endommagement	25
5.	Rappel des données hydrauliques : zones inondables actuelles et incidences hydrauliques des scénarii d'aménagements	28
5.1	Données sources	28
5.2	Format des données	28
5.3	Résultats cartographiques synthétiques	29
6.	Analyses multicriteres (AMC) - analyses coûts- bénéfices (ACB)	49
6.1	Principes et méthodologie	49

6.2	Analyse Multicritères des indicateurs non monétaires.....	53
6.3	Analyse coûts-bénéfices – Analyse des indicateurs monétaires	55
6.4	Synthèse AMC – ACB	74
6.5	Analyse de sensibilité.....	82
7.	Les conclusions à retenir	86

Figure

Figure 1 : Ile de Saint-Martin et localisation de la zone d'étude	7
Figure 2 : Extrait du PPRN (carte de zonage et carte d'aléa) de Saint-Martin au niveau de la zone d'étude.....	8
Figure 3 : Logigramme de l'AMC et référence aux chapitres.....	11
Figure 4 : Périmètre d'étude.....	12
Figure 5 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. A – Scenario à une rétention (Zone inondable 50 ans après projet).....	15
Figure 6 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. B – Scenario à 2 rétentions complémentaires (Zone inondable 50 ans après projet)	16
Figure 7 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. C - Scenario à deux rétentions complémentaires optimisées (Zone inondable 50 ans après projet).....	17
Figure 8 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. E - Scénario alternatif - Recalibrage et pompage (Zone inondable 50 ans après projet)	18
Figure 9 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. F : Scénario alternatif : délocalisation sans travaux (bâti pour lesquelles la hauteur d'eau est supérieure à 0.5m pour la crue centennale).....	19
Figure 10 : Détails des enjeux en zone inondable pour un évènement type Lenny.....	22
Figure 11 : Exemple de niveaux de seuil dans le secteur du Quartier d'Orléans	24
Figure 12 : Carte des hauteurs d'eau en situation actuelle – Occurrence 10 ans.....	29
Figure 13 : Carte des hauteurs d'eau en situation actuelle – Occurrence 50 ans.....	30
Figure 14 : Carte des hauteurs d'eau en situation actuelle – Occurrence 100 ans.....	31
Figure 15 : Carte des hauteurs d'eau en situation actuelle – Lenny	32
Figure 16 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario A – Occurrence 10 ans	33
Figure 17 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario A – Occurrence 50 ans	34
Figure 18 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario A – Occurrence 100 ans...	35
Figure 19 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario A – Lenny	36
Figure 20 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario B – Occurrence 10 ans.....	37
Figure 21 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario B – Occurrence 50 ans.....	38
Figure 22 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario B – Occurrence 100 ans...	39
Figure 23 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario B – Lenny	40
Figure 24 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario C – Occurrence 10 ans.....	41
Figure 25 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario C – Occurrence 50 ans.....	42

Figure 26 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario C – Occurrence 100 ans...	43
Figure 27 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario C – Lenny	44
Figure 28 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario E – Occurrence 10 ans.....	45
Figure 29 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario E – Occurrence 50 ans.....	46
Figure 30 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario E – Occurrence 100 ans ...	47
Figure 31 : Dommages captés par l'ACB et limites. Source : CGDD	49
Figure 32 : Principe de l'analyse coût-bénéfice.....	55
Figure 33 : Coût des dommages par scenario – 10 ans.....	60
Figure 34 : Coût des dommages par scenario – 50 ans.....	61
Figure 35 : Coût des dommages par scenario – 100 ans.....	61
Figure 36 : Coût des dommages par scenario – Lenny	61
Figure 37 : Courbe du Dommage Moyen Annualisé – DMA (source : Guide méthodologique ACB – DREAL Rhône –Alpes)	62
Figure 38 : Courbe du Dommage Évité Moyen Annualisé - DEMA (source : Guide méthodologique ACB – DREAL Rhône –Alpes)	63
Figure 39 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario A.....	65
Figure 40 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario B	66
Figure 41 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario C	67
Figure 42 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario E	68
Figure 43 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario F	69
Figure 44 : Coût des aménagements par scénario	71
Figure 44 : NEMA habitants par scénario.....	79
Figure 44 : NEMA emploi par scénario.....	79
Figure 44 : DEMA / DMA par scénario	80
Figure 44 : C/NEMA habitants par scénario	80
Figure 44 : C/NEMA emploi par scénario	81
Figure 44 : B / C par scénario.....	81
Figure 45 : Tests de variation de l'horizon temporel selon scénarii - VAN.....	82

Figure 46 : Tests de variation du coût des aménagements selon scénarii – VAN	83
Figure 47 : Tests de variation des DEMA selon scénarii - VAN	83
Figure 48 : Tests de variation des coûts d'entretien selon scénarii – VAN	84
Figure 49 : Valeur Actualisé Nette des différents scénarii.....	86
Figure 50 : Synthèse de l'AMC	1
Figure 51 : DMA Actuel et projeté – Scénario A.....	12
Figure 52 : VAN Scenario A	13
Figure 53 : DMA Actuel et projeté – Scénario B	16
Figure 54 : VAN Scenario B	17
Figure 55 : DMA Actuel et projeté – Scénario C	20
Figure 56 : VAN Scénario C	21
Figure 57 : DMA Actuel et projeté – Scénario E	24
Figure 58 : VAN Scénario E	25
Figure 59 : DMA Actuel et projeté – Scénario F	28
Figure 60 : VAN Scenario F	29

Tableaux

Tableau 1 : Organismes contactés dans le cadre de la collecte de données.....	20
Tableau 2 : Objectifs et indicateurs élémentaires de l'AMC - Source : CGDD	52
Tableau 3 : Objectifs et indicateurs synthétiques de l'AMC. Source : CGDD	52
Tableau 4 : Objectifs et indicateurs élémentaires de l'AMC. Source : CGDD	53
Tableau 5 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario A	74
Tableau 6 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario B	75
Tableau 7 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario C	76
Tableau 8 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario E	77
Tableau 9 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario F.....	78
Tableau 10 : Fonctions de dommages aux logements (Source : IRSTEA)	2
Tableau 11 : Fonctions de dommages à l'agriculture (Source : IRSTEA)	3
Tableau 12 : Fonctions de dommages aux infrastructures (Source : IRSTEA)	4

Tableau 13 : Fonctions de dommages aux entreprises – Partie 1/4 (Source : IRSTEA)	5
Tableau 14 : Fonctions de dommages aux entreprises – Partie 2/4 (Source : IRSTEA)	6
Tableau 15 : Fonctions de dommages aux entreprises – Partie 3/4 (Source : IRSTEA)	7
Tableau 16 : Fonctions de dommages aux entreprises – Partie 4/4 (Source : IRSTEA)	8

1. PRÉAMBULE

1.1 CONTEXTE DE LA MISSION

Le secteur de Quartier d'Orléans est régulièrement affecté par des **inondations liées aux débordements de la ravine dite de Quartier et de la ravine Paradis**.

La ravine de Quartier d'Orléans présente l'un des bassins versants les plus étendus de l'île (6,7 km²) qui s'étend à la fois sur la partie française et la partie hollandaise, le principal affluent étant la ravine Belle-Plaine. La ravine Paradis draine un bassin versant plus petit (2,3 km²), dont la partie amont est caractérisée par de très fortes pentes.

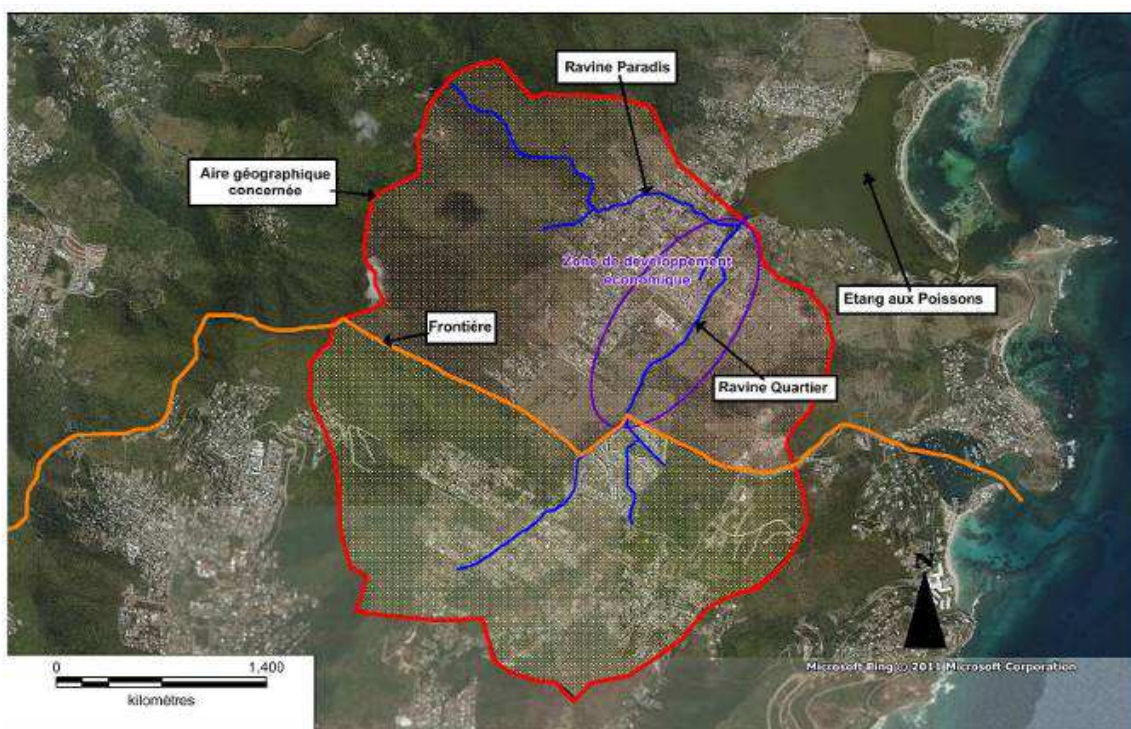


Figure 1 : Ile de Saint-Martin et localisation de la zone d'étude



Réserve Naturelle Nationale
De Saint-Martin

L'exutoire de ces deux ravines est **l'Étang aux Poissons, classé réserve naturelle et RAMSAR**.

La carte informative des phénomènes météorologiques annexée au PPRN de la Collectivité de Saint-Martin indique que l'eau a atteint une hauteur de 1,2 m sur les terrains situés en bordure de l'embouchure de la ravine de Quartier lors du passage de l'ouragan Lenny en novembre 1999.

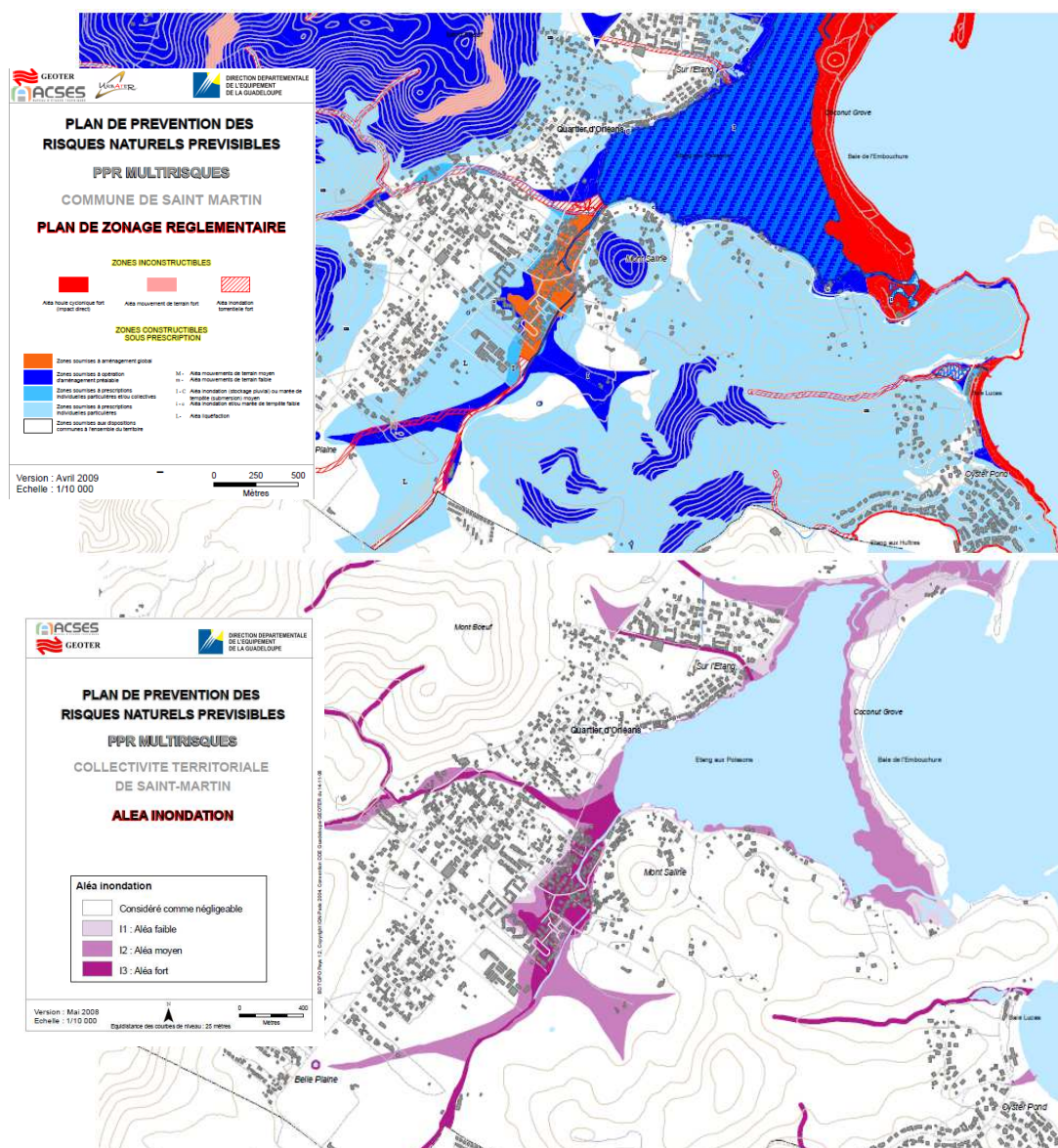


Figure 2 : Extrait du PPRN (carte de zonage et carte d'aléa) de Saint-Martin au niveau de la zone d'étude

Enjeu de
développement
nt
économique

Par ailleurs, la zone de Belle-Plaine est un secteur destiné au **développement des activités économiques**, compte-tenu de sa proximité de la partie hollandaise et de sa topographie plane qui facilite son aménagement. La collectivité souhaite rééquilibrer son territoire en redonnant une dynamique à Quartier d'Orléans qui s'est vu délaissé au profit de Marigot et de Grand-Case.

Le préalable indispensable au développement de cette nouvelle zone d'activités est la gestion et la maîtrise des eaux pluviales afin de **diminuer l'aléa inondation dans les futures zones à aménager mais également au niveau des habitations existantes**.

Pour cela, la collectivité de Saint-Martin en partenariat avec le côté hollandais, accompagné par son assistant à maîtrise d'ouvrage CIRRUS Environnement, a lancé une mission de maîtrise d'œuvre en vue de définir les aménagements à réaliser. Cette mission a été confiée au groupement SAFEGE-ICE en décembre 2014.

1.2 PHASAGE DE LA MISSION

La mission de maîtrise d'œuvre comprend une tranche ferme et une tranche conditionnelle.

La **tranche ferme** de l'étude se décompose selon les éléments de mission suivants :

- ↳ Études préliminaires, comprenant des études hydrauliques, des relevés topographiques et bathymétriques et des études foncières ;
- ↳ Études d'Avant-Projet ;
- ↳ Études de Projet ;
- ↳ Études d'exécution ;
- ↳ Dossier de Consultation des Entreprises ;
- ↳ Missions complémentaires :
 - o Études géotechniques,
 - o Dossiers réglementaires,
 - o Dossiers de demande de subvention.

La **tranche conditionnelle** intègre les éléments de mission suivants :

- ↳ Assistance à la passation des Contrats de Travaux ;
- ↳ Direction de l'Exécution des Travaux ;
- ↳ Assistance pour les Opérations Préalables à la Réception.

Afin d'aider le comité de pilotage dans le choix du scénario en phase PROJET et en vue de demander une labellisation Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI), la collectivité de Saint-Martin a intégré une mission d'analyses coûts-bénéfices et multicritères en parallèle de la phase Avant-projet.

Le présent dossier est donc relatif aux analyses multicritères, dont l'analyse coûts bénéfices des scénarii d'AVP retenu dans le cadre de l'opération.

1.3 DÉROULÉ DE L'ÉTUDE ET DU RAPPORT

Le présent rapport présente ainsi successivement :

- ➡ Le rappel **des scénarii de protection retenus au stade Avant-Projet** dans le cadre de la mission de maîtrise d'œuvre ;
- ➡ La description détaillée des enjeux recensés sur la zone d'étude et plus particulièrement la zone d'incidence des travaux projetés. Ces données permettent de renseigner finement les indicateurs nécessaires à l'AMC- ACB ;
- ➡ Le rappel des résultats des modélisations hydrauliques en situation actuelle et projetée ;
- ➡ La pertinence des aménagements envisagés selon chaque scénario évaluée au travers de **l'analyse multicritères et de l'analyse coûts-bénéfices** proprement dite ;
- ➡ Les principales conclusions à retenir.

Rappelons que **l'Analyse Coûts-Bénéfices (dite ACB)** est réalisée afin de comparer objectivement les montants des dommages évités par la réalisation d'un aménagement aux coûts de construction et d'entretien de l'ouvrage d'une part et à une opération de réduction de la vulnérabilité permettant un niveau de protection équivalent d'autre part.

La réalisation d'une ACB nécessite la connaissance des enjeux (urbains, agricoles, économiques) présents sur la zone d'étude de même que la connaissance de l'aléa inondation représenté pour **4 crues minimum. En l'occurrence, l'aléa sera étudié pour les 4 crues de projets suivantes : décennale, cinquantennale, centennale et événement extrême type Lenny.**

Afin de prendre en considération la **crue engendrant les premiers dommages**, il est considéré que le coût des dommages liés aux inondations est linéaire entre la crue décennale et la crue de période de retour 1 an.

Pour évaluer la pertinence du projet et permettre à la collectivité de faire les meilleurs choix quant à l'aménagement de son territoire, il convient de mener des **analyses coût-bénéfice et multicritères** des projets d'aménagement envisagés.

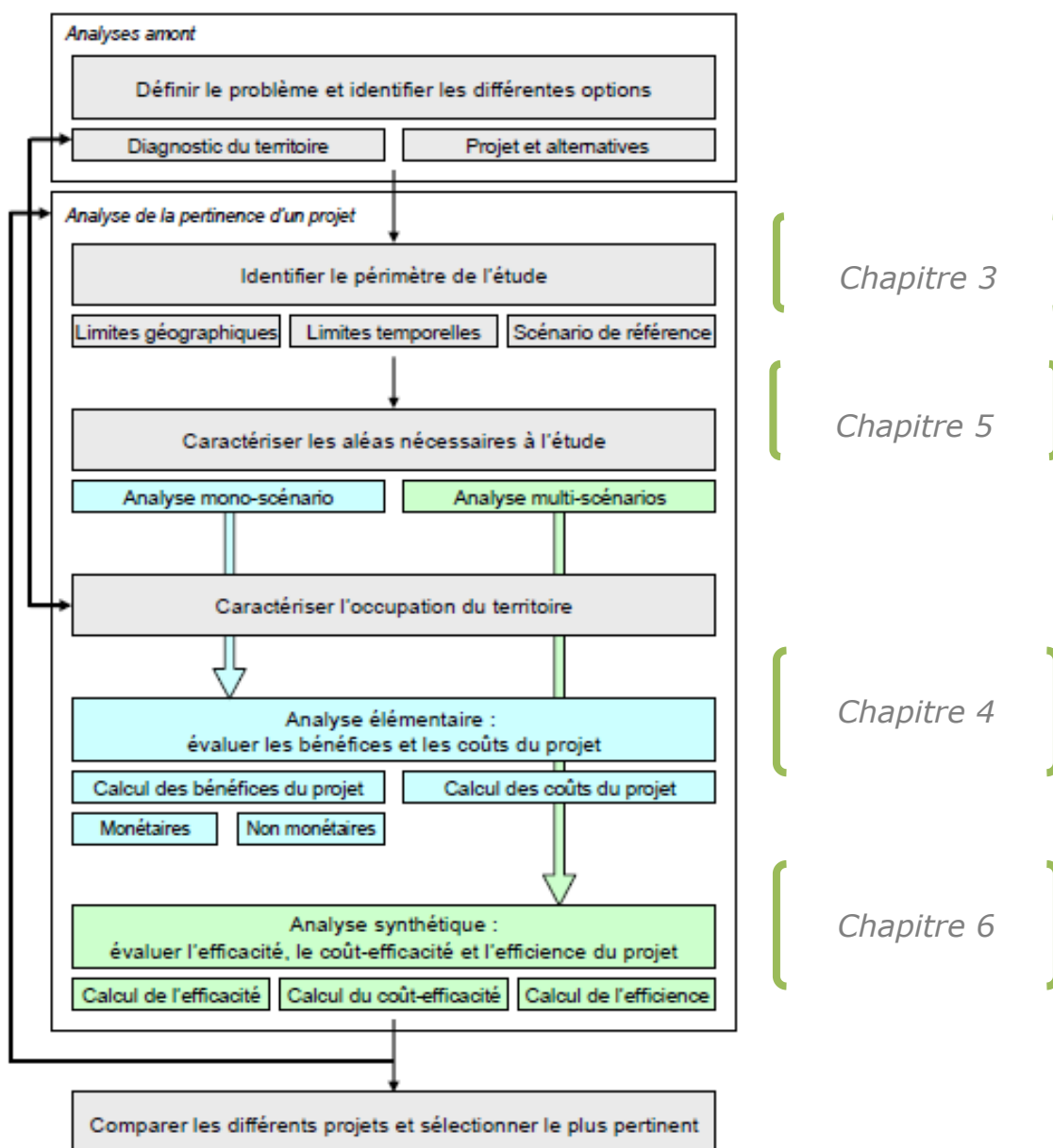
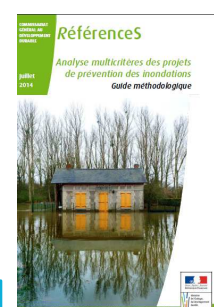


Figure 3 : Logigramme de l'AMC et référence aux chapitres

1.4 RÉFÉRENCE MÉTHODOLOGIQUE

Analyse multicritères : application aux mesures de prévention des inondations - Guide méthodologique - COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE – Juillet 2014.



2. PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE ET SCÉNARII DE PROTECTION OBJET DE L'ANALYSE

2.1 PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

La zone d'étude est définie comme l'ensemble du bassin versant de Belle Plaine.

Pour l'évaluation des dommages évités, l'analyse portera sur l'ensemble des zones directement impactées par les projets (selon scénarii).



Figure 4 : Périmètre d'étude

2.2 SYNTHÈSE DES SCÉNARIIS À L'ÉTUDE

Le tableau suivant synthétise les 6 scénarii objet de la présente analyse coûts- bénéfices et analyses multicritères :

Número du scenario d'AVP	Description générale	Détails	Plan de localisation	Coûts € HT au stade AVP ¹
Sc. A	Travaux Communs ² et rétention M9	Rétention globale M9 + ouvrages sous RN7 amont quartier Belle-Plaine + reprise pont de la RN7 de la ravine Paradis + protection du collège (M10)	Cf. Figure 5	6 330 000
Sc. B	Travaux Communs ² , rétention M9 et rétention M3	Rétention globale M9 + rétention complémentaire M3 + Ouvrages sous RN7 amont quartier Belle-Plaine + reprise pont de la RN7 de la ravine Paradis + protection du collège (M10)	Cf. Figure 6	11 630 000
Sc. C	Travaux Communs ² , rétention M9 et rétention M3 Optimisé	Rétention globale M9 + rétention complémentaire M3 + optimisation de la protection du collège + ouvrages sous RN7 amont quartier Belle-Plaine + reprise pont de la RN7 de la ravine Paradis + protection du collège (M10)	Cf. Figure 7	12 450 000
Sc. E	Travaux Communs ² et recalibrage pompage	Recalibrage de la ravine du Quartier + station de pompage associé à une partition de l'Étang aux Poissons + optimisation de la protection du collège + ouvrages sous RN7 amont quartier Belle-Plaine + reprise pont de la RN7 de la ravine Paradis + protection du collège (M10)	Cf. Figure 8	20 690 000
Sc. F : « Délocalisation »	Scenario alternatif – délocalisation des enjeux		Cf. Figure 9	51 000 000

¹ Travaux seuls, hors foncier et hors Moe intégrant 10 % d'aléa - arrondi

² RN7, Belle Plaine et Ravine Paradis, protection Collège, curage exutoire

2.3 DESCRIPTIFS DES SCÉNARII

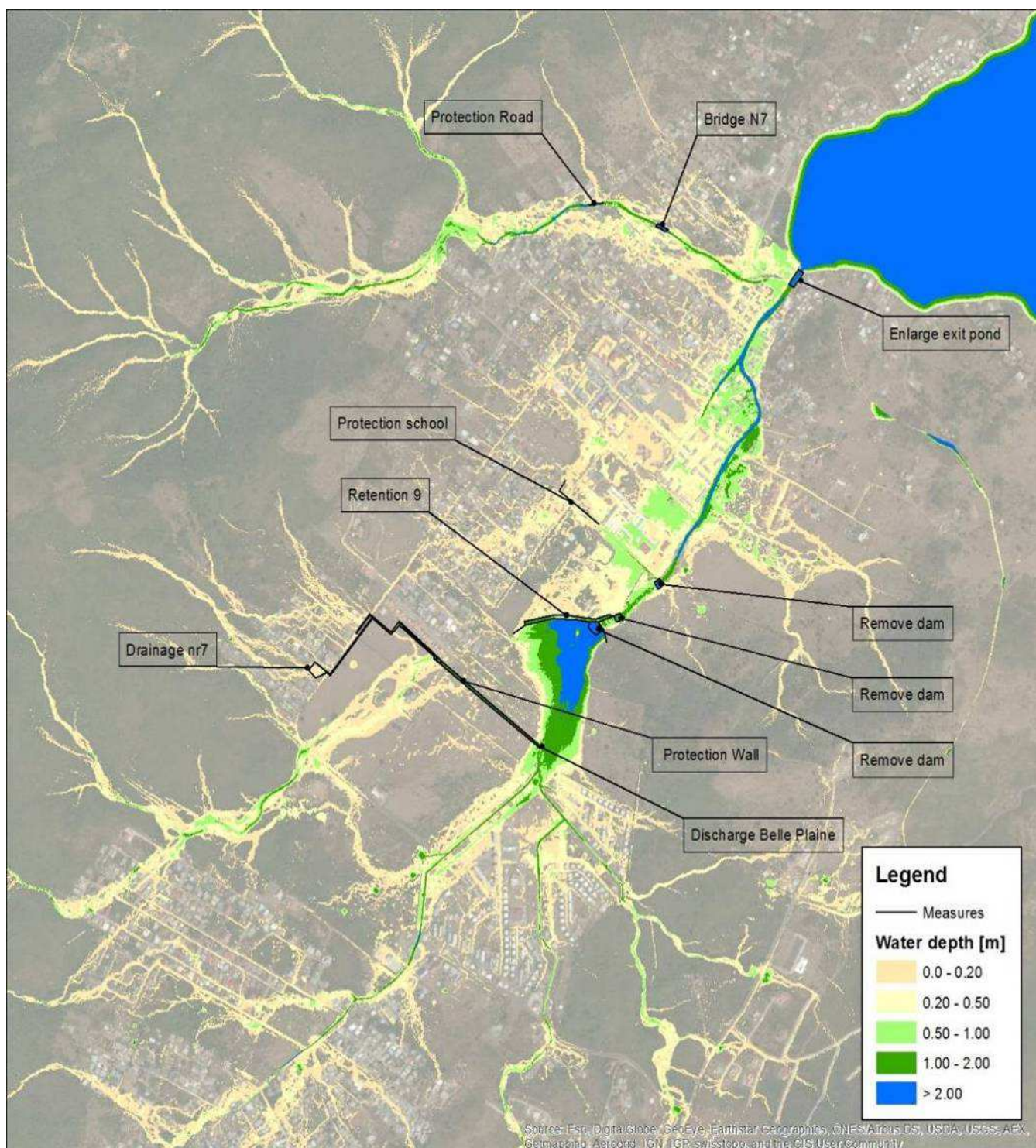
Les figures suivantes représentent schématiquement les scénarii d'aménagement objet de la présente analyse.

Le programme d'opération prévoit :

-  **De s'approcher d'une protection type cinquantennale, voir plus sur les zones les plus sensibles ;**
-  **De favoriser le ralentissement des crues par rétentions amont plutôt que les recalibrage.**

Ainsi, les scénarii élaborés combinent ces deux objectifs. Les cartographies suivantes présentent la localisation des projets et les zones inondables cinquantennale en situation aménagée.

Pour le détail des impacts, on se référera au chapitre 5.



**Figure 5 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. A –
 Scenarii à une rétention (Zone inondable 50 ans après projet)**

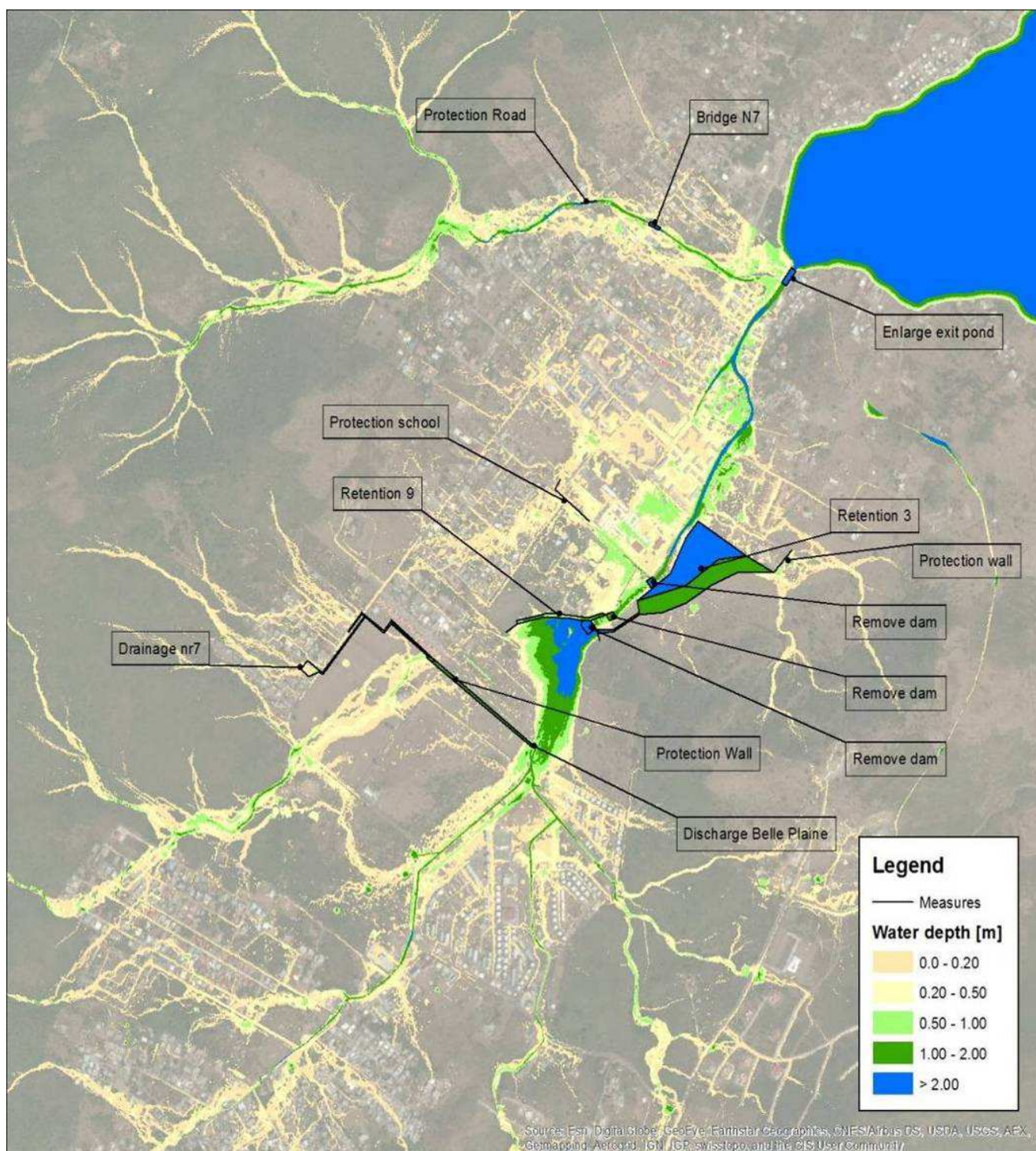
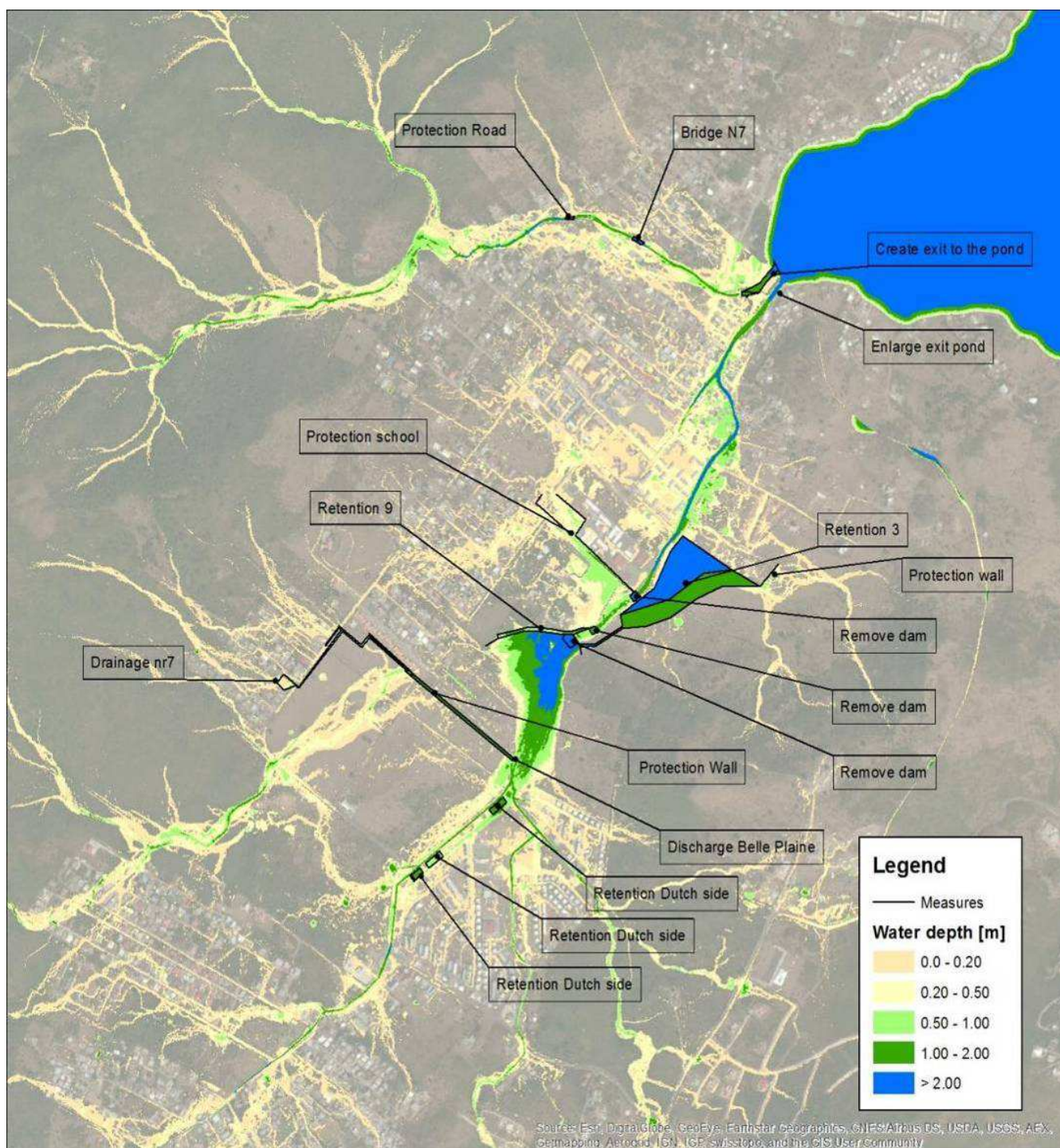


Figure 6 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. B – Scenario à 2 rétentions complémentaires (Zone inondable 50 ans après projet)



**Figure 7 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. C -
 Scenarii à deux rétentions complémentaires optimisées (Zone inondable 50
 ans après projet)**

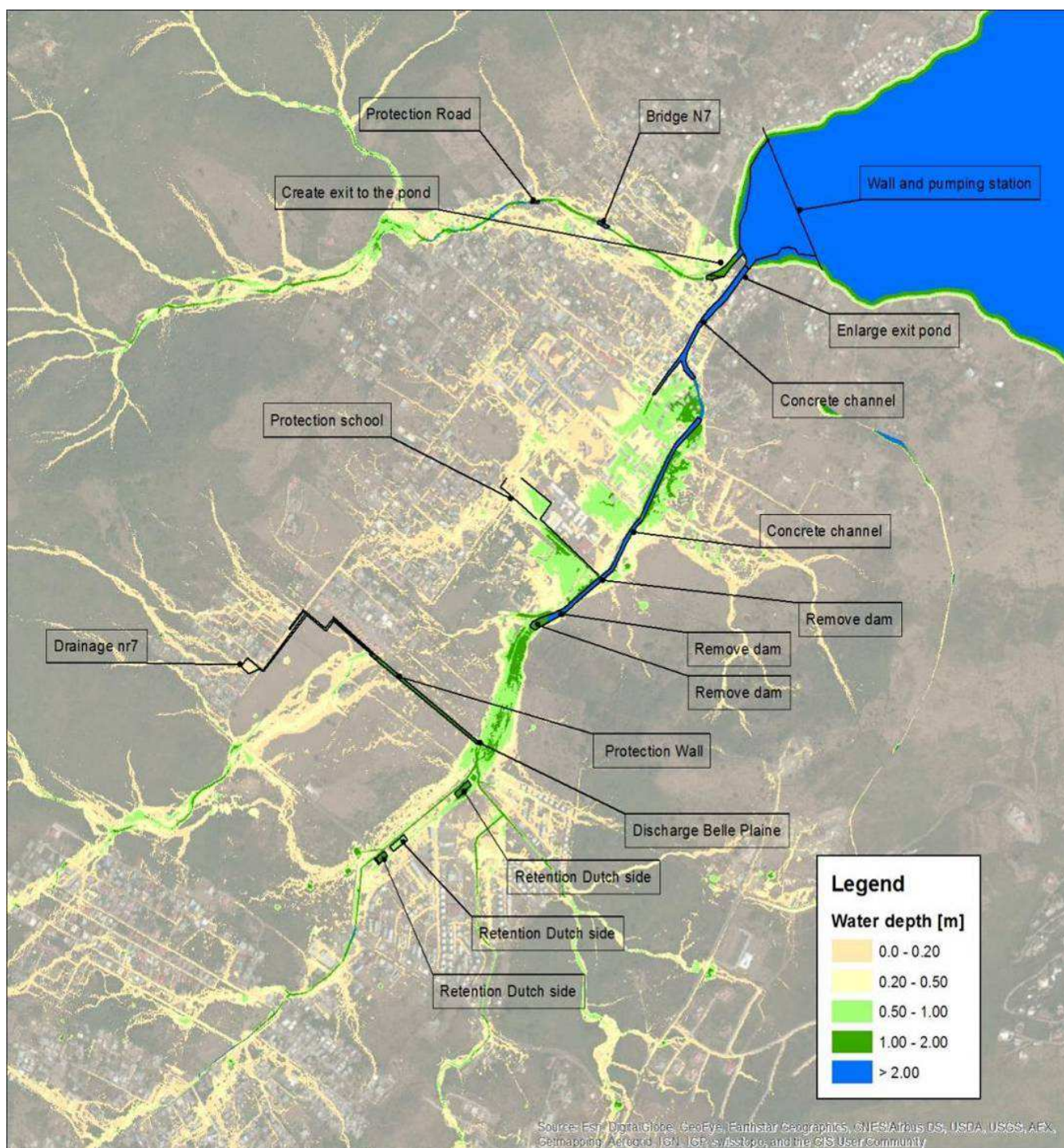


Figure 8 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scenarii Sc. E - Scénario alternatif - Recalibrage et pompage (Zone inondable 50 ans après projet)



Figure 9 : Plan de localisation – Travaux projetés selon scénarii Sc. F : Scénario alternatif : délocalisation sans travaux (bâti pour lesquelles la hauteur d'eau est supérieure à 0.5m pour la crue centennale)

Nota : pour ce scénarii, la valeur unitaire retenue est de 300 K€/bâti. Cette estimation correspond à un coût hypothétique comprenant :

- ✚ Le rachat d'un terrain et d'une maison dans un secteur hors zone inondable ;
- ✚ Le coût de création des infrastructures éventuelles (route, réseau EU/EP, électricité...) ;
- ✚ Le coût de la démolition de l'existant et de la remise en état du terrain ;
- ✚ Une indemnisation des personnes déplacées pour le déménagement.

3. COLLECTE DE DONNÉES

La première phase de l'étude s'est concentrée sur la collecte des données nécessaires à la réalisation de la mission, à savoir :

↳ Les enjeux

Les données relatives aux enjeux sont issues de l'analyse du cadastre, de photo-interprétation (vol HELIMAP de janvier 2015), des visites sur sites (28 et 29 mai 2015) et du levé des seuils des bâtiments réalisés spécifiquement pour la mission.

↳ Les aléas

Ces données proviennent des phases étude hydraulique et études d'avant-projet réalisées par SAFEGE et son sous-traitant RHDHV.

↳ Les aménagements

Ces données proviennent des études d'avant-projet réalisées par SAFEGE et son sous-traitant RHDHV.

↳ Les coûts des dommages

Ce type d'information a nécessité de questionner différents organismes. Face à la difficulté de collecter cette information sur Saint-Martin, le périmètre de la collecte des données a été étendu à la Guadeloupe.

Les différents organismes et personnes contactés dans le cadre de cette mission sont présentés ci-dessous :

Types de données	Contact	
	Organisme	Nom
Coûts des dommages	DEAL	Aude COMTE
Courbes d'endommagement / Etude Gourbeyre	DEAL	Aude COMTE
Courbes d'endommagement / Etude Gourbeyre	Gourbeyre	Le Maire
Coûts des dommages	Préfecture Guadeloupe - SIDPC	Cédic DUFEU
Coûts des dommages	Préfecture Saint-Martin	Régis ARMENGAUD
Coûts des dommages	Collectivité Saint-Martin	Romain PERREAU / Patrick LENTZ / Charlotte TERRAC
Rapports BRGM retours d'expériences	site internet BRGM	http://www.brgm.fr/production-scientifique/rapports-publics/rapports-publics
Note sur les inondations	site internet bdhi	http://bdhi.fr/appli/web/welcome
Valeur locative meublé / non meublé à Quartier d'Orléans	Agences immobilières	

Tableau 1 : Organismes contactés dans le cadre de la collecte de données

Très peu de données ont pu être collectées.

Il est à noter qu'aucune étude de ce type n'a été menée préalablement à Saint-Martin et en Guadeloupe.

Au final, les seules données chiffrées qui ont pu être rassemblées proviennent de la collectivité de Saint-Martin et correspondent aux coûts des dommages suite aux événements de novembre 2014. Il est à noter que les événements de novembre ont été précédés de l'événement Gonzalo, aussi les coûts des dommages peuvent intégrer les dommages causés par les deux événements.

4. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES ENJEUX RECENSÉS SUR LA ZONE D'ÉTUDE

4.1 CARACTÉRISATION DES ENJEUX

4.1.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE

Le calcul des dommages subis sur un territoire en cas d'inondation nécessite **une analyse détaillée des enjeux liés au secteur d'habitat, aux zones d'activités économiques, aux infrastructures et aux surfaces agricoles.**

Il est dès lors réalisé un découpage de l'occupation du sol localisée dans la zone de risque inondation en secteurs homogènes déclinés selon les classes suivantes :

 **structures d'habitats ;**

 **activités économiques ;**

 **surfaces agricoles ;**

 **infrastructures :**

- les établissements recevant du public,
- les sites sensibles en cas de crise,
- les voiries et réseaux.

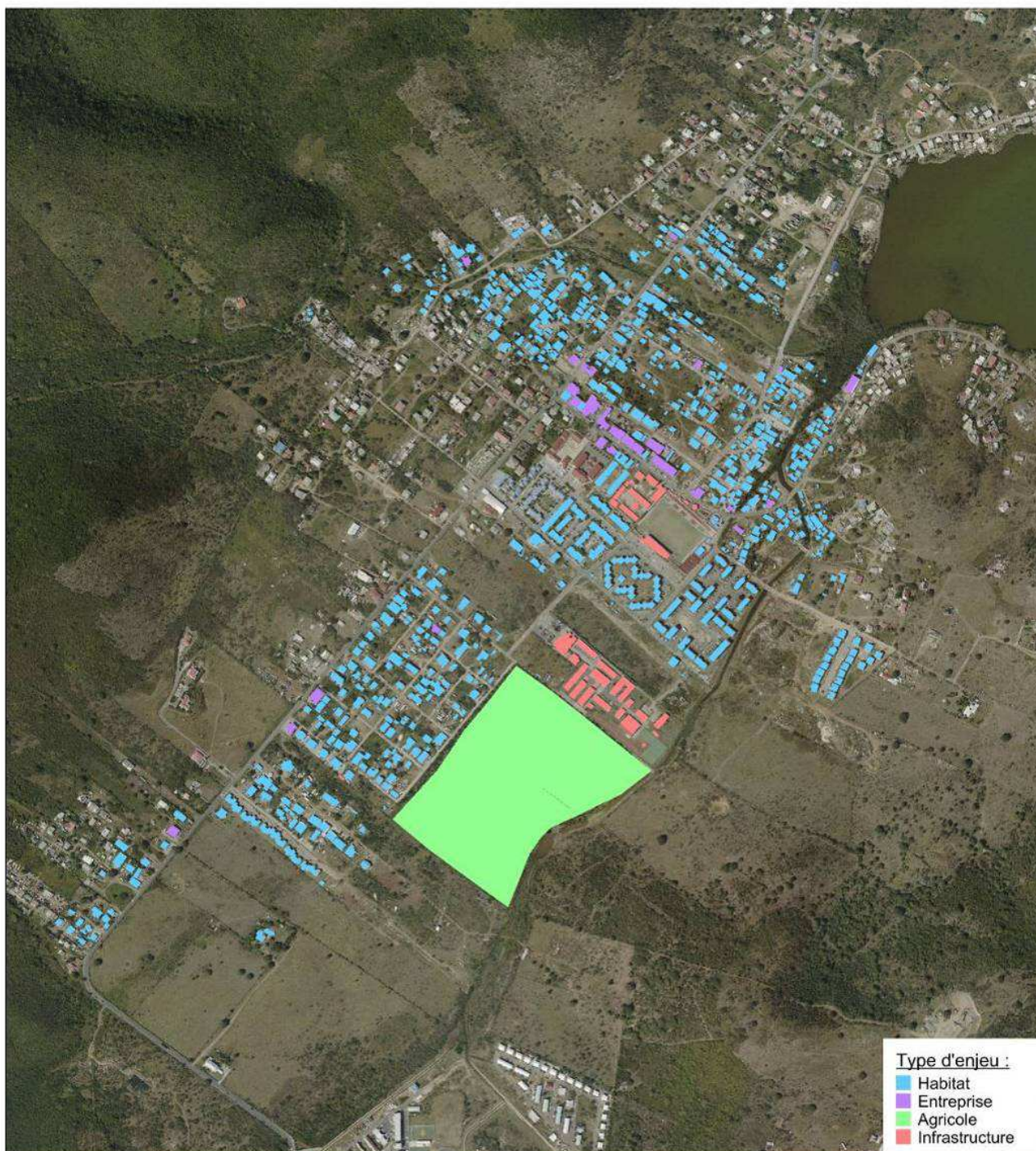


Figure 10 : Détails des enjeux en zone inondable pour un évènement type Lenny

4.1.2 ZONAGE DÉTAILLÉ PAR SECTEUR HOMOGÈNE D'ENJEUX

4.1.2.1 Secteurs d'habitat

La détermination des secteurs bâtis a été réalisée sur base :

- ↳ **du cadastre,**
- ↳ **de photo-interprétation (vole HELIMAP de janvier 2015),**
- ↳ **des visites sur sites (28 et 29 mai 2015).**

Des entretiens et des visites de terrain complémentaires ont par la suite permis d'affiner ce premier découpage.

Les paramètres suivants ont été observés³ :

- ↳ **578 bâtis de surface supérieure à 40 m²** ont été dénombrés sur le territoire d'étude,
- ↳ 50 % des habitations implantées en secteurs à risque d'inondation sont de type R+1 (niveau refuge possible – logement sociaux). Les 50 % de bâtis sans espace refuge pourraient dès lors être préoccupants en fonction de la hauteur d'eau subie.

La quasi-totalité des habitations dispose d'un premier niveau de plancher surélevé (« vide sanitaire »). Les hauteurs sont toutefois variables selon les secteurs :

- ↳ elles sont comprises entre 0,2 et 1 m dans le secteur du Quartier d'Orléans (RHI).



³ Les paramètres de surfaces et de hauteur du bâti ont été évalués à partir du cadastre croisé avec les données de la BD Topo et des nivellements du géomètre (réalisés spécifiquement pour l'étude) pour les cotes planchers (Juin 2015).

Figure 11 : Exemple de niveaux de seuil dans le secteur du Quartier d'Orléans

4.1.2.2 Surfaces agricoles

Le zonage par type de cultures a été réalisé à la parcelle en utilisant les méthodes suivantes :

-  photo-interprétation de l'occupation du sol sur base de photographies aériennes datant de janvier 2015,
-  nombreux repérages de terrain

Le secteur est exclusivement concerné par la pépinière à côté du collège (palmiers)

4.1.2.3 Activités et entreprises

Sont considérés comme entreprises tous les bâtiments abritant une activité économique, les bureaux de l'administration et les locaux abritant des activités scolaires et de santé⁴.

Toutefois, les locaux abritant des activités scolaires ne sont pas indexés sur les mêmes grilles d'endommagement que les autres entreprises. Dans la présente étude, ces locaux seront donc classés dans les zones d'enjeux stratégiques sensibles (infrastructures).

31 entreprises ont été recensées sur le terrain dans le secteur soumis au risque inondation dans le cas d'une crue type Lenny. **Il s'agit principalement de commerces (superettes et commerces spécialisés), de garages, de bars et restaurants.** Quelques activités de service (poste, bureau de change...) sont également recensées.

4.1.2.4 Enjeux ponctuels stratégiques et sensibles

Parmi les bâtiments stratégiques (abritant une activité de type secours, pompiers, gendarmerie, police, santé, énergie ou ICPE) ou ponctuels (type transformateurs), les enjeux localisés en zones inondables sont limités aux locaux abritant des activités scolaires (**collège, école...**).

4.1.2.5 Infrastructures routières

Les principaux axes de communication soumis au risque inondation sont les suivants :

-  les différentes rues situées entre la RN7 et la ravine quartier ;
-  la rue Coralita, la rue Mont Saline et le début de la rue des Deux Frères en rive droite de la ravine Quartier ;
-  les rues bordant la ravine Paradis (Rue Cross the Range notamment).

⁴ Il s'agit de la définition qu'utilise l'INSEE dans son fichier SIRENE (Système d'Identification du Répertoire des Entreprises)

4.2 DÉTERMINATION DE LA FONCTION D'ENDOMMAGEMENT

Les fonctions de dommages permettent de calculer les dommages potentiels provoqués par une inondation sur les enjeux de la zone d'étude. Elles se déclinent en trois classes, issues de l'analyse de l'occupation des sols et des enjeux du chapitre précédent :

-  **Zones résidentielles rurales et habitations isolées ;**
-  **Les activités (entreprises et agriculture) ;**
-  **Les enjeux ponctuels et infrastructures.**

Nota : L'utilisation des fonctions de dommages aux entreprises reste délicate compte tenu des spécificités locales et de la difficulté de se procurer les données d'entrées nécessaires aux calculs des dommages.

Les tableaux de références de ces fonctions sont présentés en Annexe.

Ces courbes étant adaptées pour la métropole, un surcoût de 20%⁵ a été retenu afin de traduire la variation des prix entre la métropole et les DOM/TOM.

4.2.1 COURBES DE DOMMAGES LIÉES À L'HABITAT

4.2.1.1 Généralités

Selon les préconisations du Guide : **Analyse multicritères : application aux mesures de prévention des inondations - Guide méthodologique** – COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE – **Juillet 2014** (cf. chapitre 1.4), les courbes utilisées dans le cadre de la présente étude sont issues de l'adaptation des courbes développées en Angleterre par le Flood Hazard Research (2010). L'adaptation a été réalisée par l'IRSTEA.

L'actualisation des prix a été réalisée sur base de l'indice des prix à la consommation de l'INSEE conformément au Guide de référence.

De manière générale, les courbes prennent en compte les dommages par unité de surface (m²) aux différents postes du bâti (extérieure et intérieure) et du mobilier (incluant les coûts de nettoyage).

Il est proposé une courbe pour chaque type d'habitat identifié dans notre secteur d'étude selon la typologie suivante :

-  Maison individuelle - RDC (type « pavillon »)
-  Maison individuelle - R+1 (type « pavillon »)
-  Maison de ville RDC
-  Maison de ville R+1
-  Appartement
-  Garage

⁵ Écarts de prix à la consommation des ménages entre les Antilles Guyane et la métropole, INSEE, 2010.

Sur la zone d'étude, les habitations sont majoritairement des maisons individuelles avec ou sans étage.

4.2.1.2 Analyse de la vulnérabilité du bâti - détermination des cotes plancher

Dans un premier temps, le nombre et la superficie du bâti à l'intérieur de la zone d'étude a été déterminé à partir des photographies aériennes de Janvier 2015.

Une campagne de terrain à ensuite permis de déterminer la nature des bâtiments (maison individuelle ou collective, présence ou non d'étage...)

Dans un second temps, une campagne topographique a été réalisée afin de lever les cotes des seuils d'entrée des bâtiments⁷.

Ces levés ont pour objectifs de préciser l'exposition au risque et les hauteurs de submersion au droit des bâtiments.

4.2.1.3 Limites d'utilisation

Les fonctions prennent en compte les dommages directs à l'immobilier et au mobilier ainsi que les coûts liés au nettoyage.

Les courbes proposées n'incluent toutefois pas les dommages aux sous-sols. En effet, suite aux investigations de terrain, aucun sous-sol n'a été signalé.

Ces courbes fournissent un montant de dommages moyen par m² pour 14 classes de hauteurs d'eau comprises entre 0 et 3 m.

Elles sont utilisées tenant compte d'un premier niveau de plancher habitable aménagé selon les cotes relevés par le géomètre pour l'occasion.

4.2.2 COURBES DE DOMMAGES LIÉES AUX ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES

4.2.2.1.1.1 Activités agricoles

Sur la zone d'étude, seule la pépinière de palmiers à côté du collège a été repérée.

Encore un fois, les courbes de métropoles ont été adaptées, faute de données plus précises sur cette activité. Le calcul et l'incidence est toutefois très à la marge par rapport aux dommages précédents.

4.2.2.1.1.2 Activités économiques autres qu'agricoles

Selon les préconisations du Guide, les courbes utilisées pour les autres activités économiques non agricoles sont issues de l'adaptation des courbes développées en Angleterre par le Flood Hazard Research (2010).

⁷Cette dernière donnée a été obtenue suite au passage d'un géomètre. Pour les bâtis n'ayant pu être levés par ce dernier, la côte plancher a été considéré comme étant à 20 cm au-dessus du terrain naturel afin de prendre en compte le seuil de chaque bâti.

La grille d'endommagement pour l'industrie permet de définir selon la hauteur d'eau (< 80cm ou > 80cm) et le code NAF (Nomenclature des Activités Françaises) de l'INSEE un dommage moyen par salarié.

En l'absence d'information précise sur l'emploi dans le secteur d'étude, il est pris une hypothèse moyenne de 5 salariés par entreprise pour le calcul du NEMA emploi (cf. plus loin).

Ici aussi, ce calcul reste à la marge compte tenu de la faible proportion d'activités sur la zone d'étude.

5. RAPPEL DES DONNÉES HYDRAULIQUES : ZONES INONDABLES ACTUELLES ET INCIDENCES HYDRAULIQUES DES SCÉNARII D'AMÉNAGEMENTS

5.1 DONNÉES SOURCES

Les données utilisées pour la délimitation des zones inondables sont issues des études hydrauliques et d'avant-projet.

5.2 FORMAT DES DONNÉES

Les données utilisées sont les suivantes, pour chacune des crues de projet :

➡ **Format :** mailles du modèle hydraulique Infoworks SIG Mapinfo : de 1 à 4 m² sur les secteurs à enjeux ;

➡ **Occurrences :**

- o T1,
- o T10,
- o T50,
- o T100 (avec Test de niveau aval à 1.2 m NGG),
- o et Lenny.

➡ **Niveau aval :**

- o 0,4 m NGG,
- o Test à 1,2 m NGG.

➡ **États :**

- o État initial
- o États projet selon scénarii A à F

➡ **Champs de données :**

- o Cote TN de la maille (m NGG)
- o Niveau de crue T maximum (ZT, m NGG) ;
- o Hauteur d'eau (HT = ZT - Cote TN en m) ;
- o Vitesses maximal d'écoulement (VmaxT, en m NGG) ;

5.3 RÉSULTATS CARTOGRAPHIQUES SYNTHÉTIQUES

5.3.1 SITUATION ACTUELLE

Sont présentés ci-après les cartes des hauteurs d'eau dans différentes situations et pour plusieurs occurrences.

T = 10 ans – Situation actuelle

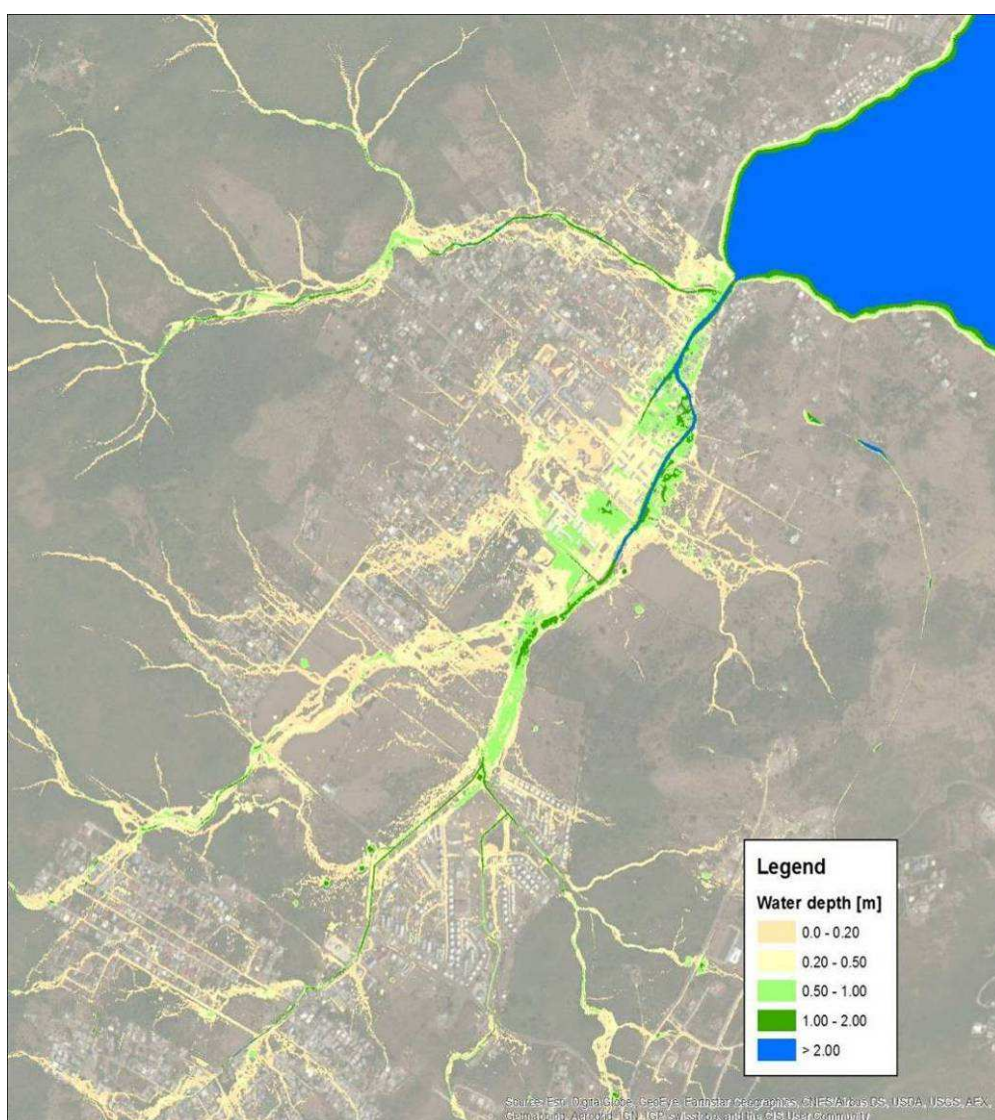


Figure 12 : Carte des hauteurs d'eau en situation actuelle – Occurrence 10 ans

T = 50 ans – Situation actuelle

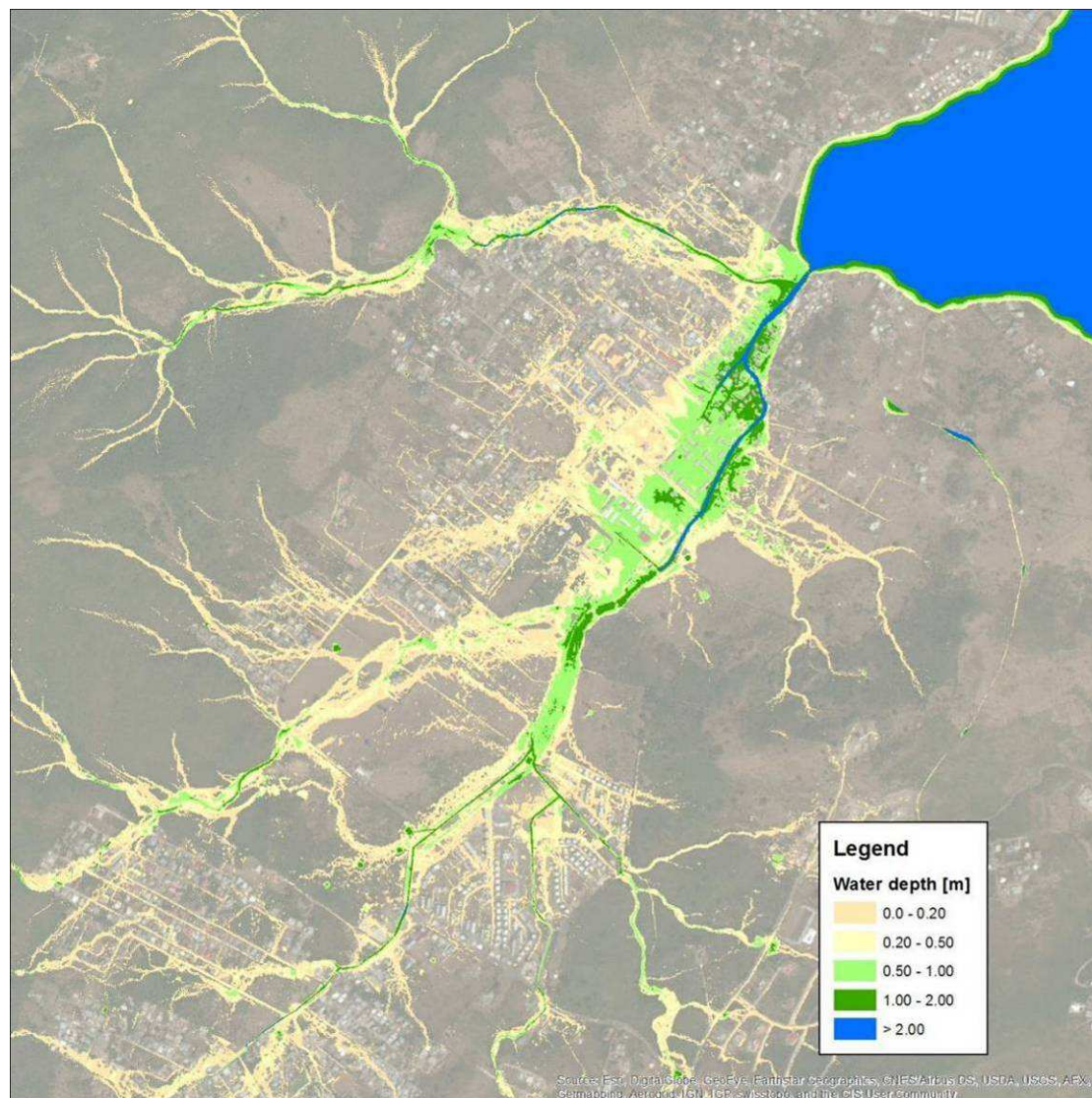


Figure 13 : Carte des hauteurs d'eau en situation actuelle – Occurrence 50 ans

T = 100 ans – Situation actuelle

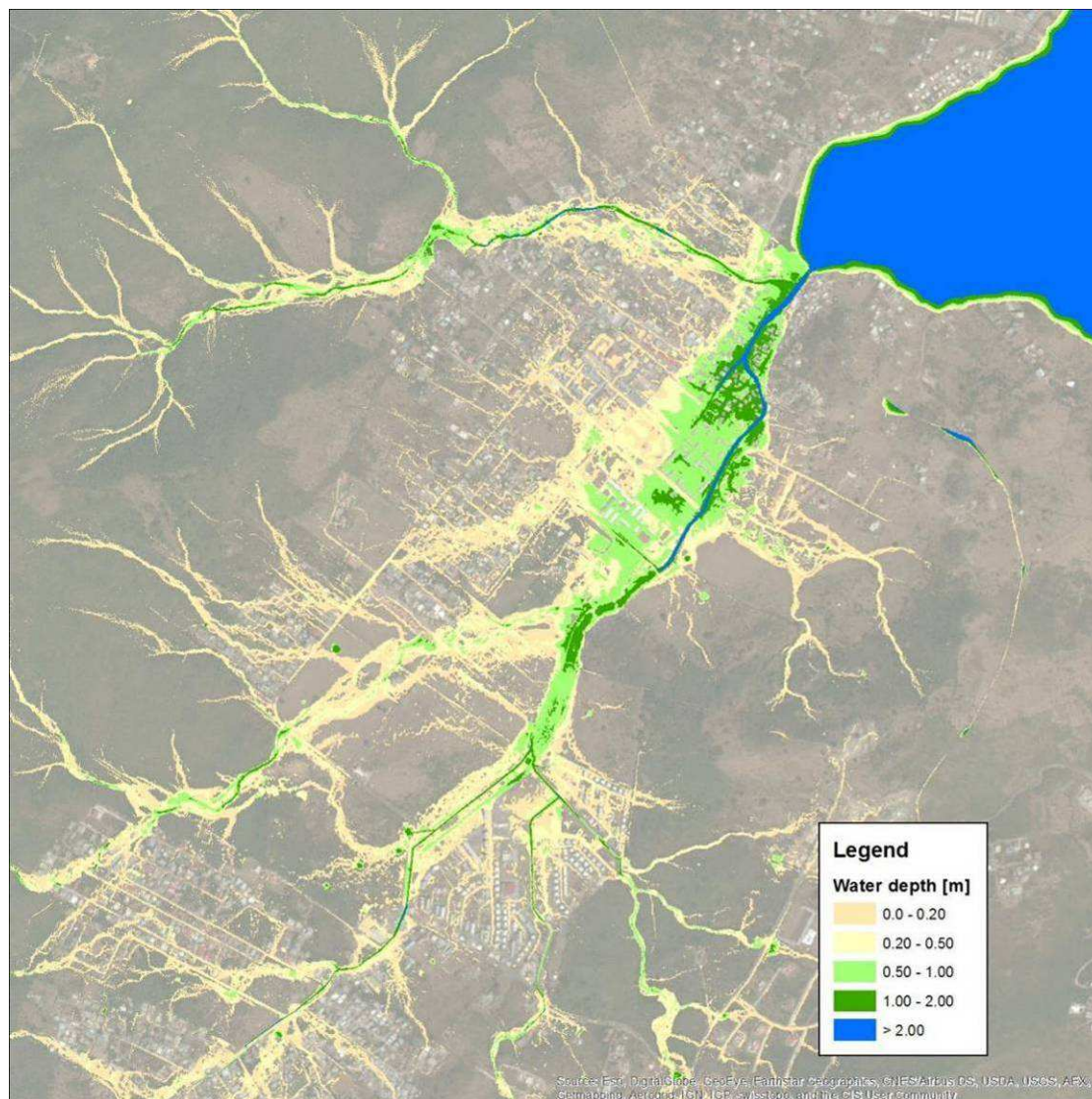


Figure 14 : Carte des hauteurs d'eau en situation actuelle – Occurrence 100 ans

Lenny – Situation actuelle

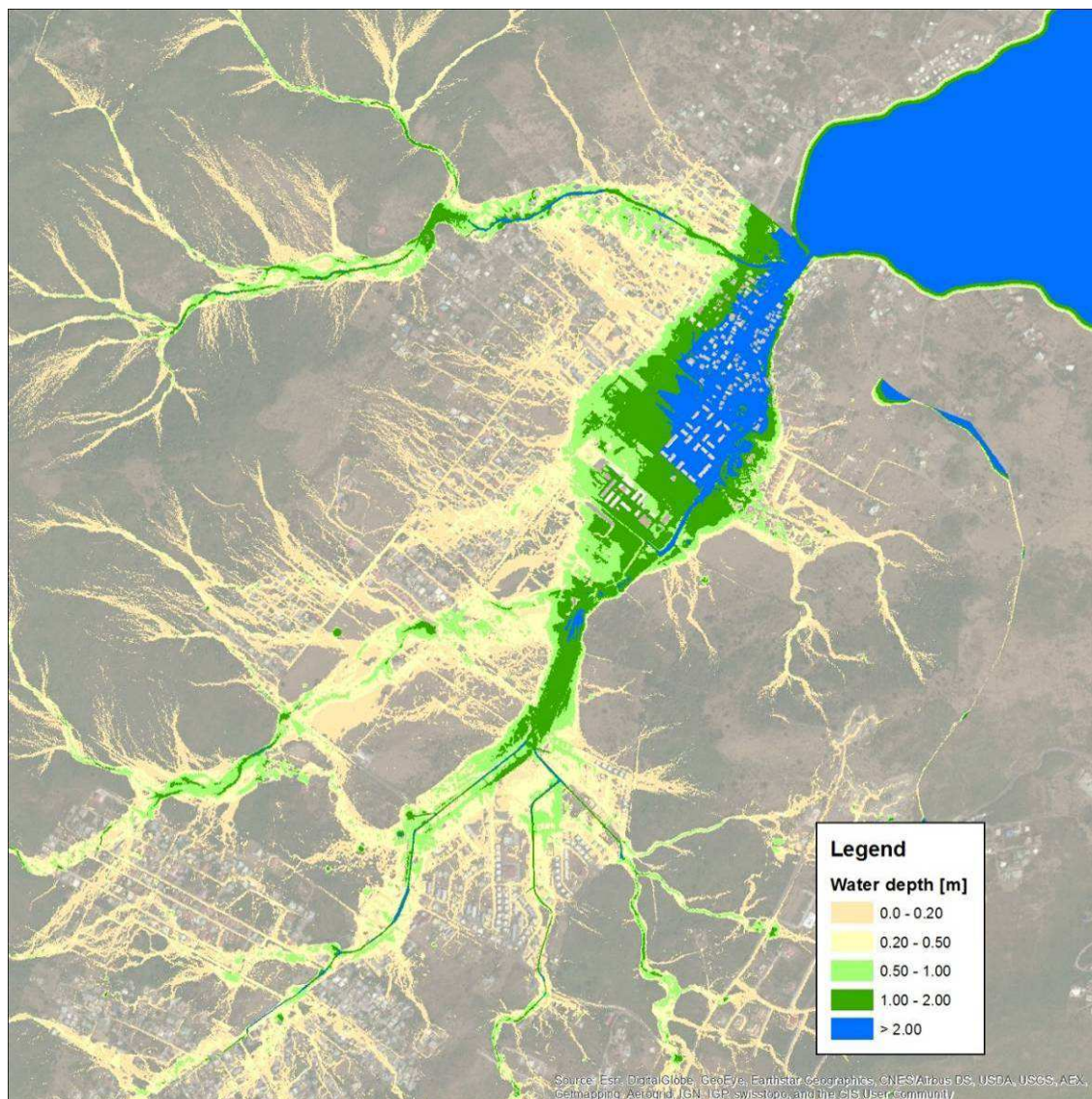


Figure 15 : Carte des hauteurs d'eau en situation actuelle – Lenny

Ne sont représentées ci-après que les incidences en hauteur d'eau (Z initial – Z projet) pour chaque scénario.

Protection Road

Bridge N7

Enlarge exit pond

Protection school

Retention 9

Drainage nr7

Remove dam

Remove dam

Remove dam

Protection Wall

Discharge Belle Plaine

Legend

— Measures

Scenario A T=10

Difference Water level [m]

Dark Blue	<-1
Blue	-1.0 - -0.8
Light Blue	-0.8 - -0.6
Cyan	-0.6 - -0.4
Green	-0.4 - -0.05
Yellow-Green	-0.05 - 0.05
Yellow	0.05 - 0.2
Orange	0.2 - 0.5
Red-Orange	0.5 - 1
Red	>1

Source: Ifre, Digital map, GeoEye, Earthstar Geo, Geoportail, ArcGIS, IGN, IGP, satellite and file

P/33

SAFEGE
Ingénieurs Conseils

T = 50 ans – scenario A

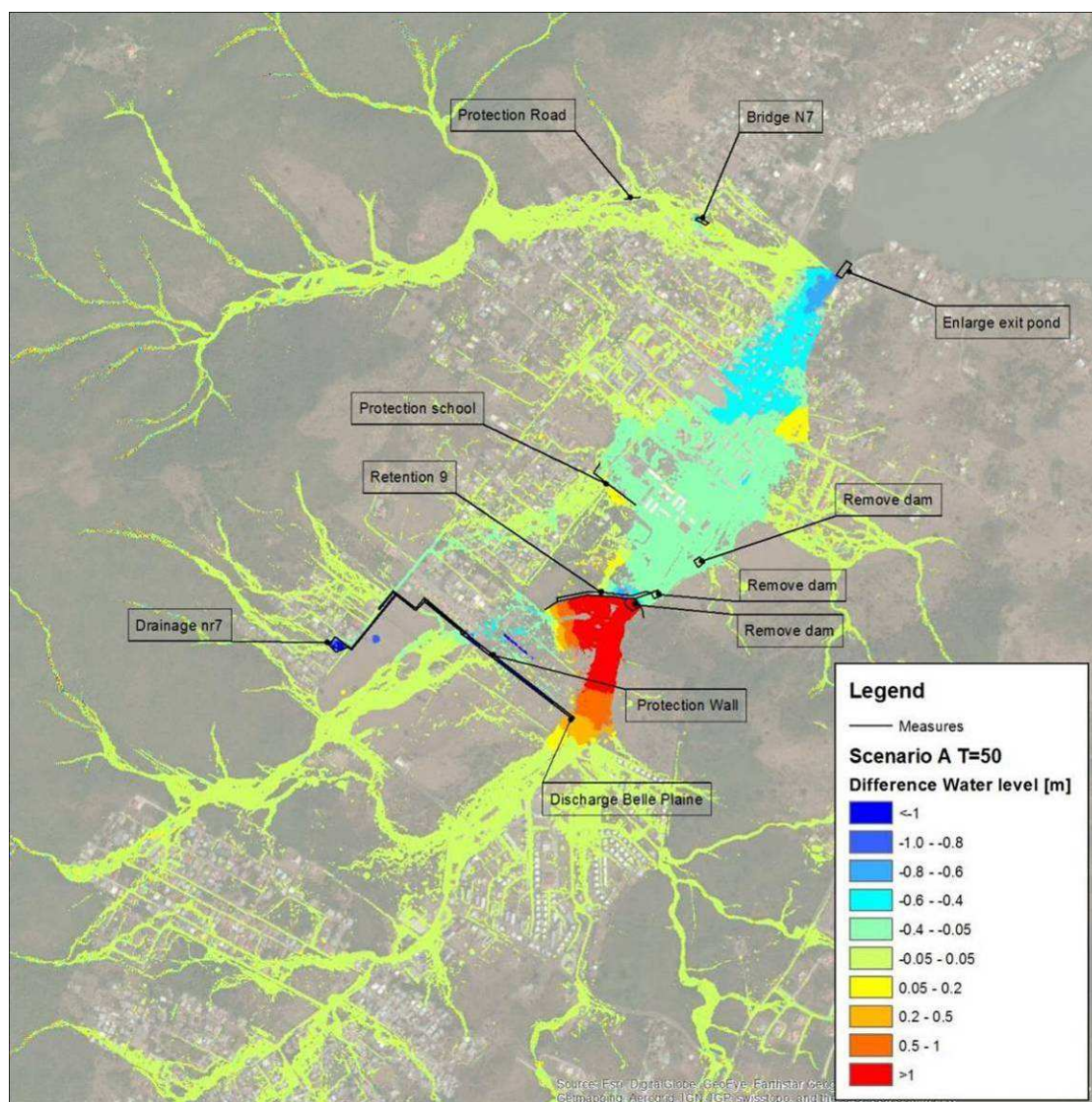


Figure 17 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario A – Occurrence 50 ans

T = 100 ans – scénario A

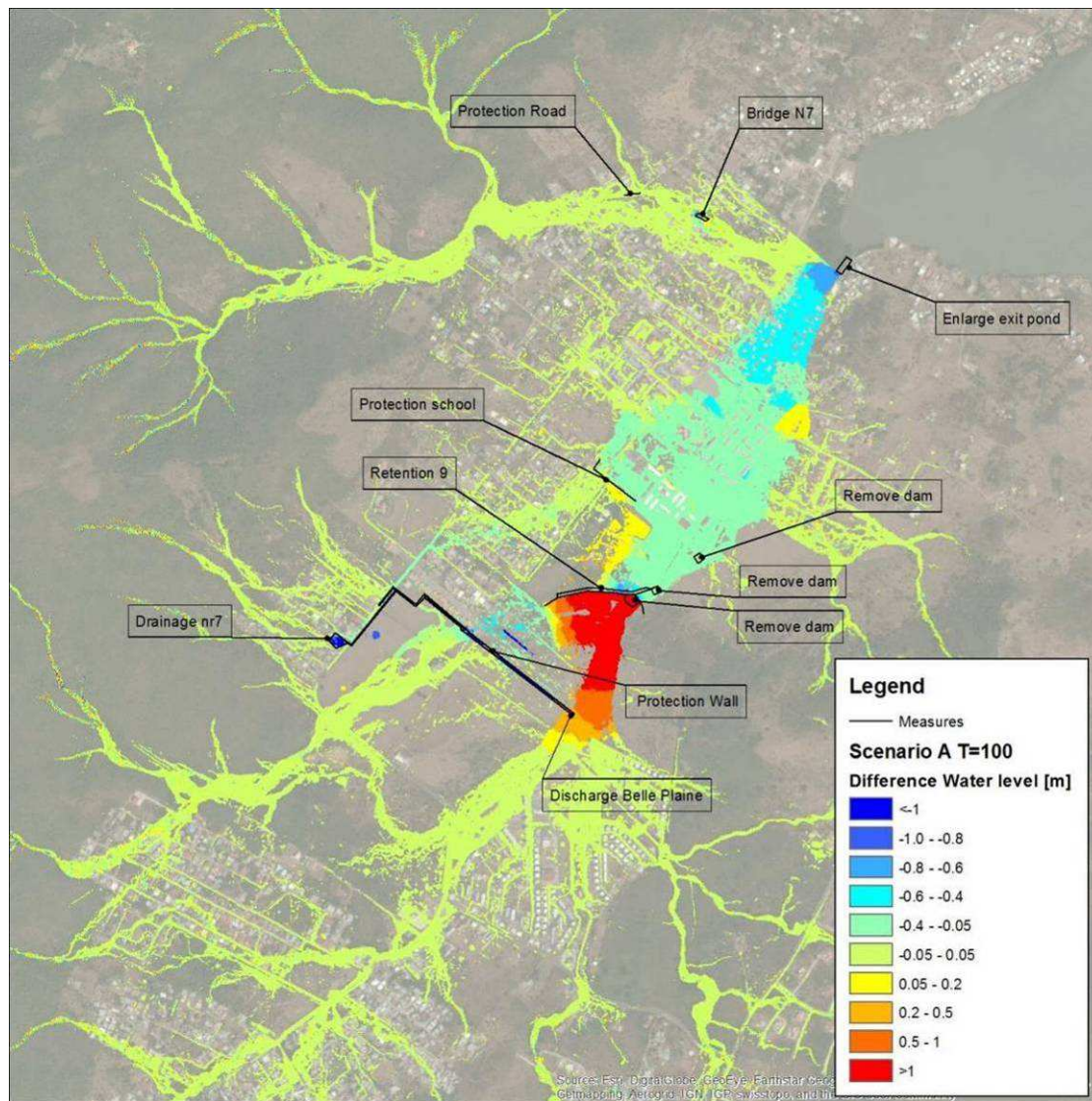


Figure 18 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario A – Occurrence 100 ans

T = Lenny – scenario A

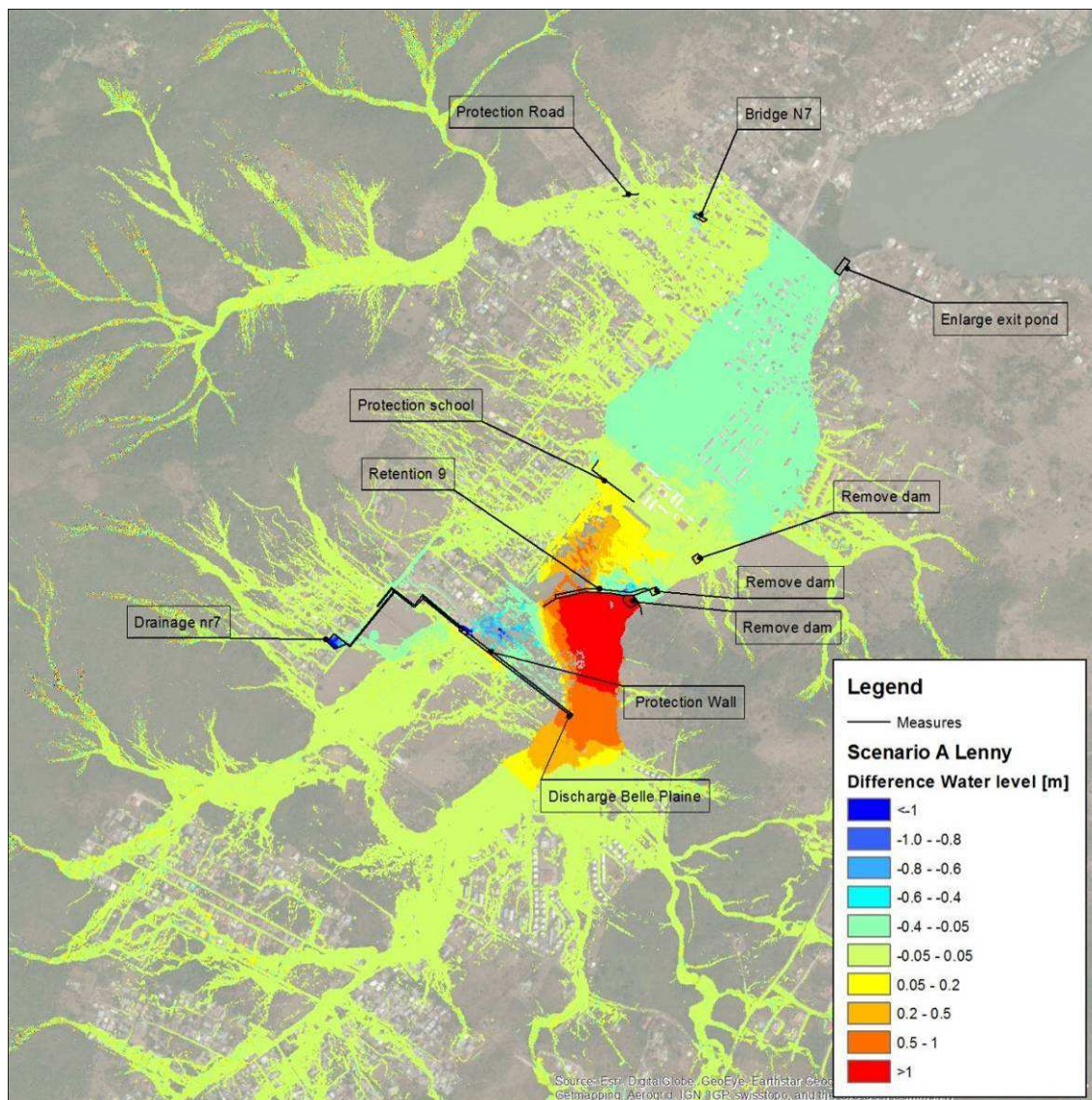


Figure 19 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario A – Lenny

5.3.3 SCENARIO B

Ne sont représentées ci-après que les incidences en hauteur d'eau (Z initial – Z projet) pour chaque scénario.

T = 10 ans – scénario B

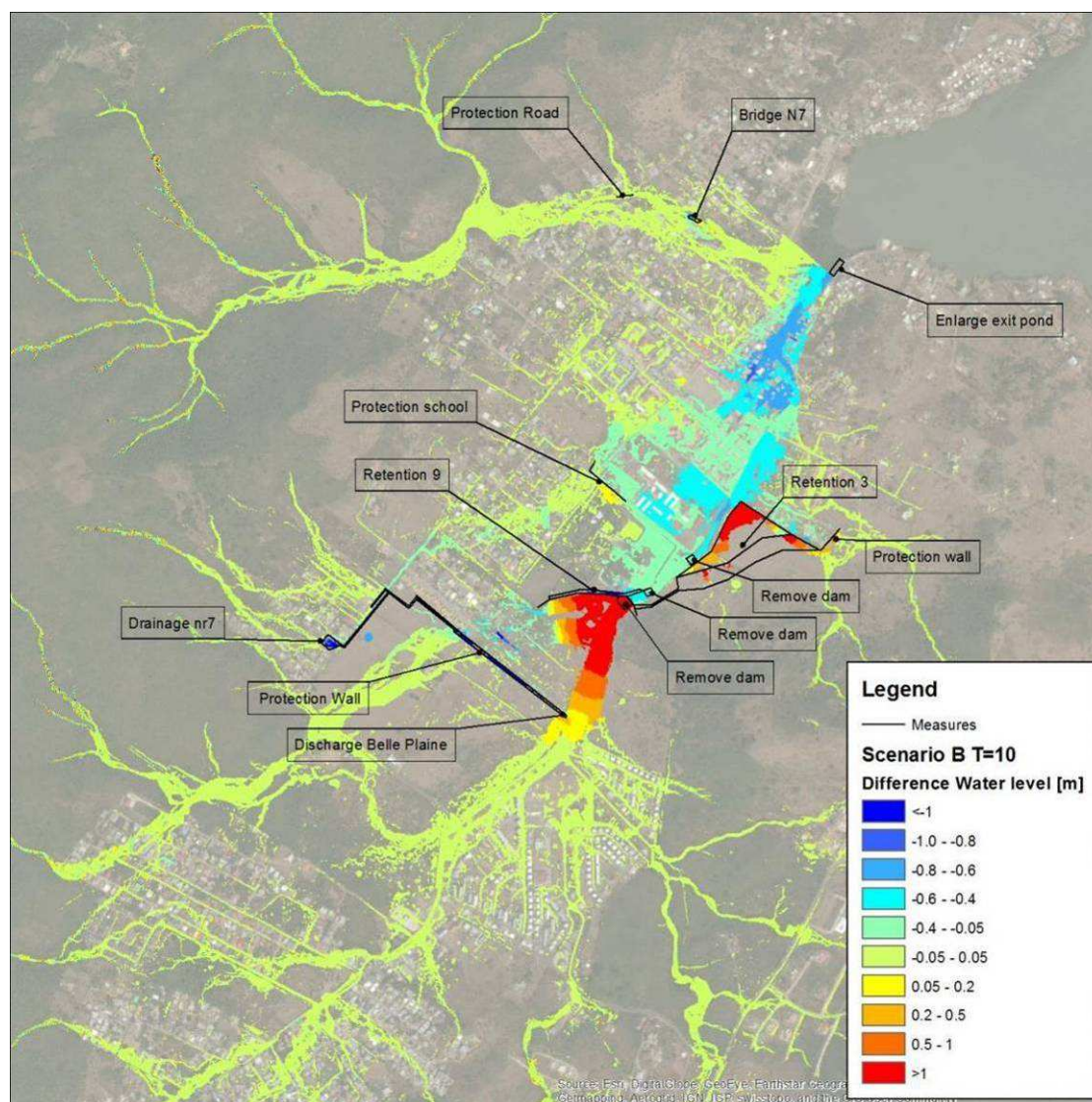


Figure 20 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario B – Occurrence 10 ans

T = 50 ans – scenario B

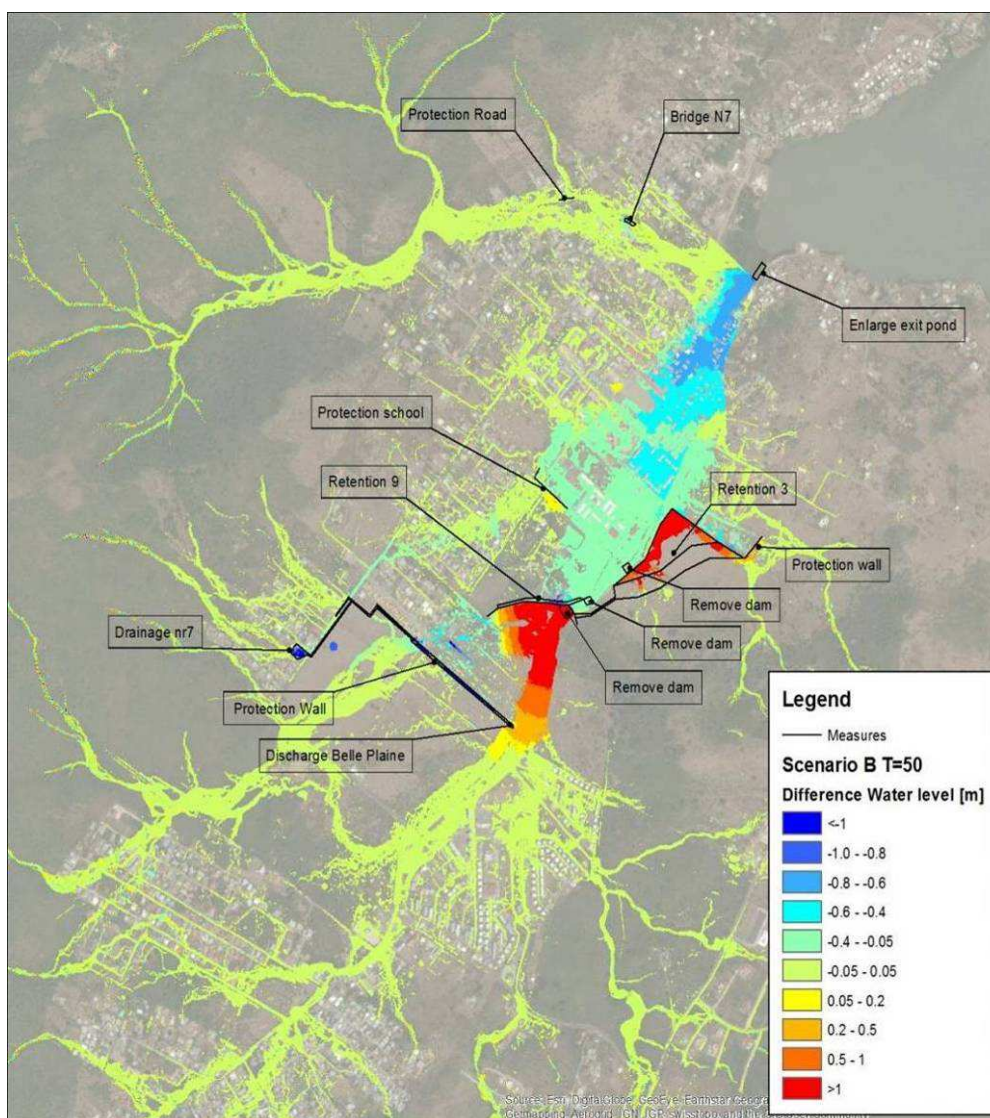


Figure 21 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario B – Occurrence 50 ans

T = 100 ans – scénario B

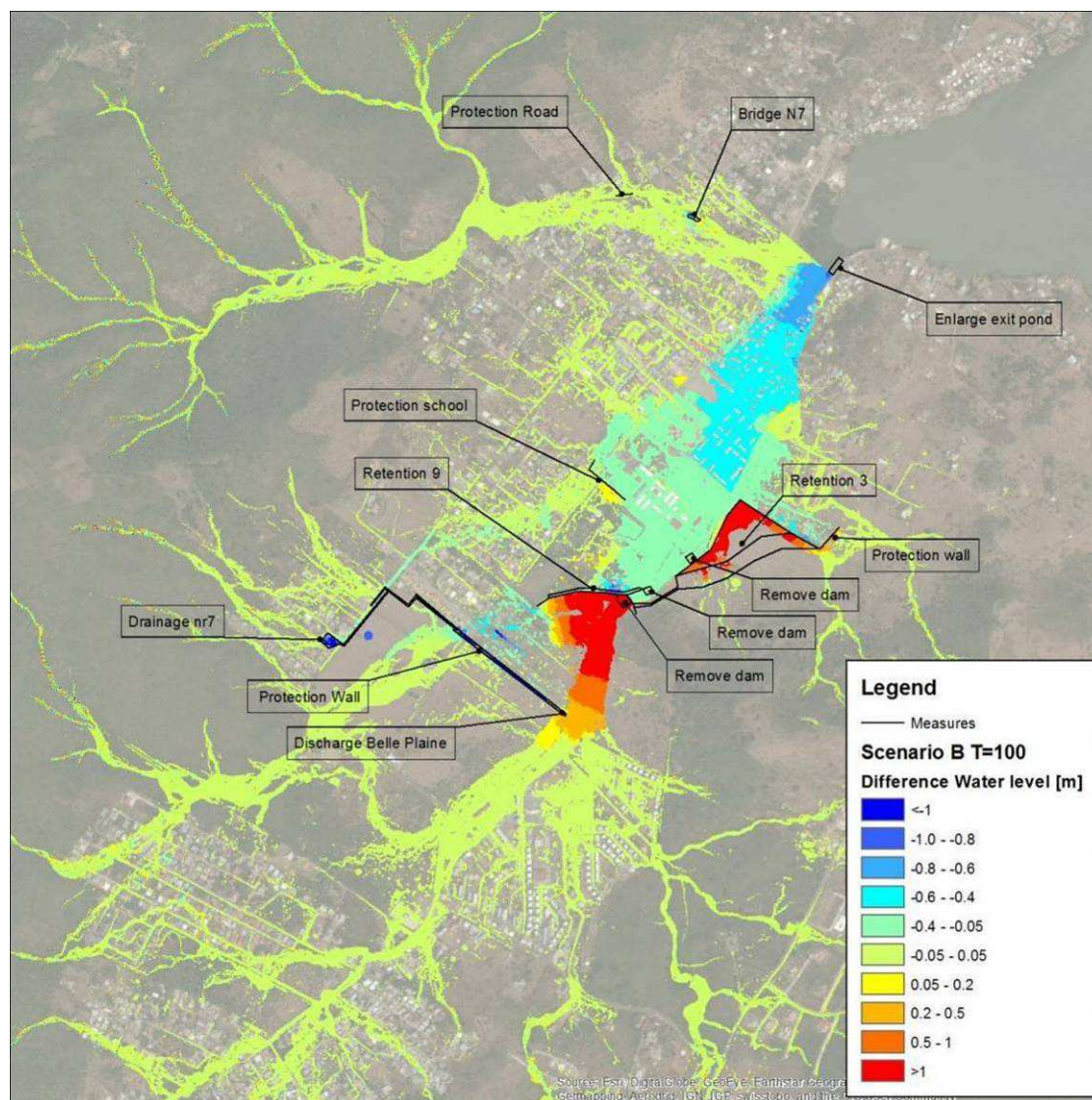


Figure 22 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario B – Occurrence 100 ans

T = Lenny – scenario B

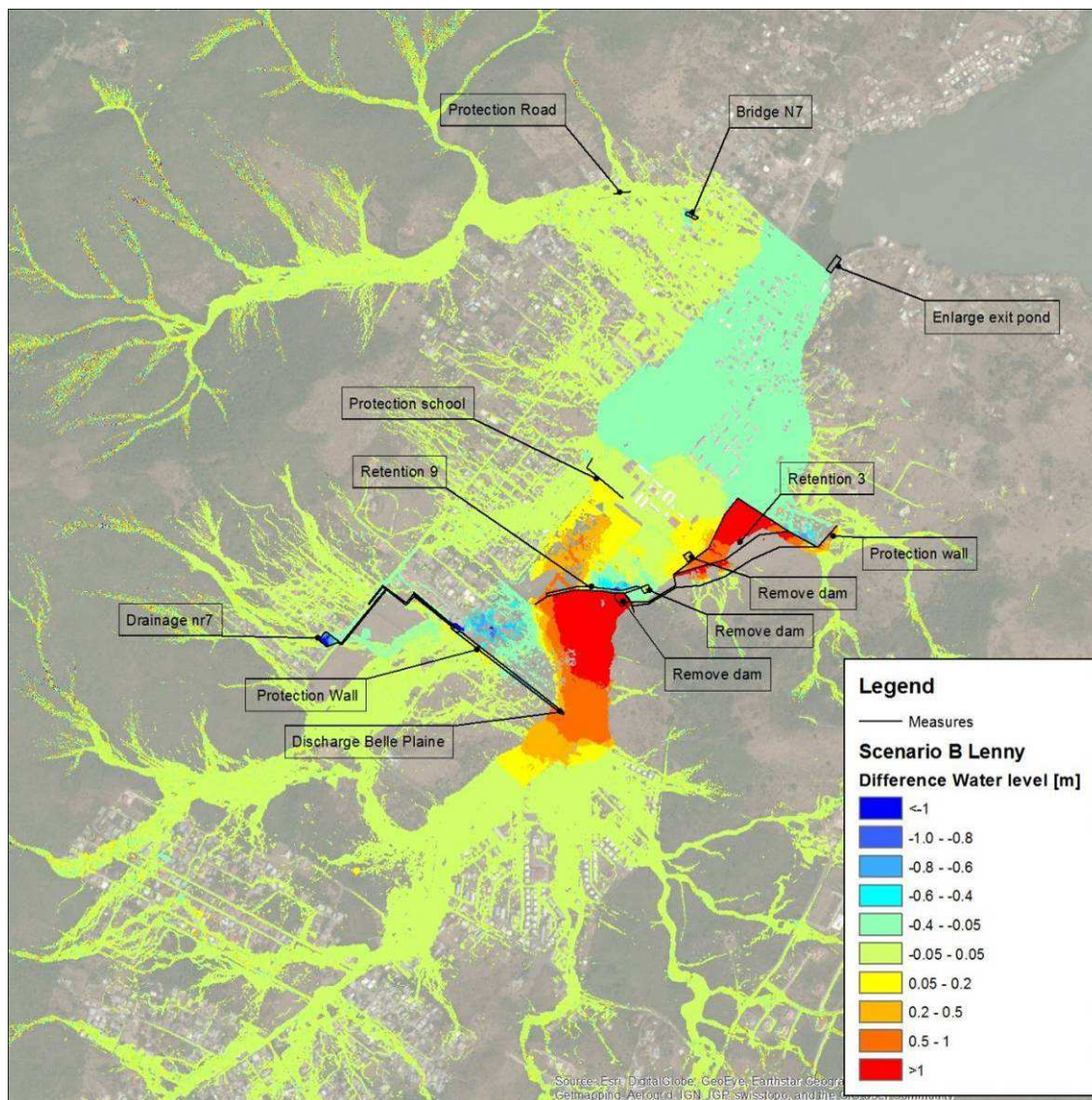


Figure 23 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario B – Lenny

5.3.4 SCENARIO C

Ne sont représentées ci-après que les incidences en hauteur d'eau (Z initial – Z projet) pour chaque scénario.

T = 10 ans – scénario C

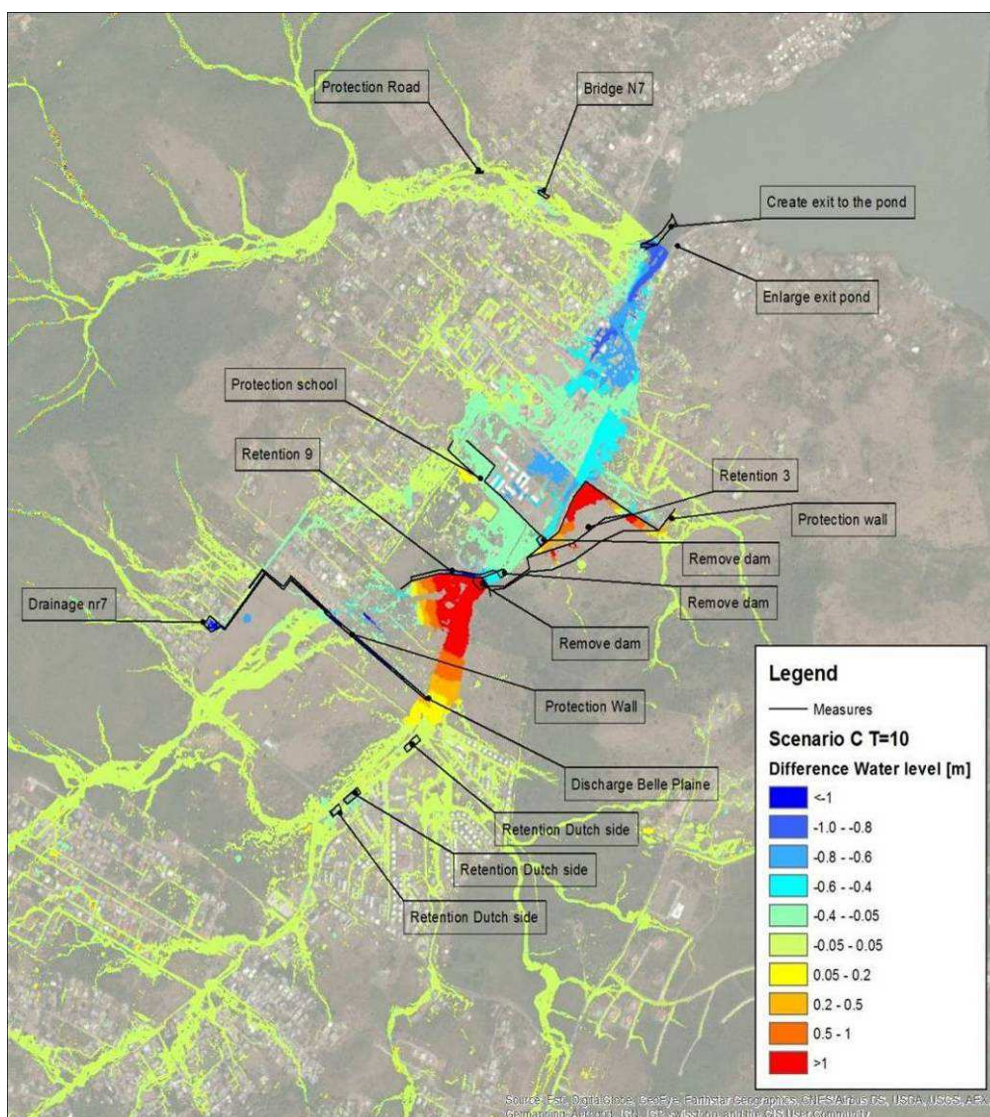


Figure 24 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario C – Occurrence 10 ans

T = 50 ans – scenario C

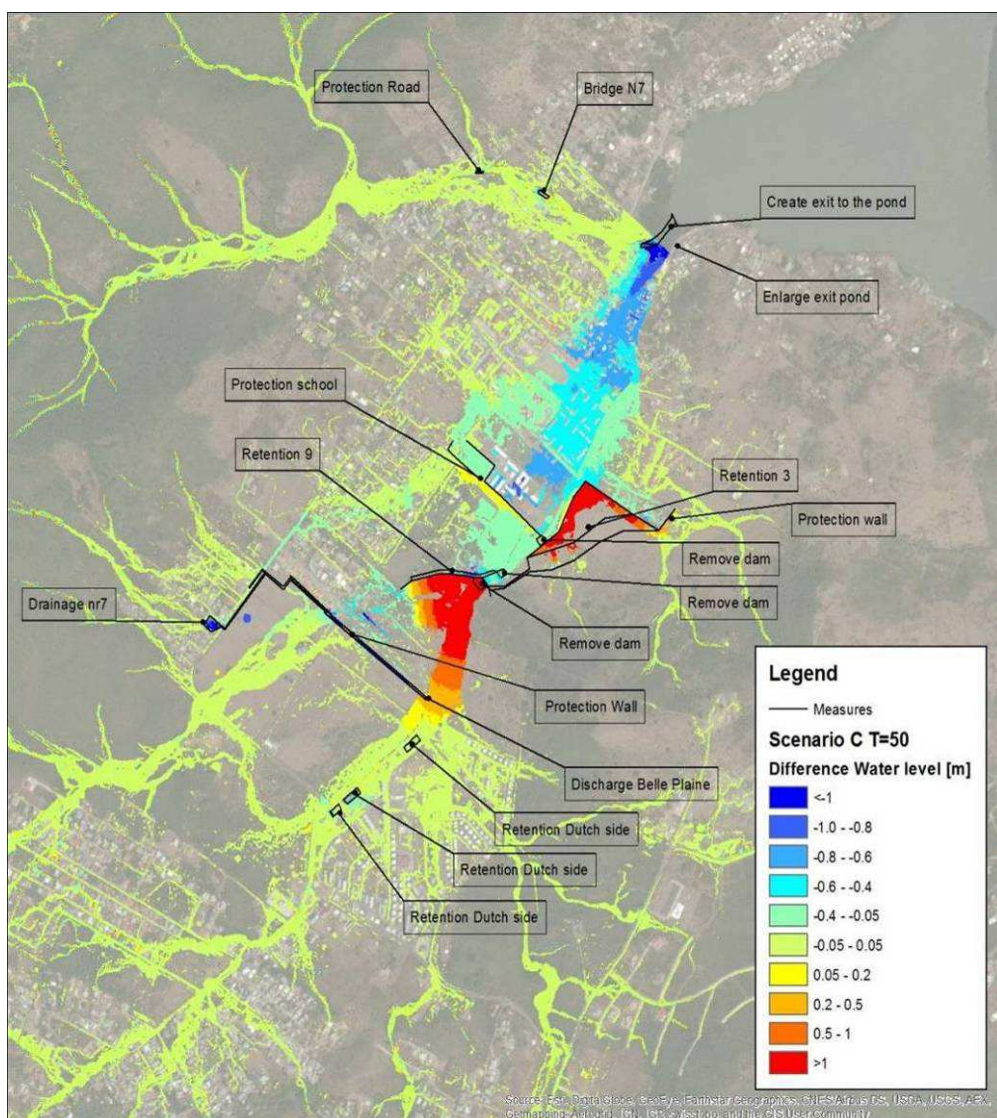


Figure 25 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario C – Occurrence 50 ans

T = 100 ans – scénario C

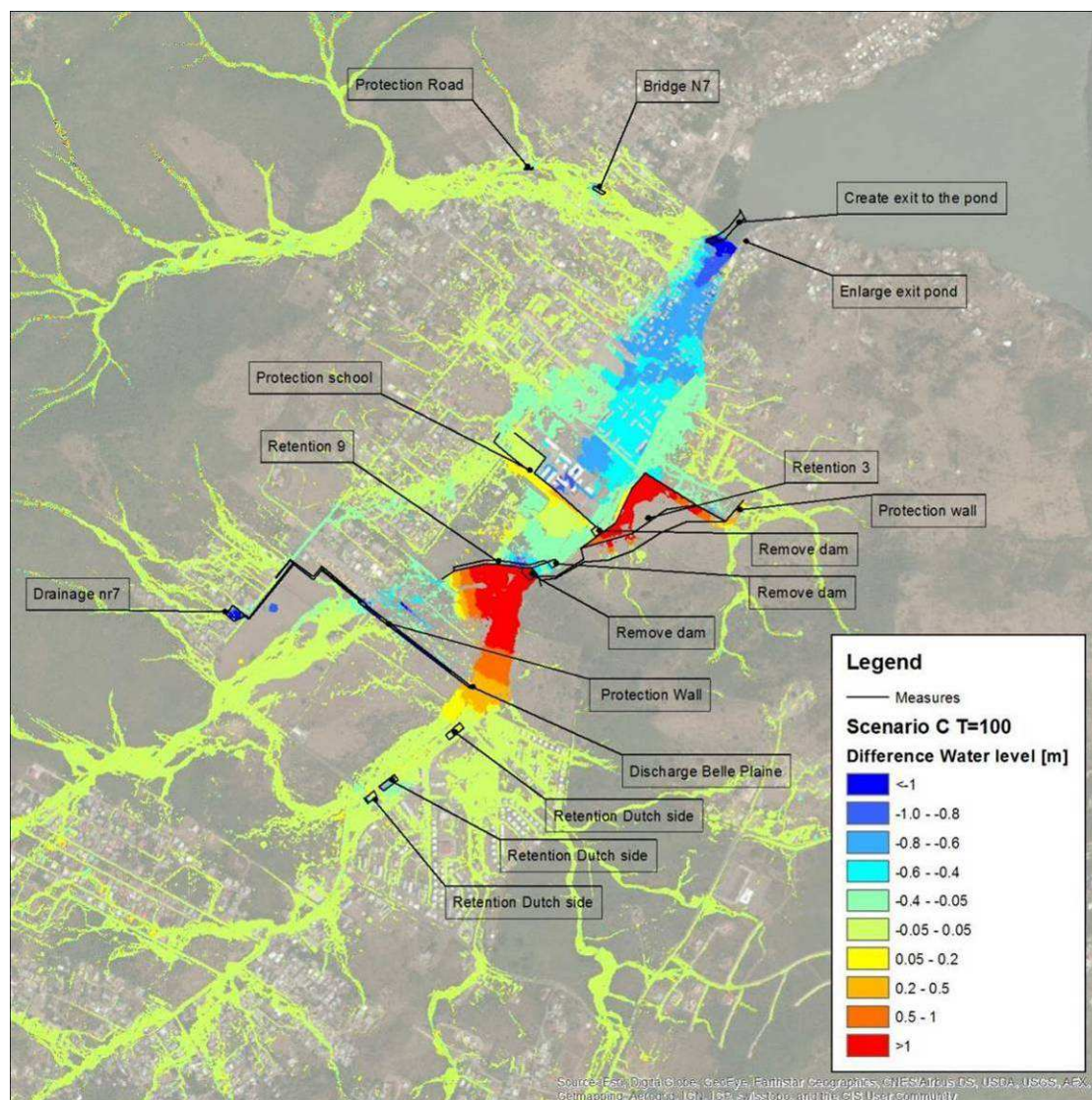


Figure 26 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario C – Occurrence 100 ans

T = Lenny – scenario C

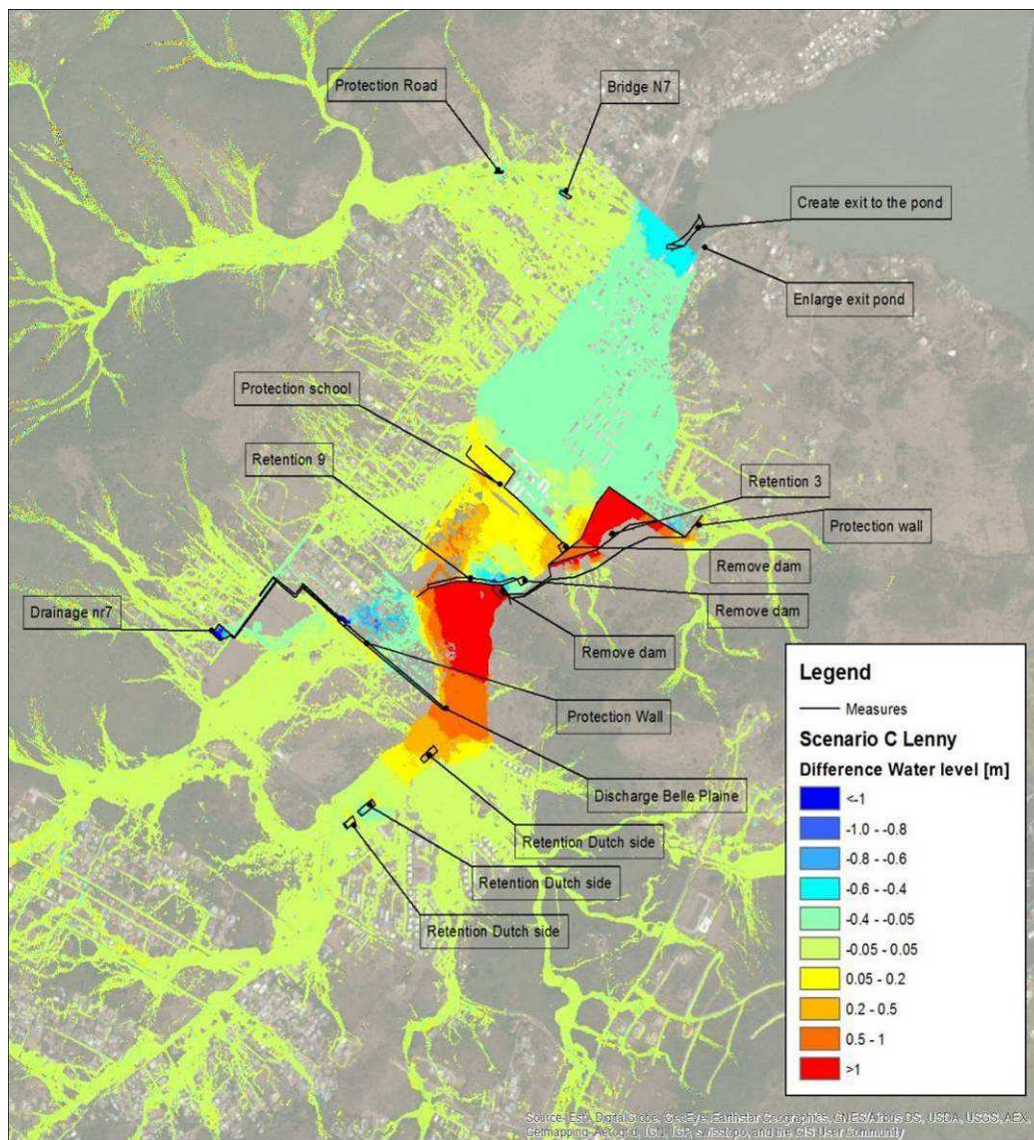


Figure 27 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario C – Lenny

5.3.5 SCENARIO E

Ne sont représentées ci-après que les incidences en hauteur d'eau (Z initial – Z projet) pour chaque scénario.

T = 10 ans – scénario E

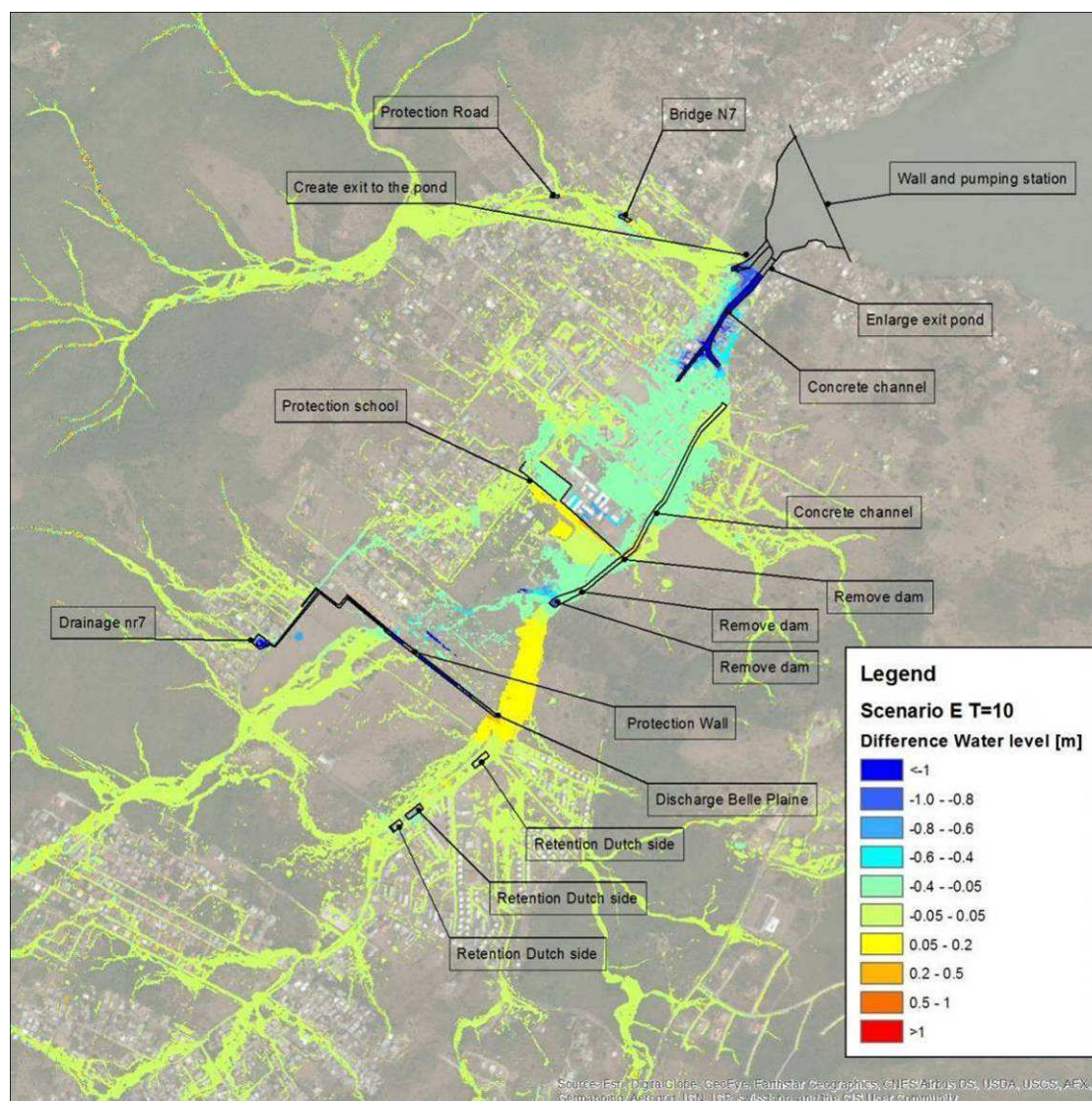


Figure 28 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario E – Occurrence 10 ans

T = 50 ans – scénario E

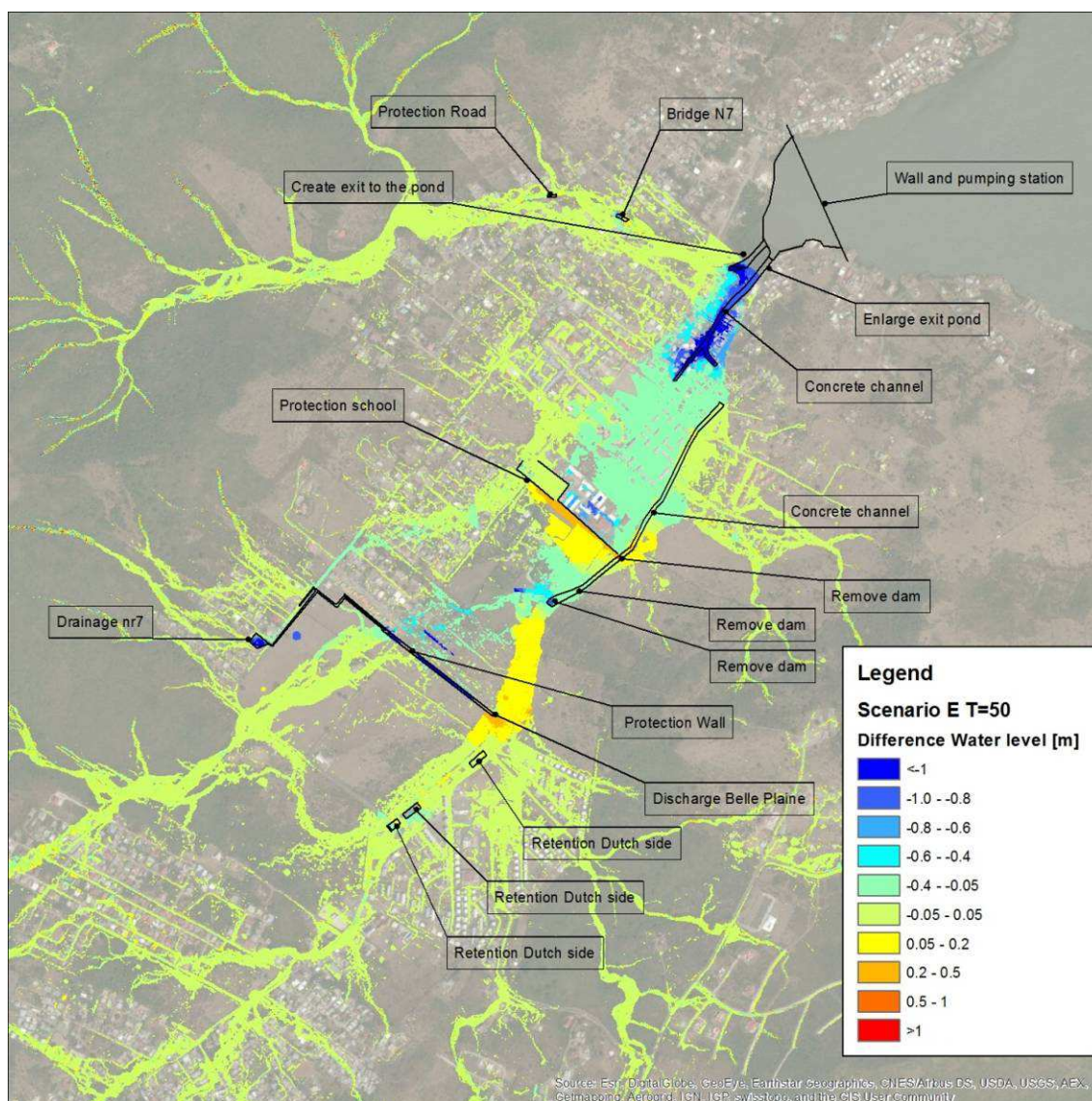


Figure 29 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario E – Occurrence 50 ans

T = 100 ans – scénario E

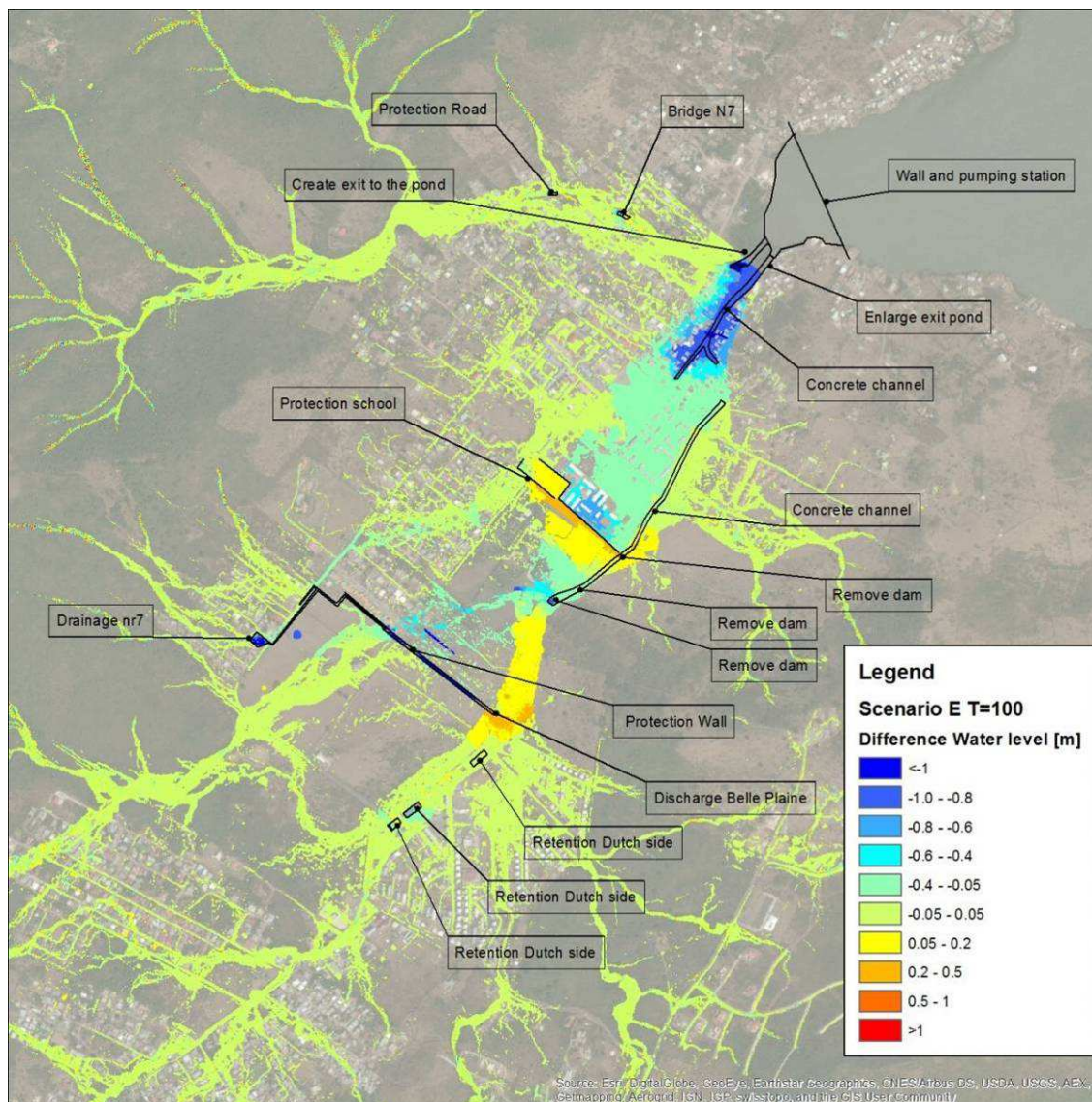


Figure 30 : Carte des différences de hauteurs d'eau en – Scénario E – Occurrence 100 ans

T = Lenny – scénario E

Concernant le scénario E, pour une crue Lenny, il n'y a pas de différence avec ou sans aménagement. La zone inondable correspond donc à celle de l'état initial.

5.3.6 SCENARIO F

Concernant le scénario de délocalisation, les zones inondables restent inchangées, ce sont celles de l'état initial.

6. ANALYSES MULTICRITÈRES (AMC) - ANALYSES COÛTS-BÉNÉFICES (ACB)

6.1 PRINCIPES ET MÉTHODOLOGIE

6.1.1 L'AMC EN REPONSE AUX LIMITES DE L'ACB SEULE

Le recours à l'analyse coûts-bénéfices (ACB), en particulier dans le cadre de la procédure de labellisation de la deuxième génération de PAPI, s'est accompagné d'une prise de conscience des « limites » intrinsèques de l'outil pour mesurer la pertinence économique d'un projet. L'ACB évalue en effet l'efficacité (ou rentabilité) d'un projet en calculant la valeur nette (ou avantages nets) produite par ce projet : montant des bénéfices potentiels auquel sont soustraits les coûts associés au projet.

L'AMC est construite pour répondre aux limites identifiées de l'ACB et propose de caractériser, en plus des dommages tangibles, les dommages intangibles. Le tableau suivant explicite la logique de l'extension de l'ACB à l'AMC par le recours à de nouveaux indicateurs.

	Dommages tangibles		Dommages intangibles	
	Directs	Indirects	Directs	Indirects
ACB	X	(X)		
Nouveaux indicateurs		(X)	X	X

Figure 31 : Dommages captés par l'ACB et limites. Source : CGDD

Ce tableau rappelle que l'ACB intègre déjà les dommages tangibles (dommages directs et certains dommages indirects comme les pertes d'exploitation) ; il montre que de nouveaux indicateurs sont nécessaires pour permettre de prendre en compte dans l'analyse les dommages non évalués monétairement (donc essentiellement les dommages intangibles).

6.1.2 LES INDICATEURS DE L'AMC : INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES ET SYNTHÉTIQUES

L'outil de l'AMC se construit autour de deux séries d'indicateurs :

- ➞ des indicateurs qualifiés d'élémentaires ;
- ➞ et des indicateurs synthétiques.

Les indicateurs élémentaires permettent d'identifier et de qualifier précisément les bénéfices et les coûts attendus d'un projet. Ils constituent une aide directe aux porteurs de projets dans la construction de leur stratégie de protection contre les inondations dans la mesure où ils permettent de répondre aux objectifs suivants :

- ➞ approfondir la connaissance de la vulnérabilité du territoire, (se reporter au chapitre relatifs aux enjeux) ;
- ➞ évaluer si le projet est pertinent et équilibré (répartition des bénéfices sur le territoire, et par nature d'enjeux).

Les indicateurs synthétiques permettent, quant à eux, d'évaluer :

- ➞ l'efficacité du projet, c'est-à-dire dans quelle mesure il satisfait aux objectifs fixes,
- ➞ le rapport coût-efficacité du projet, c'est-à-dire dans quelle mesure il atteint ses objectifs à moindre coût,
- ➞ et l'efficience (ou rentabilité) du projet, c'est-à-dire dans quelle mesure il produit de la valeur nette (les bénéfices engendrés dépassent les coûts du projet).

6.1.2.1 Indicateurs élémentaires de l'AMC

Les indicateurs élémentaires ont été construits autour des objectifs-clé de la politique nationale de prévention des inondations portée par le Ministère du Développement Durable.

Les objectifs sont les suivants :

- ➡ la mise en sécurité des personnes (I),
- ➡ la réduction des dommages aux biens (II),
- ➡ l'amélioration de la résilience du territoire/la réduction de la vulnérabilité (III).

Ces indicateurs sont :

- ➡ soit non monétaires (P1 à P11) : ils sont traités dans le chapitre 6.2) ;
- ➡ soit monétaires (M1 a M6) : ils seront traités dans l'ACB (cf. chapitre 6.3).

Objectifs	Sous Objectifs		Axes de la Directive Inondation	N°	Indicateurs élémentaires
Générer des bénéfices ...	I	Mise en sécurité des personnes Santé humaine	Santé humaine	P1	Nombre de personnes habitant en ZI et part communale
				P2	Part des personnes habitant dans des logements de plain-pied en ZI par commune
				P3	Capacités d'accueil des établissements sensibles en ZI
				P4	Part de bâtiments participant directement à la gestion de crise situés en ZI.
	II	Réduction des dommages aux biens (et réduction des pertes d'exploitation)	Economie	M1	Dommages aux habitations
				M2	Dommages aux entreprises
				M3	Dommages aux activités agricoles
				M4	Dommages aux établissements publics
	III	Amélioration de la résilience du territoire		M7	Dommages aux réseaux
				P5	Trafic journalier des réseaux de transport en ZI.
				P6	Part d'entreprises aidant à la reconstruction après une inondation dans les communes exposées.
				P7	Nombre d'emplois en ZI
	IV	Protection de l'environnement	P8	Stations de traitement des eaux usées en ZI : charge journalière entrante en moyenne annuelle	
			P9	Déchets : capacités de traitement et de stockage en ZI	
P10			Nombre de sites dangereux en en ZI		
V	Protection du patrimoine culturel	Patrimoine	P11	Nombre de bâtiments patrimoniaux et de sites remarquables en ZI.	
... à moindre coût				M5	Coûts d'investissement

Tableau 2 : Objectifs et indicateurs élémentaires de l'AMC - Source : CGDD

6.1.2.2 Indicateurs synthétiques (analyse synthétique)

Le tableau suivant détaille les indicateurs synthétiques qui seront analysés dans le cadre de l'AMC-ACB.

Objectifs	Indicateurs synthétiques	Abréviations	Indicateurs monétaires
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants	Indicateurs non monétaires
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emploi	
	Rapport des dommages évités (moyens annuels) grâce au projet sur les dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA/ DMA sc. de référence	Indicateurs monétaires
Coût / efficacité	Coût total moyen du projet par habitant protégé grâce au projet	C/ NEMA habitants	
	Coût total moyen du projet par emploi protégé grâce au projet	C/ NEMA emploi	
Efficienne	Valeur Actualisée Nette du projet	VAN	
	Ratio des bénéfices générés par le projet sur le coût du projet	B/C	

Tableau 3 : Objectifs et indicateurs synthétiques de l'AMC. Source : CGDD

On distingue :

- ➡ les **indicateurs d'efficacité** qui synthétisent l'information sur les enjeux principaux protégés par le projet (population emploi et biens) (Voir partie AMC chapitre 6.2).
- ➡ les **indicateurs de rapport coût-efficacité** synthétisent l'information comparant les coûts aux bénéfices non monétarisés. Ils permettent d'évaluer le coût que la société consent pour protéger les enjeux principaux. (Voir partie AMC chapitre 6.2).
- ➡ la **VAN et le rapport B/C** qui synthétisent l'information comparant les coûts aux bénéfices monétarisés. Ils donnent une mesure de la production de bien-être du projet pour la société (voir partie ACB chapitre 6.3).

6.2 ANALYSE MULTICRITÈRES DES INDICATEURS NON MONÉTAIRES

Objectifs : détermination de NEMA habitants, NEMA emplois et autres indicateurs élémentaires

6.2.1 NOMBRE (MOYEN ANNUEL) D'HABITANTS PROTÉGÉS PAR LE PROJET – NEMA HABITANTS

Pour la détermination du bâti dans l'enveloppe inondable, un croisement a été réalisé entre la donnée LIDAR réalisé dans le cadre de la présente mission (digitalisation du bâti) et les cartographies des zones inondables

Tout bâti à l'intérieur de l'enveloppe inondable ou intercepté par cette dernière est considéré comme inondable.

A partir de la population légale en vigueur au 1er janvier 2015 (source : INSEE), la population potentiellement inondable est approchée en appliquant la proportion de bâti en zone potentiellement inondable à la population totale.

L'hypothèse est donc faite qu'il y a une distribution égale de la population par bâti sur tout le territoire.

6.2.2 NOMBRE (MOYEN ANNUEL) D'EMPLOIS PROTÉGÉS PAR LE PROJET – NEMA EMPLOIS

La détermination des emplois protégés se base sur le croisement :

-  des enjeux activités en zones inondables ;
-  les données relatives aux emplois issus des données de terrain.

6.2.3 AUTRES INDICATEURS NON MONÉTARISABLES

6.2.3.1 Enjeux de protection de l'environnement

L'Étang aux Poissons, exutoire naturel des ravines de Quartier et Paradis est situé immédiatement en aval des zones inondées. Cet étang est fait partie de la réserve naturelle de Saint Martin et est classée RAMSAR.

En cas d'inondation, la qualité de ce site naturel riche et sensible est susceptible de se retrouver dégradé par :

Tableau 4 : Objectifs et indicateurs élémentaires de l'AMC. Source : CGDD

-  une pollution de l'eau issue de la vidange des systèmes d'assainissement autonome inondés, et des autres sources de pollutions potentielles.

6.2.3.2 Attentes des habitants et stress psychologique

Même s'il est bien certain que la construction de bassins de rétention ne permettra pas de régler définitivement la problématique des inondations, elle permettra néanmoins d'en réduire considérablement l'impact sur un grand nombre d'habitations et d'enjeux. L'attente des habitants vis-à-vis de la réalisation de ce projet est d'autant plus grande qu'il est annoncé depuis longtemps.

En contrepartie, la réalisation des ouvrages pourrait engendrer une inquiétude de la part des riverains situés directement à l'aval de ceux-ci. Cela concerne quelques habitations situées en aval de l'implantation des ouvrages.

Il convient en parallèle d'insister sur les bénéfices que ces riverains retireront de la réalisation des ouvrages en termes de réduction d'impact des inondations lors des crues courantes.

6.2.4 RÉSULTATS

Les résultats des indicateurs non monétarisables sont joints à ceux monétarisables, au chapitre de synthèse 6.4.

6.3 ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES – ANALYSE DES INDICATEURS MONÉTAIRES

Objectifs : détermination des DMA, DEMA, et VAN.

6.3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX D'UNE ANALYSE ÉCONOMIQUE

L'analyse économique des projets de protection contre les crues est aujourd'hui une exigence de plus en plus forte des partenaires financiers de ces projets.

La première vocation de l'analyse économique est de permettre aux financeurs d'apprécier les **coûts et les bénéfices collectifs attendus des projets**. Elle permet d'apprécier si les bénéfices attendus d'un projet sont supérieurs ou non à ses coûts, et donc si le projet est économiquement opportun du point de vue de la collectivité. On notera qu'en matière d'inondation, **les bénéfices représentent essentiellement les dommages évités**.

L'analyse économique se définit ainsi sur base de deux composantes complémentaires :

- ➡ **L'estimation des dommages et du risque en situation existante** (sans le projet). Elle nécessite notamment un recensement des enjeux aussi précis que possible.
- ➡ **L'estimation des dommages et du risque en situation projetée (après réalisation de l'aménagement)**. Cette deuxième phase a pour objet d'évaluer l'intérêt à mettre en œuvre un aménagement visant à réduire le risque identifié.

La comparaison des coûts induits lors de ces deux situations permet d'estimer le gain attendu par le projet pour la collectivité. Celui-ci pourra être positif ou négatif.



Figure 32 : Principe de l'analyse coût-bénéfice

6.3.2 MÉTHODOLOGIE DE L'ANALYSE COÛT-BÉNÉFICE

6.3.2.1 Choix de la méthode

La méthode retenue dans la présente étude pour mesurer les bénéfices d'un projet est celle « *des dommages évités* ».

Elle est particulièrement bien adaptée pour s'appliquer aux mesures structurelles, pour lesquelles la modélisation hydraulique permet relativement aisément de quantifier les paramètres hydrauliques (et leur variation en fonction des aménagements envisagés) qui influent sur l'ampleur des dommages.

Les mesures dites « *structurelles* » sont celles qui agissent sur l'aléa : endiguement, recalibrage, rectification, ouvrages de rétention...

6.3.2.2 Étapes clés de mise en œuvre d'une analyse économique

L'analyse économique d'une problématique liée au risque d'inondation se décompose en quelques grandes étapes :

1. Cartographier les enveloppes de crues à l'état initial et après réalisation du projet. (cf. chapitre 5) ;
2. Identifier des enjeux dans l'enveloppe de crue et définir pour chaque enjeu recensé des matrices d'endommagement, à savoir **les coûts associés aux paramètres de la zone d'aléa dans laquelle se trouve l'enjeu** (ex : coûts dépendant de la hauteur, de la vitesse, de la durée de submersion). (cf. chapitre 4) ;
3. **Estimer les coûts des dommages en situation actuelle et en situation projetée** afin de définir **les dommages évités annuellement (DMA)**, autrement dit le bénéfice lié au projet (présent chapitre) ;
4. **Déterminer les coûts de construction et d'entretien** des aménagements ainsi que leur durée de vie (présent chapitre) ;
5. **Calculer la Valeur Actualisée Nette des aménagements.** La VAN est un indicateur synthétique fournissant une aide à la décision de réaliser ou non un projet visant à la réduction du risque inondation (présent chapitre).

6.3.2.3 Calculs des dommages

6.3.2.3.1 Principe général

Les méthodes standards permettent de calculer les dommages potentiels provoqués par une inondation pour les enjeux « **habitat** », « **entreprises** » « **infrastructures** » et « **agriculture** ». Pour ces quatre types d'enjeux, sont utilisées des fonctions de dommages.

Les fonctions de dommages utilisées dans cette étude décrivent le lien entre l'intensité de l'inondation et les dommages qu'elle occasionne. L'intensité de l'inondation est décrite par la hauteur d'eau au droit de l'enjeu considéré (la maison, l'entreprise, la parcelle agricole, etc.) : c'est le paramètre hydraulique essentiel pour calculer la plupart des dommages et, dans tous les cas, le plus facilement connu, auquel s'ajoutent la vitesse du courant, la durée de submersion, etc.

Les dommages sont exprimés en euros, soit pour une surface donnée (m², hectare, etc.), soit pour un enjeu « type » (un pavillon, une boulangerie, etc.). Globalement, plus les paramètres hydrauliques sont élevés, plus le montant des dommages est important.

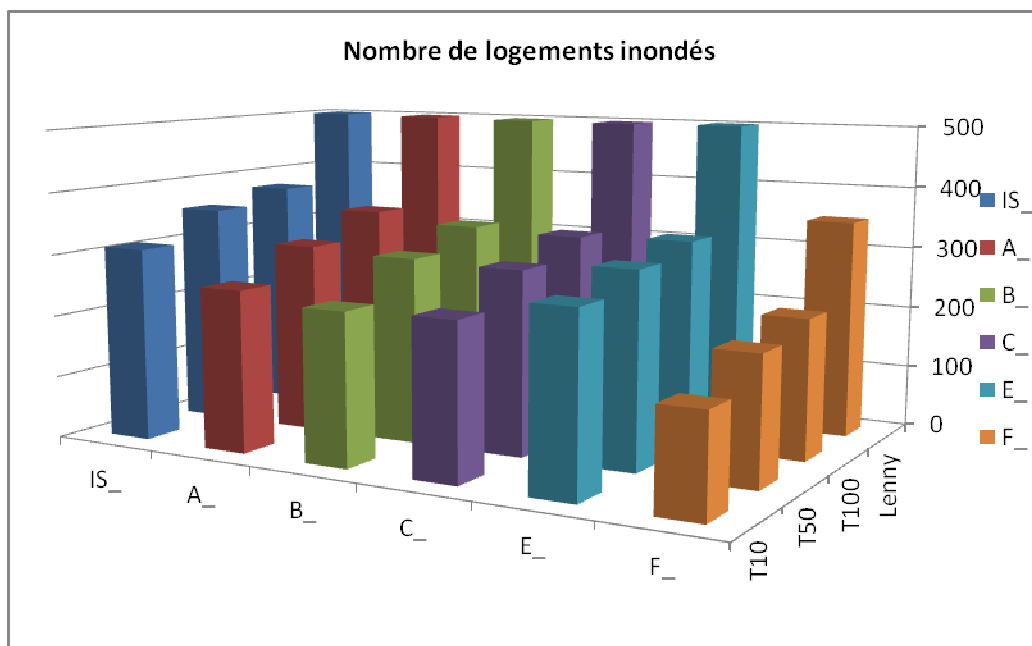
Le modèle hydraulique fournit, pour chaque enjeu, le niveau d'eau au droit de l'enjeu. Cette cote est comparée à la cote plancher issue de l'étude topographique fournissant ainsi la hauteur d'eau au droit de l'enjeu. Le coût du dommage au m² pour cette hauteur est alors tiré de la grille d'endommagement spécifique de l'enjeu et multiplié par la superficie de l'enjeu.

Ce processus est répété selon les différentes crues et les différents scénarii d'aménagement, et permet d'obtenir ainsi des tableaux de coûts selon la crue, le scénario et le type d'enjeu.

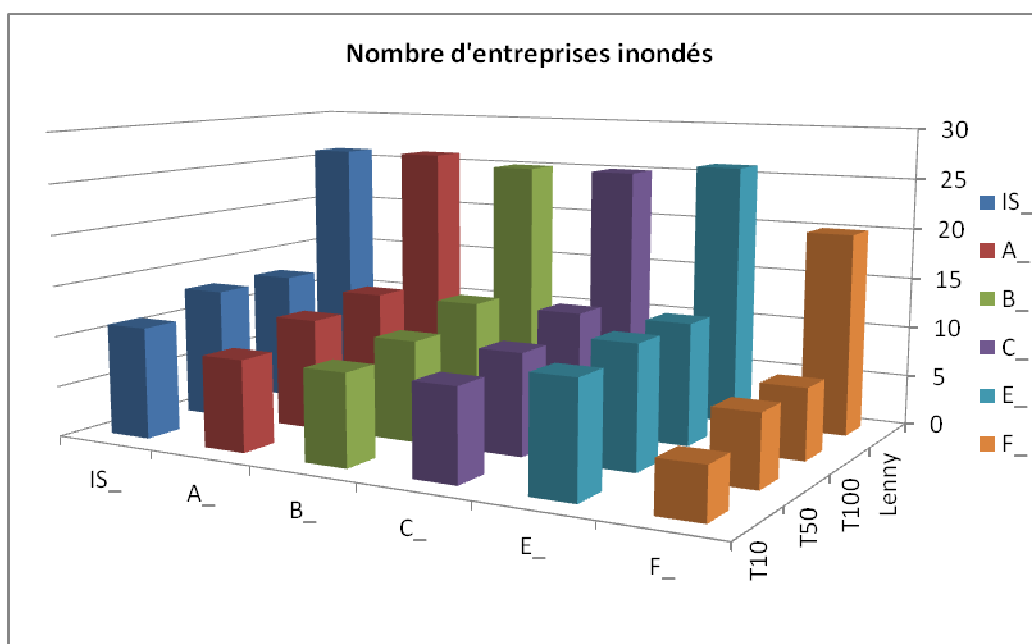
6.3.2.3.2 Détermination des bâtis et entreprises inondées

Le nombre de bâti (hors infrastructures) et d'entreprises pour lesquels la hauteur d'eau est supérieure à 1cm (début du premier palier de dégâts des grilles d'endommagement) a été déterminé pour chaque crue et selon chaque scénario⁸ :

⁸ IS : « Initial State », il s'agit de l'état initial, sans aménagement.



De même pour les entreprises :



L'identification du nombre de bâti et d'entreprises inondés pour chaque crue et selon les différents scénarii permet, en la couplant au nombre moyen d'habitants, et au nombre de salariés, de définir les différents critères de l'AMC.

6.3.2.3.3 Application – coût des dommages par enjeux – tableaux de synthèses

Les tableaux suivants reprennent les coûts (en €) estimés par catégorie d'enjeux, selon les différentes crues et les différents scénarii d'aménagement. Pour mémoire les tableaux de référence ayant permis de calculer ces coûts sont présentés en annexe.

👉 **Coût Total des dommages** (enjeux : habitat, entreprises, agriculture et infrastructures) :

€	Lenny	Q100	Q50	Q10
État Initial	25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371
Scénario A	25 140 177	12 089 079	10 947 631	8 762 512
Scénario B	24 804 084	11 345 503	10 148 496	7 651 390
Scénario C	24 567 380	10 460 041	9 329 686	7 283 898
Scénario E	25 412 948	11 162 558	10 303 654	8 625 024
Scénario F	14 390 076	6 402 448	5 893 826	4 343 339

👉 **Coût Habitat :**

	Lenny	Q100	Q50	Q10
État Initial	19 961 065	11 229 447	10 368 498	8 692 047
Scénario A	19 575 724	9 599 975	8 709 985	6 953 211
Scénario B	19 553 804	9 138 125	8 191 126	6 107 270
Scénario C	19 402 087	8 864 432	7 952 679	6 156 865
Scénario E	19 961 065	9 235 760	8 689 244	7 256 509
Scénario F	11 438 565	5 217 042	4 777 666	3 520 198

👉 **Coût Entreprise :**

€	Lenny	Q100	Q50	Q10
État Initial	3 888 244	1 639 885	1 522 524	1 216 970
Scénario A	4 002 849	1 510 268	1 450 159	1 262 422
Scénario B	3 688 872	1 344 598	1 224 380	1 096 752
Scénario C	3 638 574	1 344 598	1 224 380	982 367
Scénario E	3 888 244	1 344 598	1 344 598	1 216 970
Scénario F	2 321 076	732 495	732 495	477 239

Coût Agricole

€	Lenny	Q100	Q50	Q10
État Initial	52 725	43 125	43 123	40 246
Scénario A	52 730	41 725	39 337	36 436
Scénario B	52 726	45 847	42 953	40 251
Scénario C	52 726	45 847	42 953	40 251
Scénario E	52 725	43 123	39 317	36 614
Scénario F	52 725	43 125	43 123	40 246

Coût Infrastructure :

€	Lenny	Q100	Q50	Q10
État Initial	1 510 914	1 118 086	1 019 694	945 109
Scénario A	1 508 874	937 111	748 150	510 443
Scénario B	1 508 682	816 932	690 036	407 118
Scénario C	1 473 993	205 164	109 674	104 416
Scénario E	1 510 914	539 077	230 496	114 932
Scénario F	577 710	409 785	340 542	305 656

Ces tableaux mettent en évidence que la majeure partie des coûts est liée aux dommages sur l'habitat (environ 80% du coût total).

6.3.2.3.4 Application – répartition du coût des dommages par type de crue

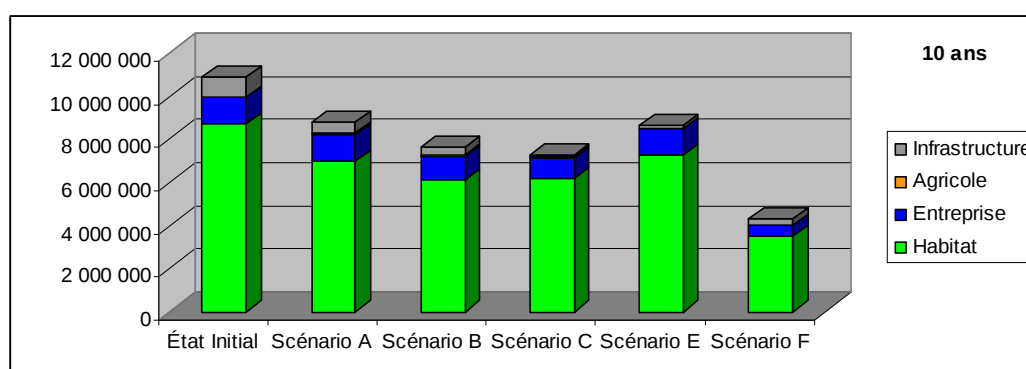


Figure 33 : Coût des dommages par scénario – 10 ans

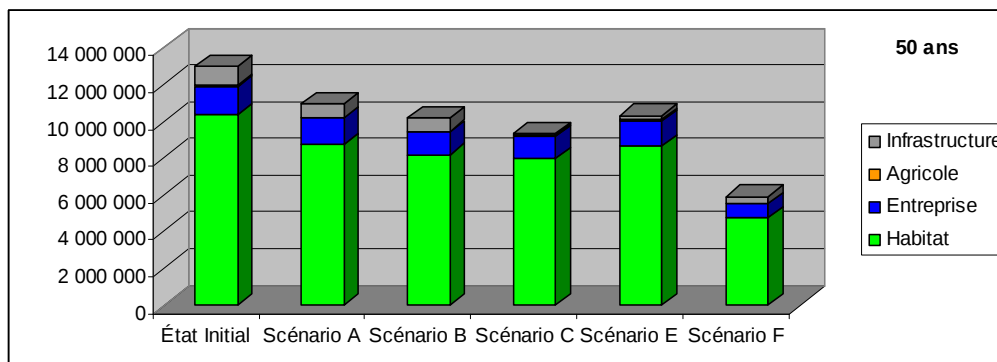


Figure 34 : Coût des dommages par scenario – 50 ans

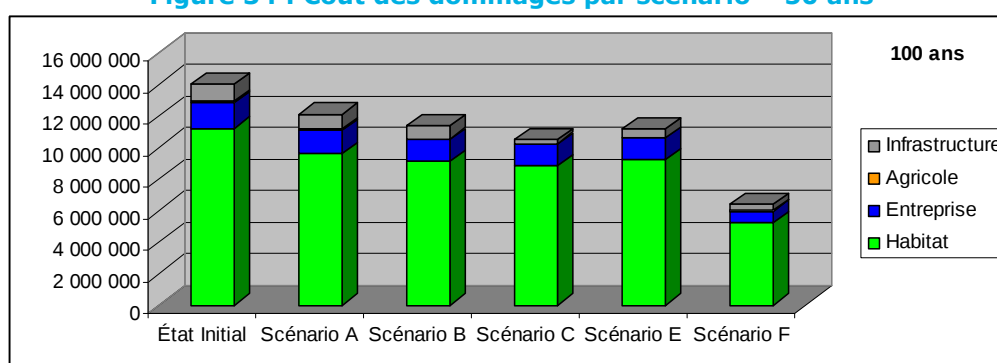


Figure 35 : Coût des dommages par scenario – 100 ans

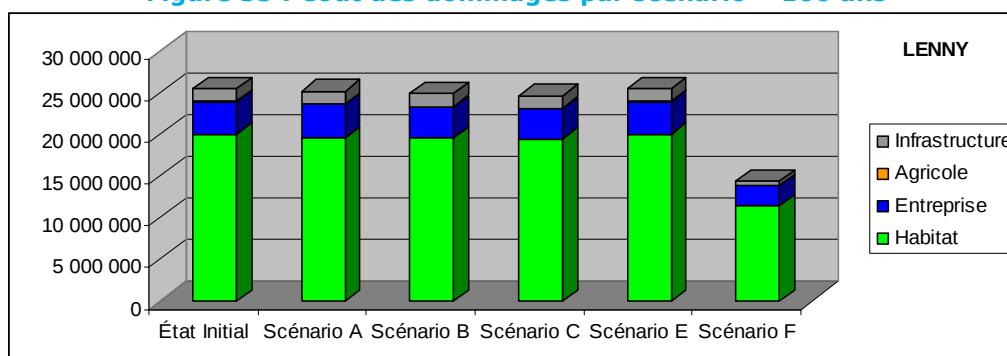


Figure 36 : Coût des dommages par scenario – Lenny

Ces graphiques illustrent l'importance de la part de l'habitat dans le coût des dommages. Les entreprises sont la deuxième origine des coûts, suivies par l'infrastructure puis l'agriculture.

6.3.2.4 Détermination des bénéfices liés au projet ou dommages évités

6.3.2.4.1 Principe de calculs

En matière d'ACB « Inondations », les bénéfices du projet correspondent aux dommages évités par le projet.

Il s'agit donc d'évaluer les dommages potentiels en l'état actuel (sans projet) et en l'état futur (une fois le projet réalisé).

Ces dommages doivent être calculés pour les crues caractéristiques disponibles : au moins trois. En effet, le calcul du coût moyen annuel des dommages nécessite de construire la courbe des dommages en fonction de la fréquence des crues. Cette construction se fait par interpolation entre les valeurs disponibles des montants de dommages associés à ces crues. Plus grand est le nombre de valeurs disponibles, meilleure est l'interpolation.

Dans le cadre de notre étude, quatre crues sont utilisées : QLenny, Q100, Q50, Q10.

Pour une crue donnée, le calcul des dommages est réalisé par croisement de l'aléa hydraulique (surface inondée, hauteurs de submersion...) avec la carte d'occupation des sols (les enjeux) et l'intégration des fonctions de dommages relatives à ces différents enjeux.

Les dommages totaux pour chaque crue caractéristique permettent de construire une relation de dommages (montant) en fonction de la fréquence des crues, qui génère un **dommage moyen annualisé (DMA ou coût moyen annuel)**.

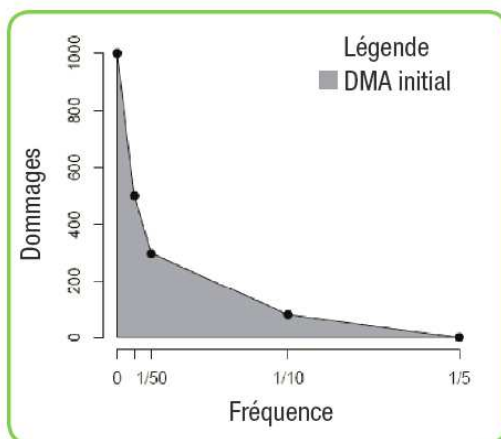


Figure 37 : Courbe du Dommage Moyen Annualisé – DMA
(source : Guide méthodologique ACB – DREAL Rhône –Alpes)

Autrement dit, il s'agit de la somme des dommages associés aux différentes fréquences des crues considérées. Ceci permet de probabiliser le dommage en le ramenant à une année moyenne.

La formule utilisée est la suivante :

$$DMA = \sum_{a,b,c,\dots} \frac{(D_a + D_b) * (F_b - F_a)}{2}$$

Avec

- Da : Dommages totaux calculés pour une crue de fréquence Fa
- Db : Dommages totaux calculés pour une crue de fréquence Fb
- Fa : Fréquence d'apparition d'une crue a
- Fb : Fréquence d'apparition d'une crue b
- a < b

Deux points sont particulièrement importants pour la construction de cette relation (courbe) dommages potentiels / fréquence des crues :

- Le point correspondant aux dommages pour une crue de période théoriquement infinie (fréquence annuelle de dépassement proche de zéro). Par convention, on pose que le montant de ces dommages est égal à 1,5 fois les dommages de la crue centennale ;

Le point correspondant à la période de retour de la crue à partir de laquelle on observe les premiers dommages. Afin d'appréhender cette crue, il a été considéré que le coût des dommages liés aux inondations est linéaire entre la crue décennale et la crue de période de retour 1 an.

Ce **dommage moyen annualisé est calculé pour le scénario sans aménagement** (état actuel) **et pour les scénarii avec aménagement** (état futur). **C'est la comparaison entre les deux qui donne le gain en dommages évités à attendre du projet** (dommage évité moyen annualisé - DEMA).

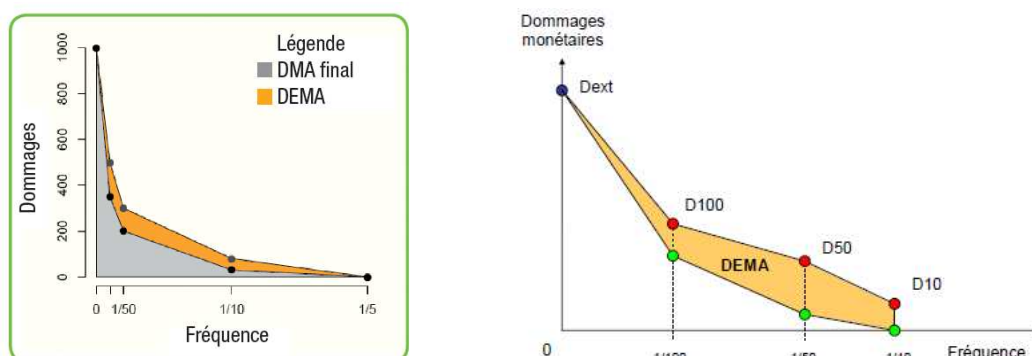


Figure 38 : Courbe du Dommage Évité Moyen Annualisé - DEMA
 (source : Guide méthodologique ACB – DREAL Rhône –Alpes)

Ce gain sera décomposé par enjeu (habitat, entreprises, agriculture, etc.).

Si le projet doit être réalisé par tranches successives s'étalant sur plusieurs années, **la progression du gain sera établie au fur et à mesure de la réalisation du projet**. Cette information est utile pour hiérarchiser des ordres de priorité (hiérarchisation par ailleurs subordonnée à d'autres impératifs).

Cette décomposition du dommage évité moyen annualisé permet de mieux expliciter qui sont les « gagnants » et les éventuels « perdants » du projet d'aménagement, d'un point de vue sectoriel et d'un point de vue géographique.

6.3.2.4.2 Annualisation des dommages évités

La pondération de ces dommages au regard de la probabilité d'apparition des crues permet d'obtenir des dommages moyens annualisés en situation initiale (DMA initial) et projetée (DMA projet).

Ainsi DMA initial = 6 215 856 €

6.3.3 APPLICATIONS – DOMMAGE FUTURS – DOMMAGES ÉVITÉS PAR SCÉNARIO

Le détail des résultats est présenté en annexe et une synthèse des résultats figure au chapitre 6.4.

Les graphiques ci-dessous présentent, pour chaque scénario :

- ➡ Le coût des dommages initiaux (sans aménagement) et des dommages projetés (après aménagement) ;
- ➡ Le coût des dommages évités.

6.3.3.1 Scénario A

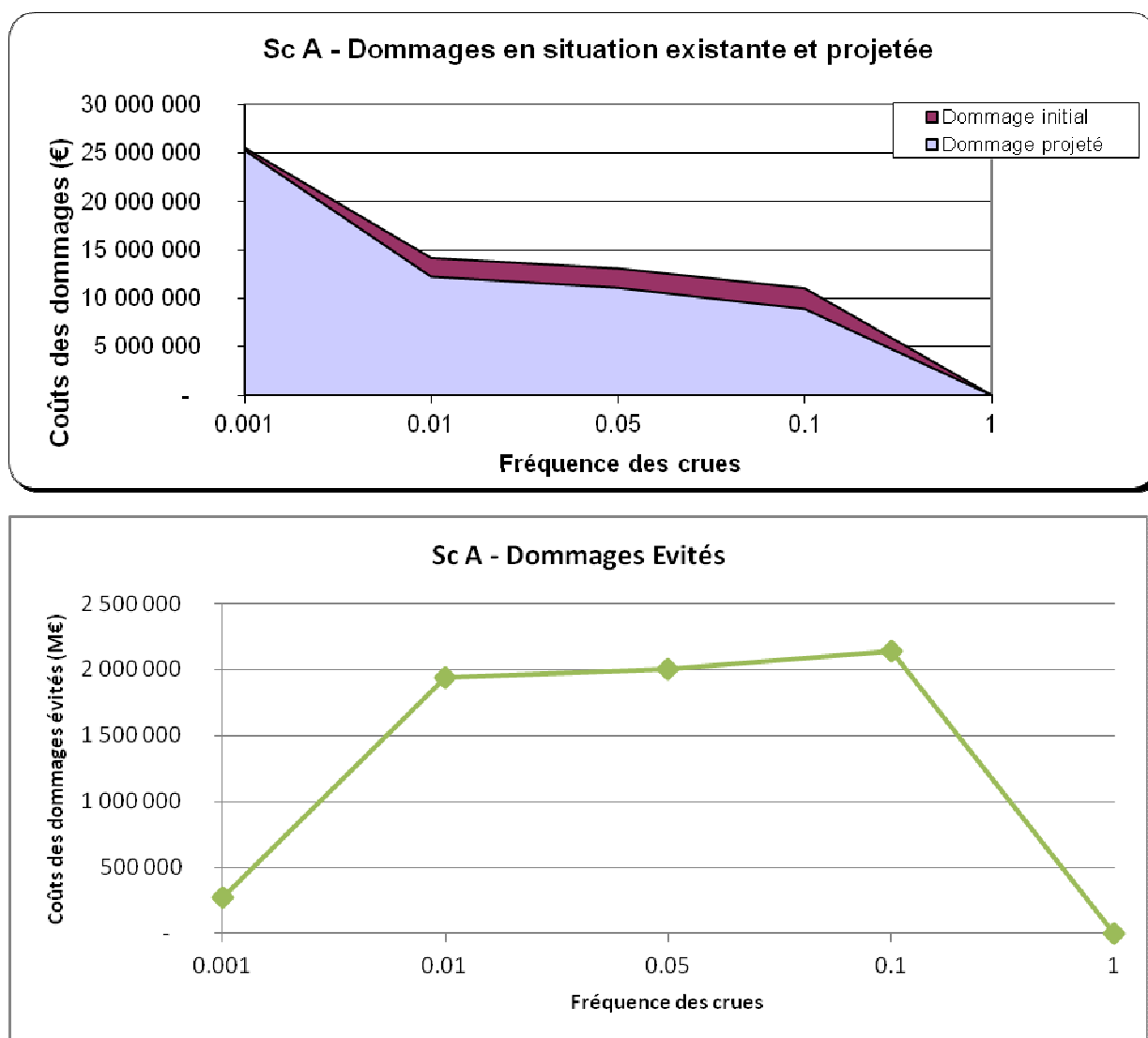


Figure 39 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario A

Le dommage évité moyen annuel (DEMA) du scénario A est de **1 153 432 €**.

Cela correspond aux économies réalisées chaque année après aménagement en tenant compte des différentes fréquences de crues.

6.3.3.2 Scénario B

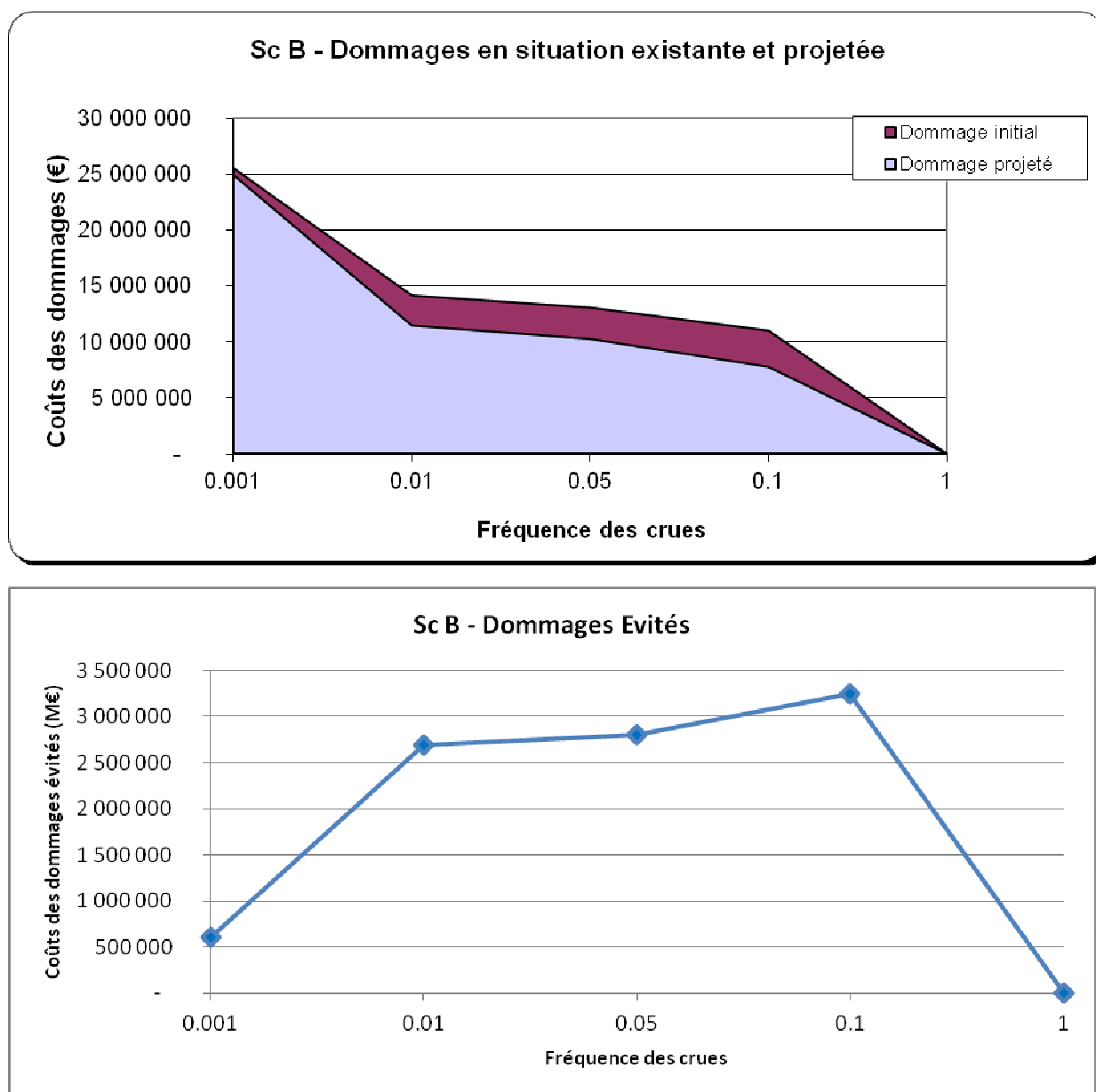


Figure 40 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario B

Le dommage évité moyen annuel (DEMA) du scénario B est de **1 735 268 €**.

Cela correspond aux économies réalisées chaque année après aménagement en tenant compte des différentes fréquences de crues.

6.3.3.3 Scénario C

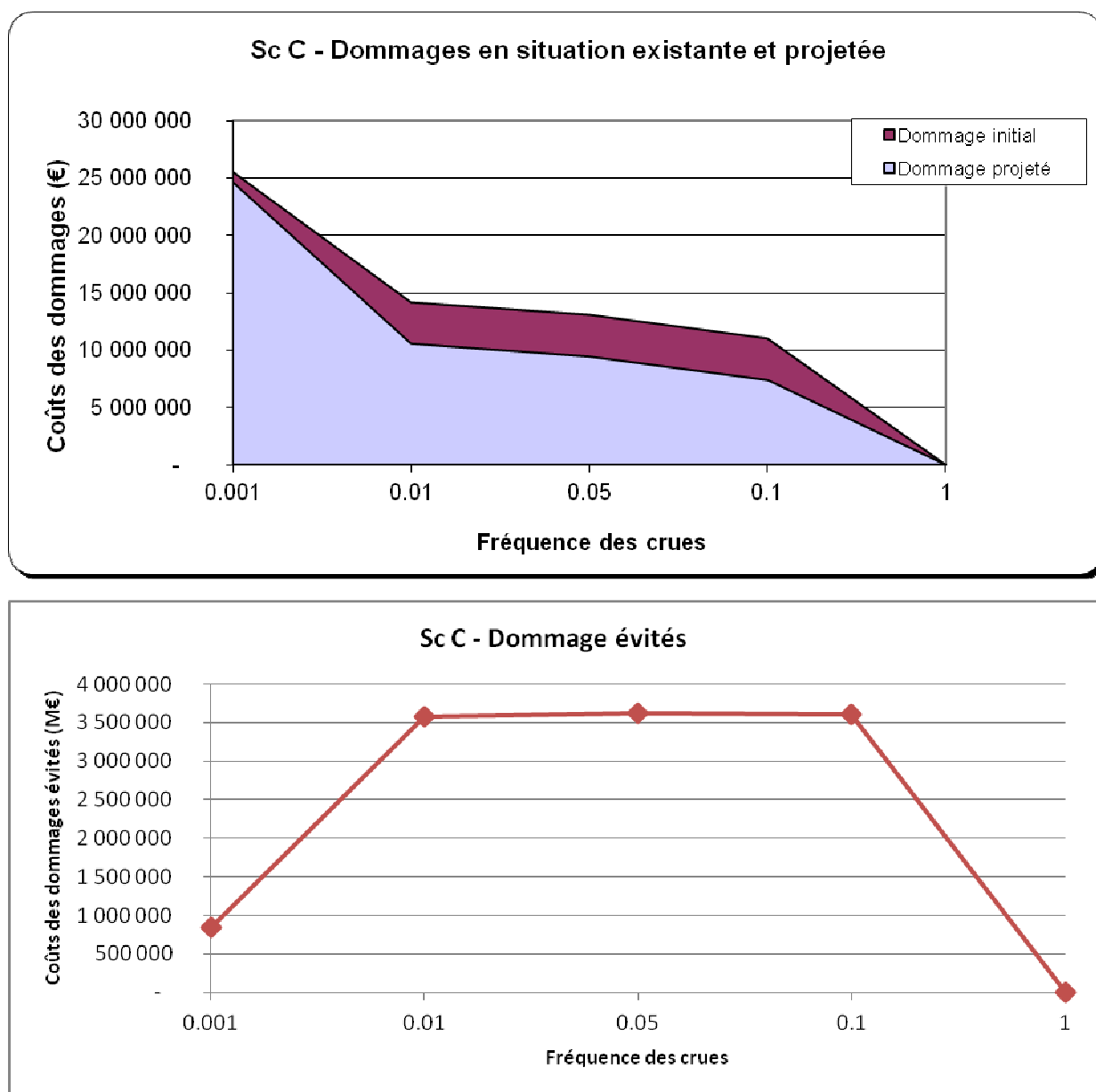


Figure 41 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario C

Le dommage évité moyen annuel (DEMA) du scénario C est de **1 969 404 €**.

Cela correspond aux économies réalisées chaque année après aménagement en tenant compte des différentes fréquences de crues.

6.3.3.4 Scénario E

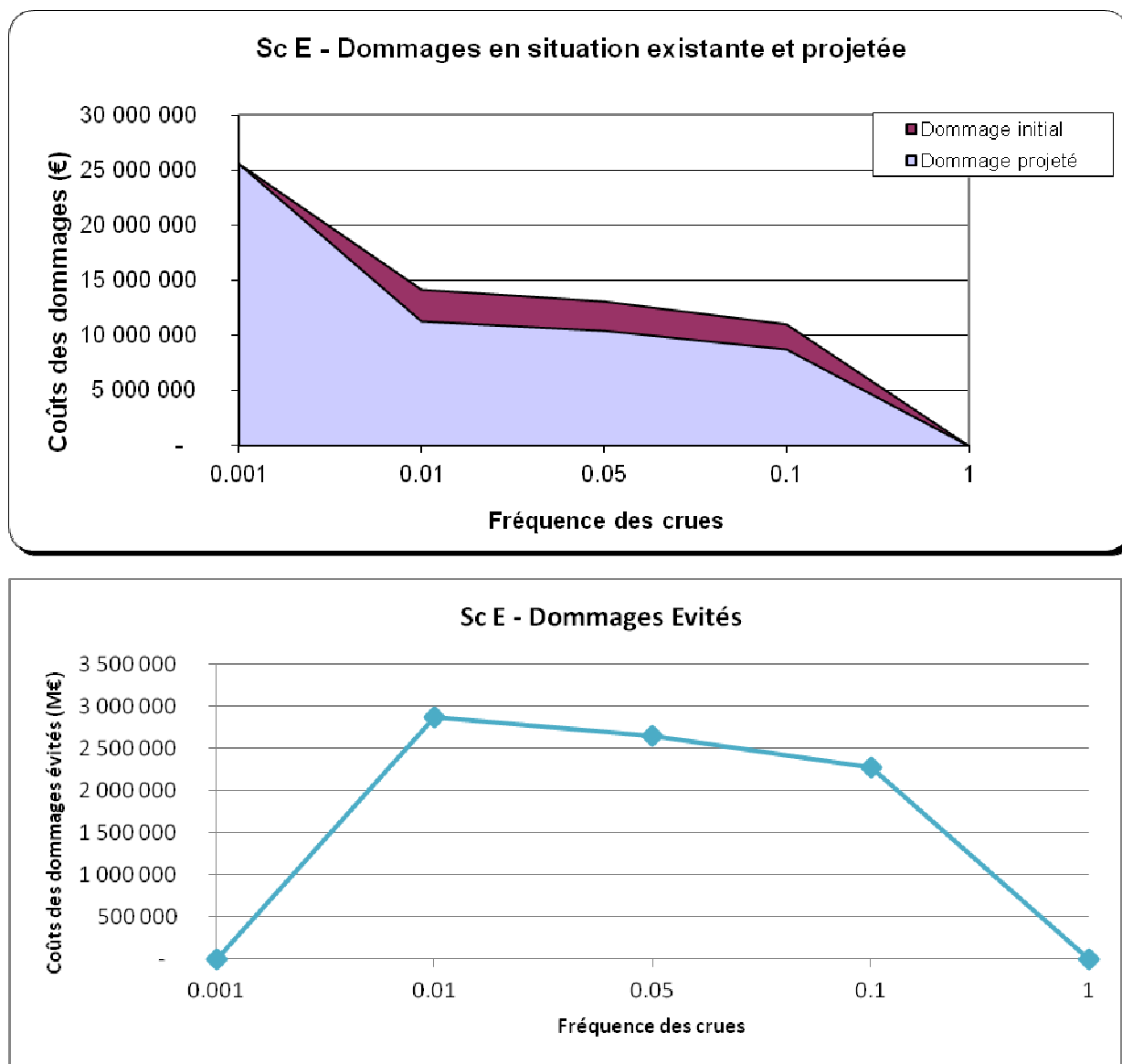


Figure 42 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario E

Le dommage évité moyen annuel (DEMA) du scénario E est de **1 266 706 €**.

Cela correspond aux économies réalisées chaque année après aménagement en tenant compte des différentes fréquences de crues.

6.3.3.5 Scénario F

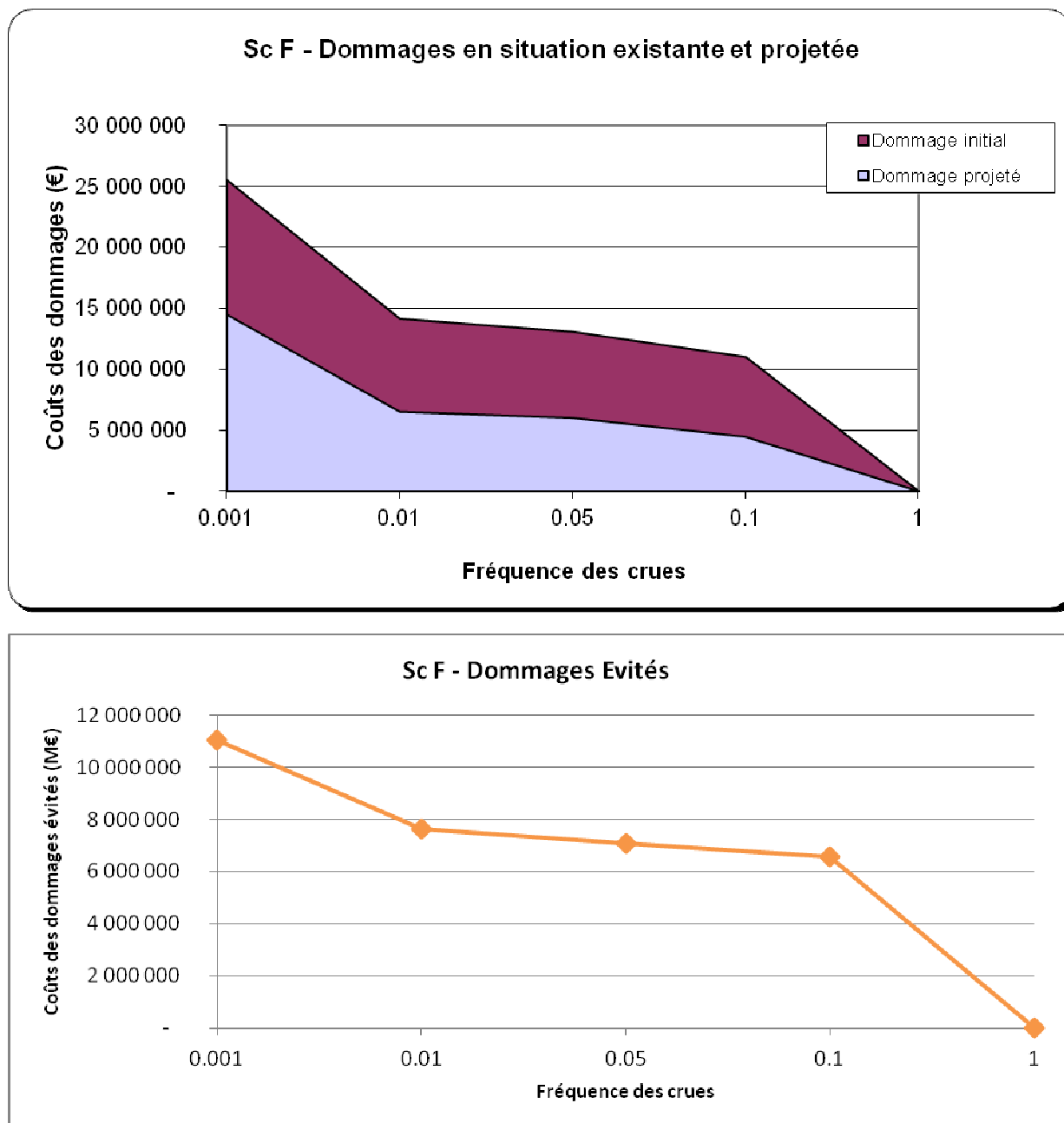
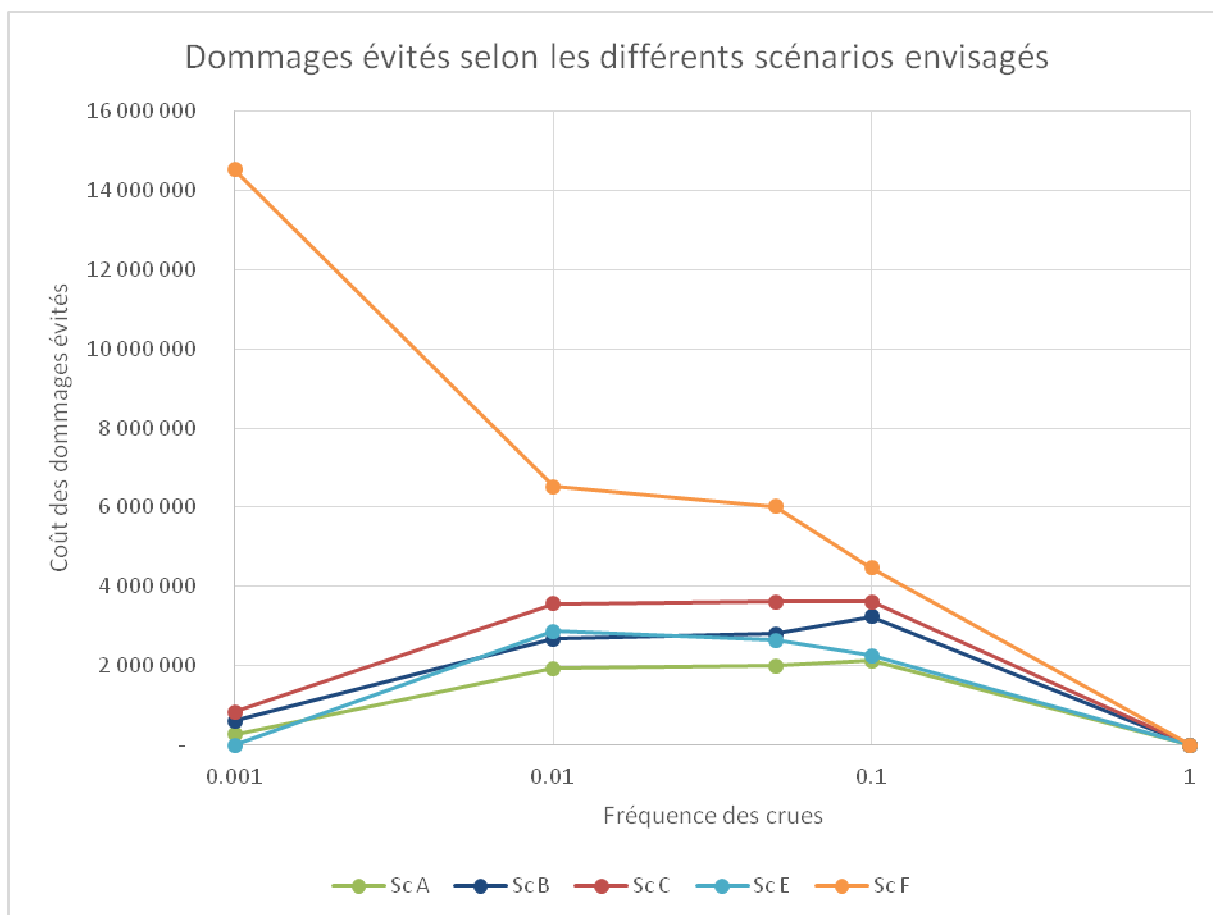


Figure 43 : Courbe des dommages en situations existante et projetée et des dommages évités – Scénario F

Le dommage évité moyen annuel (DEMA) du scénario F est de **3 665 932 €**.

Cela correspond aux économies réalisées chaque année après aménagement en tenant compte des différentes fréquences de crues.

6.3.3.6 Synthèse des dommages évités par scénario



Il ressort de ces résultats que les deux scénarii permettant d'éviter le plus les dégâts sont les scénarii F et C.

Les résultats très importants du scénario F sont liés au fait que les sources du coût des dommages (bâtis, entreprises, ...) sont délocalisés hors zone inondable.

Les crues fréquentes engendrant peu de dommage, le coût des dommages évités est faible et augmente progressivement avec les crues moins fréquentes et plus destructrices. Cette progression (scénario F mis à part), s'inverse quand la limite de protection des ouvrages devient insuffisante au regard de la puissance de la crue : les ouvrages de protection des différents scénarii sont en effet dimensionnés pour lutter jusqu'à une certaine période de retour de crue.

6.3.4 DÉTERMINATION DES COÛTS LIÉS AU PROJET

Plusieurs types de coûts sont à prendre en compte :

- ✚ Coûts des emprunts servant au financement de l'opération
- ✚ Coûts d'acquisition foncière, le cas échéant
- ✚ Coûts de construction de l'aménagement
- ✚ Coûts liés aux études préalables, à la maîtrise d'œuvre, aux dossiers réglementaires, aux négociations foncières, etc
- ✚ Coûts de fonctionnement (maintenance, entretien, gestion).

Ainsi, il est intégré à chaque scénario :

- ✚ Le coût des travaux, assortis d'un aléa de 10% ;
- ✚ Le coût des études préalables, à hauteur de 12 % du montant précédent ;
- ✚ Le coût du foncier, sur la base des surfaces nécessaires aux projets (variables – Une valeur moyenne de 10 € le m² a été retenue,)
- ✚ 1 % annuel du coût total pour l'entretien / fonctionnement.

Le graphique ci-dessous représente les coûts retenus pour chaque scénario :

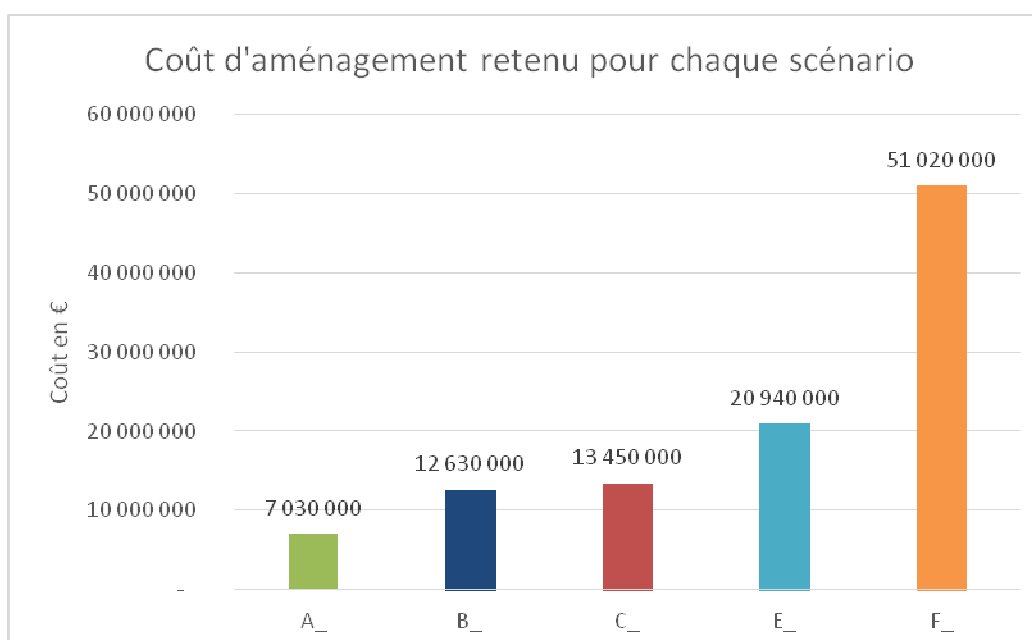


Figure 44 : Coût des aménagements par scénario

6.3.5 ÉLÉMENTS DE PERTINENCE ÉCONOMIQUES - CALCUL DE LA VALEUR ACTUELLE NETTE (VAN)

6.3.5.1 Généralités

La **valeur actuelle nette (VAN)** constitue l'indicateur final et synthétique de l'ACB, qui permet de juger de la pertinence du projet étudié. Elle correspond à la somme de tous les coûts et bénéfices actualisés du projet (qui ont pu être pris en compte), somme qui reflète sa pertinence.

La formule utilisée est la suivante :

$$VAN = \sum_0^N \frac{1}{(1+t_i)^i} (B_i - C_i)$$

Avec

- ➡ N : Horizon temporel retenu
- ➡ Bi : Bénéfice escompté l'année i (DEMA)
- ➡ Ci : Coût du projet escompté l'année i
- ➡ Ti : Taux d'actualisation (année i)

Si la VAN est négative, les coûts sont, sur la période considérée, supérieurs aux bénéfices. La règle consiste donc à regarder comme économiquement pertinent du point de vue de la collectivité tout projet présentant une VAN positive et à classer différents projets ou scénarii d'aménagement en fonction de leur VAN.

6.3.5.2 Taux d'actualisation

Le Commissariat Général au Plan définit l'actualisation : « une opération mathématique qui permet de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps : il s'agit de ramener la valeur future d'un bien, d'une dépense à une valeur actuelle... Le taux d'actualisation est un taux de substitution entre le futur et le présent ; il traduit la valeur du temps pour une entreprise ou une collectivité : c'est en quelque sorte le prix du temps ».

Autrement dit, c'est prendre en compte qu'1 € demain n'a pas la même valeur qu'1 € aujourd'hui, l'actualisation permettant de tenir compte de cette différence et de ramener les flux économiques à une même date. C'est convertir des coûts et des bénéfices futurs en une valeur actuelle.

Le Commissariat Général au Plan recommande que le taux d'actualisation public soit unique et s'applique de manière uniforme à tous les projets d'investissement publics considérés et à tous les secteurs d'activité. Il estime que le taux d'actualisation est un taux d'actualisation réel qui doit être utilisé dans des calculs effectués en monnaie constante (hors inflation).

Le taux de base est de 4%. Il est constant sur les trente premières années et décroissant avec le temps pour les évaluations qui portent sur des périodes supérieures à trente ans. La décroissance du taux d'actualisation est limitée par un plancher fixé à 2%.

Le calcul du taux d'actualisation s'appuie sur les formules suivantes :

$$a_t = 0,04$$

$$\text{si } t \leq 30$$

$$a_t = \sqrt[t]{1,04^{30} \cdot 1,02^{t-30}} - 1$$

$$\text{si } t > 30$$

6.3.5.3 Horizon temporel à retenir

L'horizon temporel correspond à la période au cours de laquelle les coûts et les bénéfices seront comptabilisés. Il ne se réfère pas forcément à la durée de vie des ouvrages. **Il est retenu un horizon temporel de cinquante ans.**

L'ACB étant réalisée avec l'hypothèse que l'occupation du sol de l'aire d'étude n'évolue pas, il est retenu un horizon temporel réaliste, c'est-à-dire au cours duquel on peut faire l'hypothèse – discutable – que les modifications de l'occupation du sol sont peu significatives. Au-delà de cinquante ans, cette hypothèse n'a plus guère de sens.

6.4 SYNTHÈSE AMC – ACB

Les tableaux suivants regroupent pour chaque scénario, les indicateurs synthétiques de l'AMC :

- ↗ NEMA emplois
- ↗ DEMA/ DMA sc. de référence
- ↗ C/ NEMA habitants
- ↗ C/ NEMA emploi
- ↗ VAN
- ↗ B/C

6.4.1 RÉSULTATS PAR SCÉNARIO

Situation aménagée A			
COÛT TOTAL	7 030 000	€	
Objectifs	Indicateurs synthétiques	Abréviations	
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants	202
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois	10
	Rapport des dommages évités (moyens annuels) grâce au projet sur les dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA/ DMA sc. de référence	0,18
Cout / efficacité	Coût total moyen du projet par habitant protégé grâce au projet	C/ NEMA habitants	34 789
	Coût total moyen du projet par emploi protégé grâce au projet	C/ NEMA emploi	715 704
Efficience	Valeur Actualisée Nette du projet	VAN	17 160 200
	Ratio des bénéfices générés (somme des bénéfices actualisés sur l'horizon temporel) par le projet sur le coût du projet	B/C	3,4
Autres indicateurs élémentaires non monétarisables	Protection de l'étang par limitation des vidanges de fosses septiques en cas de crues /		

Tableau 5 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario A

Situation aménagée B			
COÛT TOTAL	12 630 000	€	
Objectifs	Indicateurs synthétiques	Abréviations	
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants	256
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois	10
	Rapport des dommages évités (moyens annuels) grâce au projet sur les dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA/ DMA sc. de référence	0,28
Coût / efficacité	Coût total moyen du projet par habitant protégé grâce au projet	C/ NEMA habitants	49 427
	Coût total moyen du projet par emploi protégé grâce au projet	C/ NEMA emploi	1 254 220
Efficience	Valeur Actualisée Nette du projet	VAN	23 303 900
	Ratio des bénéfices générés (somme des bénéfices actualisés sur l'horizon temporel) par le projet sur le coût du projet	B/C	2,8
Autres indicateurs élémentaires non monétarisables	Protection de l'étang par limitation des vidanges de fosses septiques en cas de crues /		

Tableau 6 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario B

Situation aménagée C			
COUT TOTAL	13 450 000	€	
Objectifs	Indicateurs synthétiques	Abréviations	
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants	251
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois	15
	Rapport des dommages évités (moyens annuels) grâce au projet sur les dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA/ DMA sc. de référence	0,31
Cout / efficacité	Coût total moyen du projet par habitant protégé grâce au projet	C/ NEMA habitants	53 643
	Coût total moyen du projet par emploi protégé grâce au projet	C/ NEMA emploi	923 130
Efficience	Valeur Actualisée Nette du projet	VAN	27 529 900
	Ratio des bénéfices générés (somme des bénéfices actualisés sur l'horizon temporel) par le projet sur le coût du projet	B/C	3,0
Autres indicateurs élémentaires non monétarisables	Protection de l'étang par limitation des vidanges de fosses septiques en cas de crues /		

Tableau 7 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario C

Situation aménagée E			
COUT TOTAL	20 940 000	€	
Objectifs	Indicateurs synthétiques	Abréviations	
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants	110
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois	9
	Rapport des dommages évités (moyens annuels) grâce au projet sur les dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA/ DMA sc. de référence	0,20
Cout / efficacité	Coût total moyen du projet par habitant protégé grâce au projet	C/ NEMA habitants	190 102
	Coût total moyen du projet par emploi protégé grâce au projet	C/ NEMA emploi	2 240 171
Efficience	Valeur Actualisée Nette du projet	VAN	2 673 400
	Ratio des bénéfices générés (somme des bénéfices actualisés sur l'horizon temporel) par le projet sur le coût du projet	B/C	1,1
Autres indicateurs élémentaires non monétarisables	Protection de l'étang par limitation des vidanges de fosses septiques en cas de crues /		

Tableau 8 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario E

Situation aménagée F			
COUT TOTAL	51 020 000	€	
Objectifs	Indicateurs synthétiques	Abréviations	
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants	623
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois	30
	Rapport des dommages évités (moyens annuels) grâce au projet sur les dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA/ DMA sc. de référence	0 ?58
Cout / efficacité	Coût total moyen du projet par habitant protégé grâce au projet	C/ NEMA habitants	81 858
	Coût total moyen du projet par emploi protégé grâce au projet	C/ NEMA emploi	1 702 369
Efficience	Valeur Actualisée Nette du projet	VAN	30 853 100
	Ratio des bénéfices générés (somme des bénéfices actualisés sur l'horizon temporel) par le projet sur le coût du projet	B/C	1,6
Autres indicateurs élémentaires non monétarisables	Protection de l'étang par limitation des vidanges de fosses septiques en cas de crues /		

Tableau 9 : Résultats des indicateurs synthétiques pour le scénario F

6.4.2 COMPARAISON DES SCENARII

Les résultats synthétiques de l'AMC sont présentés ci-dessous :

➡ Les indicateurs d'efficacité montrent :

- o Concernant les **NEMA habitants et emplois**, ce sont les scénarii F, C et B, qui permettent de protéger le plus de monde. Le scénario F assure la meilleure protection en raison de la délocalisation des enjeux, suivi du scénario C.

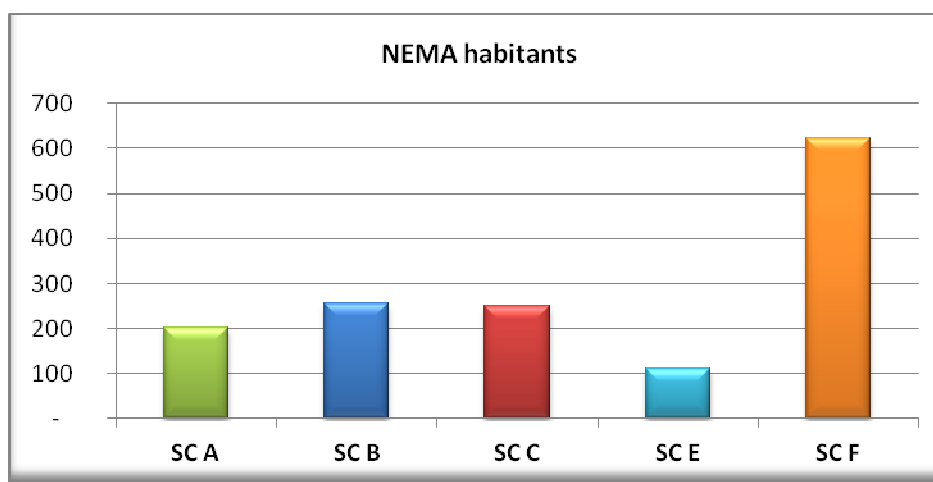


Figure 45 : NEMA habitants par scénario

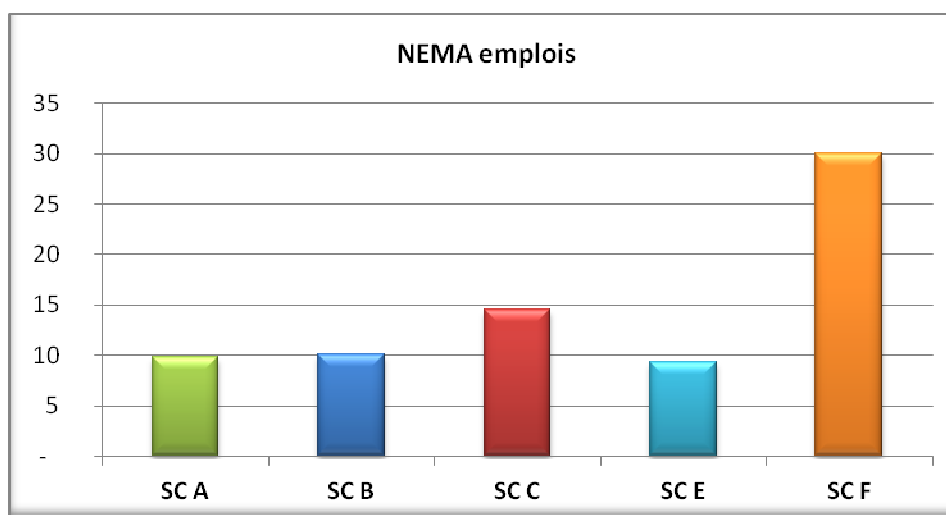


Figure 46 : NEMA emploi par scénario

- o Concernant le rapport **DEMA/DMA_{situation initiale}** : plus ce dernier est important, plus le projet est efficace. Il ressort des données que les scénarii F et C sont les plus intéressants.

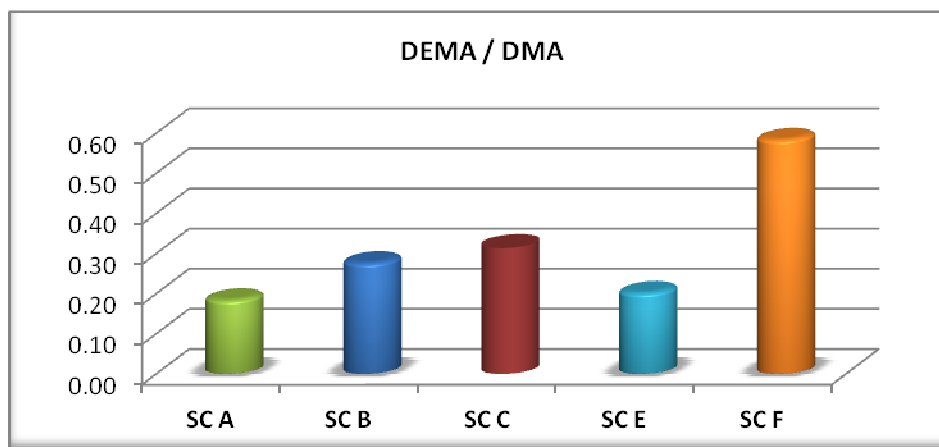


Figure 47 : DEMA / DMA par scénario

- Les indicateurs coût efficacité montrent que les rapports C/NEMA habitants-emplois (coûts du projet permettant de protéger 1 habitant ou emploi) sont favorables aux scénarii A, B et C.

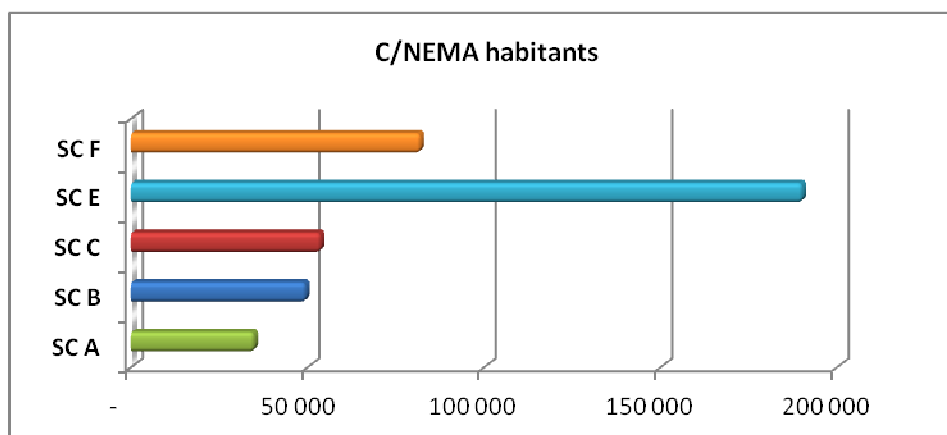


Figure 48 : C/NEMA habitants par scénario

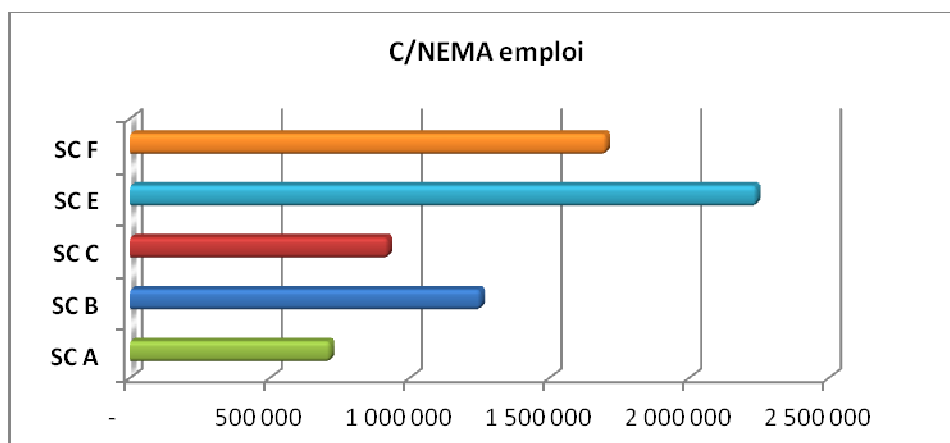


Figure 49 : C/NEMA emploi par scénario

Les indicateurs d'efficacité montrent :

- o Pour la VAN : que le scénario C est le plus intéressant ;
- o Pour le rapport Bénéfices/couts : que ce sont les scénarii A et C les plus avantageux.

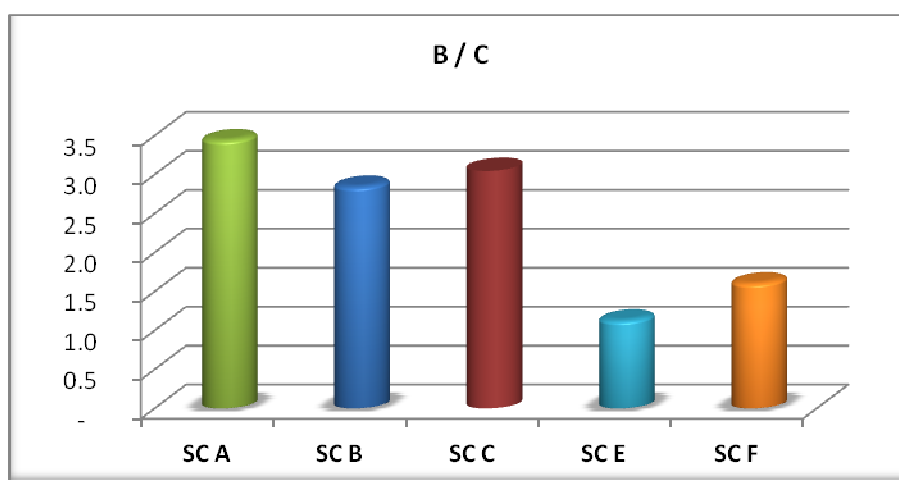


Figure 50 : B / C par scénario

6.5 ANALYSE DE SENSIBILITÉ

6.5.1 PRÉAMBULE

Cette analyse a pour objectif de mesurer l'impact de différentes hypothèses sur le résultat. Différents paramètres d'entrée peuvent influencer de manière plus ou moins forte le résultat de l'ACB, **c'est-à-dire la VAN**. Parmi ceux-ci, retenons la caractérisation des enjeux par le biais de la hauteur du premier plancher habitable, le coût des ouvrages (réalisation, entretien, ...), la variation de l'horizon temporel considéré ...

Étant donnée l'impossibilité de tester l'ensemble des variables intervenant dans le calcul de la VAN, **quatre tests de sensibilité** sont réalisés permettant d'intégrer le plus grand nombre de paramètres, à savoir :

- ↳ Variation de l'horizon temporel ;
- ↳ Variation du coût d'aménagement du projet ;
- ↳ Variation du montant du dommage évité moyen annuel ;
- ↳ Variation du coût d'entretien de l'aménagement.

Cette analyse de sensibilité est menée sur la VAN pour l'ensemble des scénarii.

6.5.2 TESTS SUR DIFFÉRENTS HORIZONS TEMPORELS

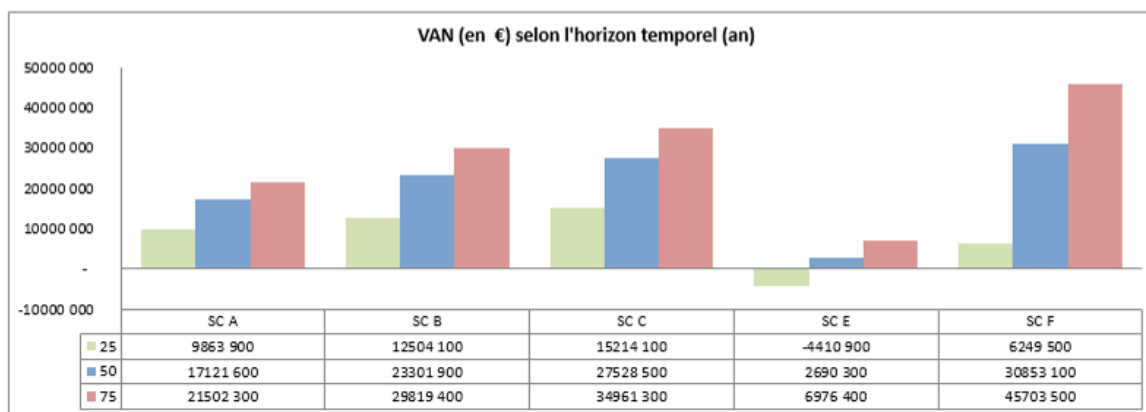


Figure 51 : Tests de variation de l'horizon temporel selon scénarii - VAN

On constate que si la durée de vie de l'aménagement était réduite de moitié, seul le scénario E aurait une VAN négative, le scénario C serait alors le plus intéressant.

A l'horizon 50 ans (horizon des différents projets), tous les scénarii sont rentabilisés (VAN positive) et les scénarii F et C présentent les meilleurs résultats : respectivement 30 800 000 € et 27 500 000 € d'économies réalisées.

A l'horizon 75 ans, les scénarii F et C restent les plus intéressants.

6.5.3 VARIATION DU COÛT DES AMÉNAGEMENTS

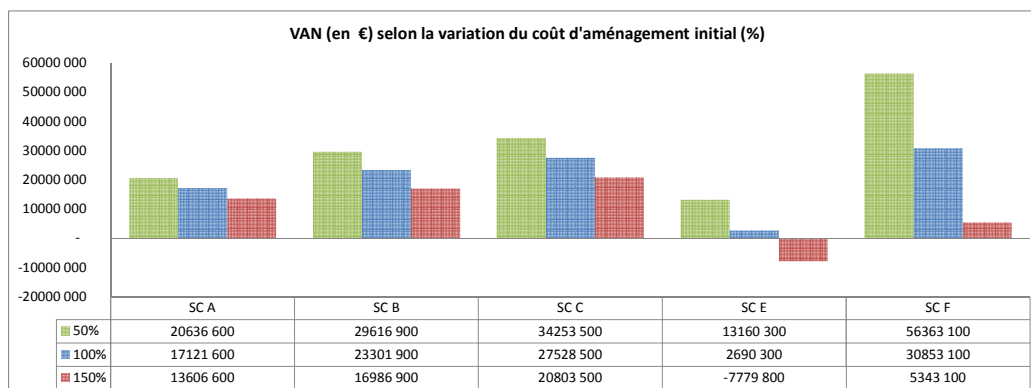


Figure 52 : Tests de variation du coût des aménagements selon scénarii – VAN

On peut constater que les scénarii A, B et C sont relativement peu sensibles au coût d'aménagement initial (foncier, études, travaux...) et gardent une VAN nettement positive.

Les scénarii E et F sont nettement plus sensibles au coût initial des travaux. Le scénario E ne serait ainsi pas rentabilisé dans le cas où le coût du projet serait majoré de 50%.

6.5.4 VARIATION DU DEMA

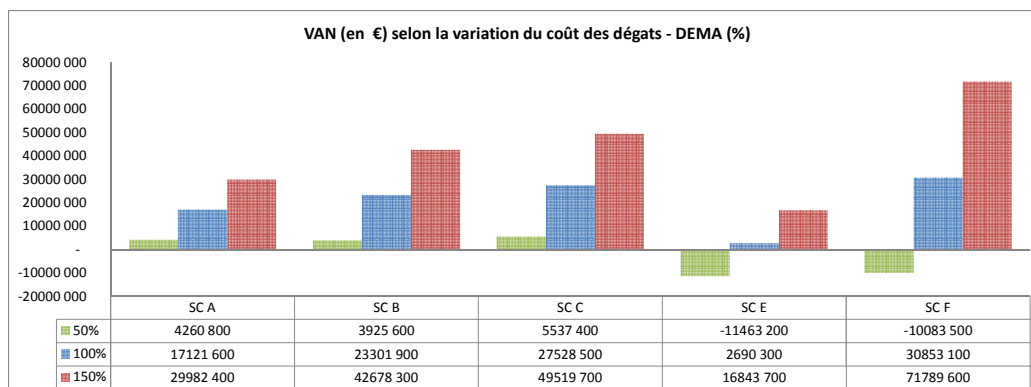


Figure 53 : Tests de variation des DEMA selon scénarii - VAN

Dans le cas où le coût des dommages aurait été sur-estimé de 50%, seuls les scénarii A, B et C gardent une VAN positive. Les scénarii E et F ne seraient alors pas rentabilisés.

Dans le cas où les dommages auraient sous-estimés de 50%, tous les scénarii présentent une VAN positive, avec les scénarii F et C en tête de classement.

6.5.5 TESTS SUR DIFFÉRENTS COÛT D'ENTRETIEN DE L'AMÉNAGEMENT

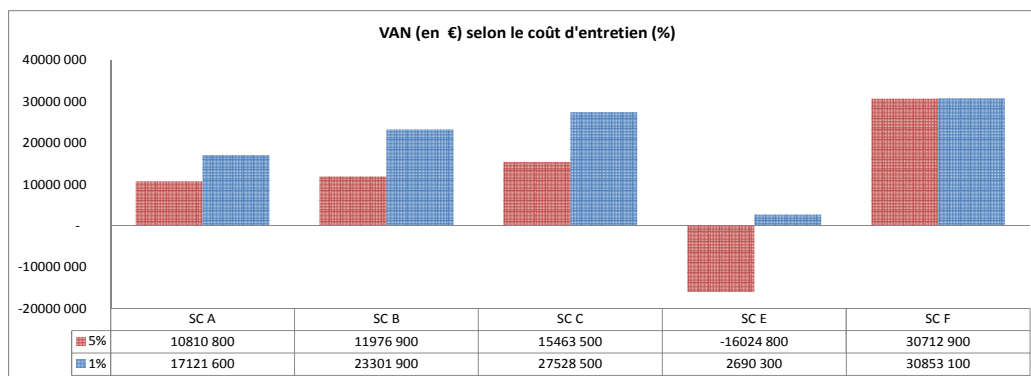


Figure 54 : Tests de variation des coûts d'entretien selon scénarii – VAN

En considérant un coût d'entretien 5 fois supérieur à celui retenu (1% du coût total des travaux), tous les scénarii, hormis le scénario E, gardent une VAN positive.

Le scénario F ne nécessitant pas d'entretien, sa VAN ne varie pas.

En conclusion, il ressort de ces différents tests que les scénarii E et F sont très sensibles aux différents paramètres testés et peuvent ainsi présenter occasionnellement une VAN négative ; ce qui n'est pas le cas des scénarii A, B et C qui présentent une solidité certaine vis-à-vis des différents paramètres testés. Parmi ces trois scénarii, **le scénario C s'avère être celui présentant les meilleurs résultats d'ensemble**, et correspondrait donc au **scénario à retenir**.

6.5.6 LIMITES DE L'ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES SEULE

L'ACB repose sur l'existence d'une unité de mesure commune aux coûts et aux bénéfices, la monnaie.

Certaines composantes des coûts et des bénéfices sont toutefois difficilement monétarisable. A titre d'exemple, on peut ainsi relever les éléments suivants :

- ↳ Impacts environnementaux imputables aux aménagements ou aux inondations (telle la pollution engendrée par une inondation ou lors des travaux d'aménagement d'un projet) ;
- ↳ Bénéfices liés à une politique de prévention du risque telle la réduction attendue des dommages suivants :
- ↳ Pertes en vie humaines ;
- ↳ Impacts psychologique ;
- ↳ ...

C'est pourquoi, la réalisation en parallèle d'une analyse multicritères permet d'avoir une vision complète et transversale.

Dans le cadre de la présente étude, est listé un maximum de facteurs liés aux coûts ou aux bénéfices, sans toutefois prétendre à une totale exhaustivité.

On rappellera ainsi utilement que l'ACB n'est pas uniquement un calcul de rentabilité financière mais une estimation de l'intérêt global et de la pertinence économique d'un projet pour la collectivité.

7. LES CONCLUSIONS À RETENIR

Le graphique ci-dessous rappelle la Valeur Actualisée Nette (VAN) de chaque scénario étudié à l'horizon 50 ans.

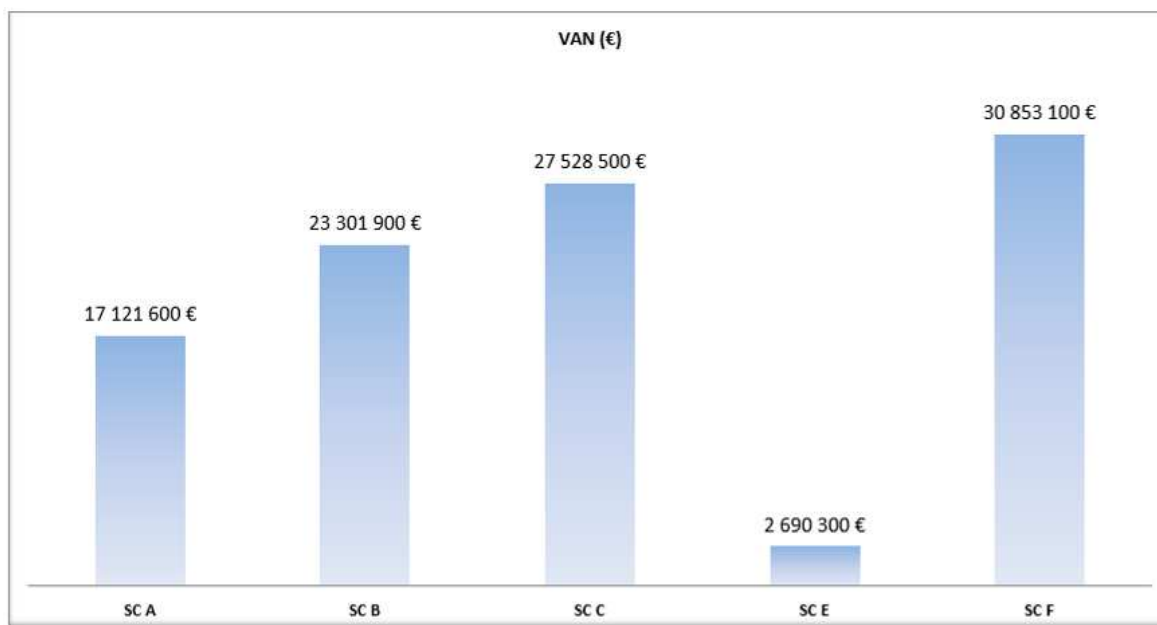


Figure 55 : Valeur Actualisée Nette des différents scénarii

Les deux scénarii présentant la VAN la plus intéressante sont les scénarii F et C. Toutefois, il existe des différences notables entre ces deux scénarii :

- ➡ Le scénario F s'avère très sensible aux différentes hypothèses retenues (cf Chapitre 6.5, p82), ce qui n'est pas le cas du scénario C qui reste très solide ;
- ➡ Le scénario F nécessite un coût d'investissement estimé 4 fois supérieur au scénario C (soit environ 51 000 000 € contre 12 500 000 €) ;
- ➡ Le scénario F est plus complexe à mettre en place car il nécessite de délocaliser des habitations, des infrastructures (collège notamment) et quelques entreprises. Il présente donc un impact fort sur les activités humaines.

Les graphiques sur la page ci-après synthétisent les résultats de l'Analyse Multi Critère

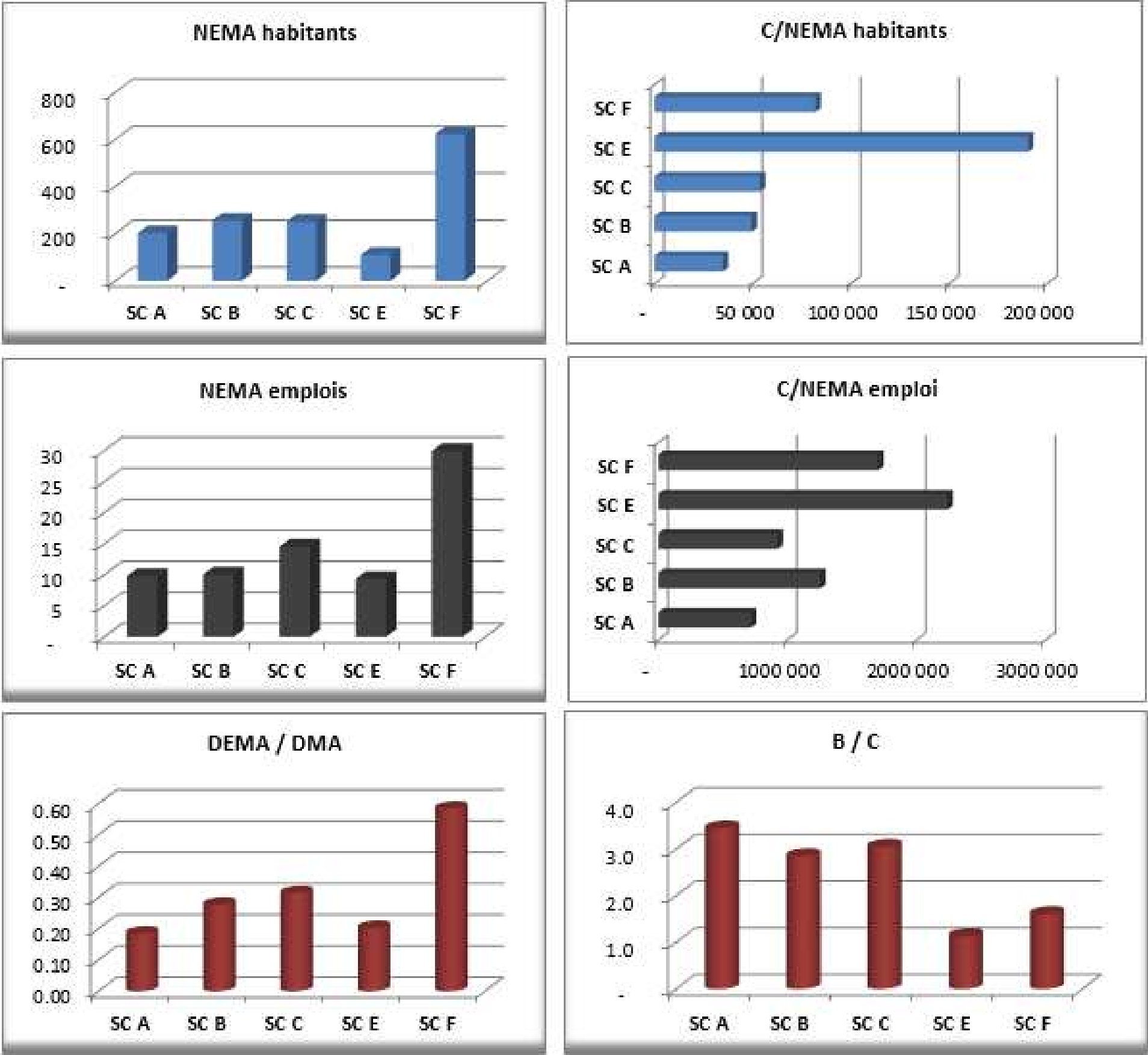
Concernant la population, le scénario F présente les meilleurs résultats en ce qui concerne le nombre d'habitants protégés contre les inondations (suite à délocalisation), suivi des scénarii C et B.

Concernant l'emploi, les scénarii F et C présentent les meilleurs résultats pour la sauvegarde d'emploi, avec toutefois l'hypothèse, pour le scénario F, que les emplois délocalisés ont pu se réimplanter.

Le rapport DEMA / DMA est favorable aux scénarii F et C, tandis que le rapport B/C est lui favorable aux scénarii A et C, ce qui fait du scénario C le plus intéressant financièrement.

En conclusion, il ressort de cette étude que les scénarii C et F sont les scénarii les plus intéressants à envisager, aussi bien vis-à-vis de l'ACB que de l'AMC. Toutefois la forte volatilité du scénario F aux tests de sensibilité de l'ACB, et ses nombreuses contraintes (investissement très importants, déplacement de population...), font du **scénario C le scénario à retenir**.

Figure 56 : Synthèse de l'AMC



ANNEXE 1 :

Tableaux de référence des fonctions de dommage

Tableau 10 : Fonctions de dommages aux logements (Source : IRSTEA)

Fonction de dommage surfacique aux logements										
			Dommages au bâti (€2011/m²)					Dommages au mobilier (€2011/m²)		
Hauteur d'eau min (cm)	Hauteur d'eau max (cm)	Durée de submersion	Individuel sans étage	Individuel avec étage	Logement en collectif	Sous-sol individuel	Sous-sol d'un immeuble (cave + garage)	Mobilier individuel sans étage	Mobilier individuel avec étage	Mobilier logement en collectif
0	1	<48h	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	<48h	44,5	27	36,5	0,5	40	51,5	43,5	43
15	25	<48h	89	54	73	1	80	103	87	86
25	35	<48h	89	54	73	1	80	103	87	86
35	45	<48h	89	54	73	1	80	103	87	86
45	55	<48h	89	54	73	1	80	103	87	86
55	65	<48h	92,6	57	77,2	1	80	117,2	100,6	98,8
65	75	<48h	96,2	60	81,4	1	80	131,4	114,2	111,6
75	85	<48h	99,8	63	85,6	1	80	145,6	127,8	124,4
85	95	<48h	103,4	66	89,8	1	80	159,8	141,4	137,2
95	105	<48h	107	69	94	1	80	174	155	150
105	115	<48h	112,6	78,4	99	1	80	177,6	158,4	153,2
115	125	<48h	118,2	87,8	104	1	80	181,2	161,8	156,4
125	135	<48h	123,8	97,2	109	1	80	184,8	165,2	159,6
135	145	<48h	129,4	106,6	114	1	80	188,4	168,6	162,8
145	155	<48h	135	116	119	1	80	192	172	166
155	165	<48h	140	126	124,4	1	80	192,4	172,4	166
165	175	<48h	145	136	129,8	1	80	192,8	172,8	166
175	185	<48h	150	146	135,2	1	80	193,2	173,2	166
185	195	<48h	155	156	140,6	1	80	193,6	173,6	166
195	205	<48h	160	166	146	1	80	194	174	166
205	215	<48h	171,8	170,8	150,2	1	80	194	174	166
215	225	<48h	183,6	175,6	154,4	1	80	194	174	166
225	235	<48h	195,4	180,4	158,6	1	80	194	174	166
235	245	<48h	207,2	185,2	162,8	1	80	194	174	166
245	255	<48h	219	190	167	1	80	194	174	166
255	265	<48h	223,4	205,6	167,8	5,2	80	194	176,4	166
265	275	<48h	227,8	221,2	168,6	9,4	80	194	178,8	166
275	285	<48h	232,2	236,8	169,4	13,6	80	194	181,2	166
285	295	<48h	236,6	252,4	170,2	17,8	80	194	183,6	166
295	305	<48h	241	268	171	22	80	194	186	166

Tableau 11 : Fonctions de dommages à l'agriculture (Source : IRSTEA)

Fonction de dommage à l'agriculture																		
					Dommages (€2013/ha)													
Hauteur d'eau min (cm)	Hauteur d'eau max (cm)	Vitesse du courant	Durée de submersion	Saison	Blé tendre	Mais grain et ensilage	Orge	Autres céréales	Colza	Tournesol	Autres oléagineux	Autres cultures industrielles	Arboriculture et vergers	Vignes	Légumes-fleurs	Fourrage	Prairies permanentes	Prairies temporaires
0	1	moyen	moyenne	été	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	4757	5177	11766	1250	1108	1133
15	25	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	4757	5177	11766	1250	1108	1133
25	35	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	4757	5177	11766	1250	1108	1133
35	45	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	4757	5177	11766	1250	1108	1133
45	55	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	4757	5177	11766	1250	1108	1133
55	65	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	5919	5177	11766	1250	1108	1133
65	75	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	6070	5177	11766	1250	1108	1133
75	85	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	7651	5177	11766	1250	1108	1133
85	95	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	7903	5352	11766	1250	1108	1133
95	105	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	9087	5526	11766	1250	1108	1133
105	115	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	9550	5526	11766	1250	1108	1133
115	125	moyen	moyenne	été	1496	780	1422	1226	1078	1234	1013	1139	10097	5526	11766	1250	1108	1133
125	135	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1234	1013	1139	10605	6815	11766	1250	1108	1133
135	145	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1234	1013	1139	10923	8004	11766	1250	1108	1133
145	155	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	11444	19964	11766	1249	1108	1133
155	165	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	12039	20016	11766	1249	1108	1133
165	175	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	12636	21310	11766	1249	1108	1133
175	185	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	13747	22960	11766	1249	1108	1133
185	195	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	14359	31195	11766	1249	1108	1133
195	205	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	14909	31247	11766	1249	1108	1133
205	215	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	14909	31247	11766	1249	1108	1133
215	225	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	14909	31247	11766	1249	1108	1133
225	235	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	14909	31247	11766	1249	1108	1133
235	245	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	14909	31247	11766	1249	1108	1133
245	Inf	moyen	moyenne	été	1496	1030	1422	1243	1078	1355	1013	1147	14909	31247	11766	1249	1108	1133

Tableau 12 : Fonctions de dommages aux infrastructures (Source : IRSTEA)

Fonction de dommage aux établissements publics								
			Dommages totaux (bâti + mobilier) (€2011/m²)					
Hauteur d'eau min (cm)	Hauteur d'eau max (cm)	Durée de submersion	Etablissements scolaires	Etablissements d'incendie et de secours	Centres techniques municipaux	Mairies/ centres administratifs	Commissariats de police/ gendarmeries	Hébergements
0	1	<48h	0	0	0	0	0	0
1	15	<48h	49	35,5	16,5	58	69	29
15	25	<48h	98	71	33	116	138	58
25	35	<48h	98	71	33	116	138	58
35	45	<48h	98	71	33	116	138	58
45	55	<48h	98	71	33	116	138	58
55	65	<48h	106,4	77,8	41,8	142,4	160	71,6
65	75	<48h	114,8	84,6	50,6	168,8	182	85,2
75	85	<48h	123,2	91,4	59,4	195,2	204	98,8
85	95	<48h	131,6	98,2	68,2	221,6	226	112,4
95	105	<48h	140	105	77	248	248	126
105	115	<48h	144,4	108,2	81	258,4	260,8	138,8
115	125	<48h	148,8	111,4	85	268,8	273,6	151,6
125	135	<48h	153,2	114,6	89	279,2	286,4	164,4
135	145	<48h	157,6	117,8	93	289,6	299,2	177,2
145	155	<48h	162	121	97	300	312	190
155	165	<48h	172	124,6	103,6	320,4	332	207,6
165	175	<48h	182	128,2	110,2	340,8	352	225,2
175	185	<48h	192	131,8	116,8	361,2	372	242,8
185	195	<48h	202	135,4	123,4	381,6	392	260,4
195	205	<48h	212	139	130	402	412	278
205	215	<48h	228	147,4	137	418,8	434,8	295,6
215	225	<48h	244	155,8	144	435,6	457,6	313,2
225	235	<48h	260	164,2	151	452,4	480,4	330,8
235	245	<48h	276	172,6	158	469,2	503,2	348,4
245	255	<48h	292	181	165	486	526	366
255	265	<48h	298,4	184,2	166	492,8	528,4	372,8
265	275	<48h	304,8	187,4	167	499,6	530,8	379,6
275	285	<48h	311,2	190,6	168	506,4	533,2	386,4
285	295	<48h	317,6	193,8	169	513,2	535,6	393,2
295	305	<48h	324	197	170	520	538	400

Tableau 13 : Fonctions de dommages aux entreprises – Partie 1/4 (Source : IRSTEA)

			C-INDUSTRIE MANUFACTURIERE																																
CODE NAF 2008			10,11Z 10,12Z 10,13A 10,13B 10,20Z 10,31Z 10,32Z 10,39A 10,39B 10,41A 10,41B 10,42Z 10,51A 10,51B 10,51C 10,51D	10,52Z 10,61A 10,61B 10,62Z 10,71A 10,72Z 10,73Z 10,81Z 10,82Z 10,83Z 10,84Z 10,86Z 10,89Z 10,91Z 10,92Z	10,71B 10,71C 10,71D	11,01Z 11,01Z 11,02A 11,02B 11,03Z 11,04Z 11,05Z 11,06Z 11,07A 11,07B	13,10Z 13,10Z 13,10Z 13,10Z 13,10Z 13,10Z 13,10Z 13,20Z 13,20Z 13,20Z	13,20Z 13,30Z 13,91Z 13,92Z 14,13Z 14,14Z 14,19Z 14,20Z 14,31Z 14,39Z	15,11Z 15,12Z 15,20Z	16,10A 16,10B 16,21Z 16,23Z 16,24Z 16,29Z 16,29Z 16,22Z	17,11Z 17,12Z 17,21A 17,21B 17,21C 17,22Z 17,23Z 17,24Z 17,29Z	18,11Z 18,12Z 18,13Z 18,13Z 18,14Z 18,20Z 18,20Z 18,11Z 18,12Z 18,13Z 18,13Z 18,14Z 18,20Z 18,20Z 18,20Z	20,11Z 20,12Z 20,13B 20,14Z 20,14Z 20,15Z 20,16Z 20,17Z	20,20Z 20,30Z 20,41Z 20,42Z 20,51Z 20,52Z 20,53Z 20,59Z 20,60Z 20,59Z	21,10Z 21,20Z 21,20Z	22,11Z 22,11Z 22,19Z 22,21Z 22,22Z 22,23Z 22,29A 22,29B	23,11Z 23,12Z 23,13Z 23,14Z 23,19Z 23,19Z	23,20Z 23,31Z 23,32Z 23,32Z 23,32Z 23,41Z 23,42Z 23,43Z 23,44Z 23,49Z	23,51Z 23,52Z 23,52Z 23,52Z 23,61Z 23,62Z 23,63Z 23,64Z 23,65Z 23,69Z 23,70Z 23,91Z 23,99Z	24,10Z	24,20Z 24,32Z 24,33Z 24,34Z 24,31Z	24,41Z 24,42Z 24,42Z 24,43Z 24,44Z 24,45Z 24,44Z	24,51Z 24,52Z 24,53Z 24,54Z 24,51Z	25,11Z 25,12Z 25,21Z 25,29Z 25,30Z 25,30Z 25,40Z 25,50A 25,50A 25,50B 25,61Z 25,62A 25,62B	25,71Z 25,72Z 25,73A 25,73B 25,73B 25,91Z 25,92Z 25,93Z 25,93Z 25,94Z 25,99A 25,99B	26,11Z 26,20Z 26,30Z 26,30Z 26,40Z 26,51A 26,51B 26,52Z 26,60Z 26,70Z 26,80Z	27,11Z 27,11Z 27,12Z 27,12Z 27,20Z 27,31Z 27,32Z 27,33Z 27,40Z 27,40Z 27,51Z 27,52Z 27,90Z 27,90Z	28,11Z 28,12Z 28,13Z 28,14Z 28,15Z 28,21Z 28,22Z 28,23Z 28,24Z 28,25Z 28,29A 28,29A	28,30Z 28,41Z 28,49Z 28,91Z 28,93Z 28,94Z 28,95Z 28,96Z 28,99A	29,10Z 29,20Z 29,20Z 29,31Z 29,32Z	30,20Z 30,30Z 30,91Z 30,92Z 30,92Z 30,30Z 30,11Z 30,12Z 30,40Z	31,01Z 31,02Z 31,03Z 31,09B 31,09B 31,09B 31,09A	31,09B 31,09B	32,11Z 32,12Z 32,13Z 32,20Z 32,30Z 32,40Z 32,50A 32,50B 32,91Z 32,99Z	33,20A 33,15Z 33,16Z 33,12Z 33,12Z 33,12Z 33,12Z 33,12Z 33,12Z 33,20C
Hauteur d'eau (en cm)	Durée de submersion	Temps d'intervention	Dommage total moyen par salarié (en euros 2013)																																
			<=80	<= 24h	<=48h	48 639 €	7 709 €	287 451 €	18 687 €	9 806 €	9 717 €	19 612 €	43 117 €	13 259 €	92 594 €	30 638 €	34 856 €	18 874 €	26 382 €	30 340 €	37 189 €	78 309 €	34 197 €	57 297 €	17 707 €	14 732 €	20 629 €	15 587 €	45 863 €	38 275 €	13 164 €	11 785 €	14 663 €	14 989 €	
<=80	<= 24h	>=48h	104 902 €	22 934 €	423 408 €	57 402 €	25 031 €	27 000 €	59 910 €	143 318 €	43 829 €	307 517 €	94 342 €	102 758 €	60 546 €	85 124 €	96 471 €	123 172 €	249 132 €	105 377 €	182 444 €	57 280 €	46 283 €	63 256 €	45 034 €	151 718 €	90 882 €	41 129 €	35 826 €	42 668 €	43 539 €				
<=80	>24h	<=48h	59 891 €	10 754 €	314 643 €	55 243 €	46 297 €	38 406 €	59 111 €	90 485 €	28 652 €	195 207 €	89 790 €	117 692 €	47 060 €	64 101 €	78 551 €	79 543 €	202 292 €	99 958 €	147 472 €	42 522 €	40 050 €	61 359 €	55 753 €	98 721 €	203 889 €	36 558 €	36 106 €	51 421 €	52 817 €				
<=80	>24h	>=48h	127 407 €	29 024 €	477 791 €	101 701 €	64 568 €	59 145 €	107 468 €	210 726 €	65 336 €	453 114 €	166 234 €	199 175 €	97 066 €	134 591 €	157 908 €	182 723 €	407 279 €	185 374 €	297 649 €	90 010 €	77 911 €	112 511 €	91 089 €	225 748 €	267 018 €	70 115 €	64 956 €	85 026 €	87 078 €				
>80	<= 24h	<=48h	71 144 €	13 799 €	341 834 €	38 975 €	21 471 €	20 835 €	40 971 €	87 752 €	27 034 €	188 501 €	63 855 €	73 560 €	38 851 €	54 207 €	62 623 €	75 775 €	161 608 €	71 256 €	118 214 €	36 353 €	30 521 €	43 047 €	33 078 €	93 486 €	85 167 €	27 316 €	24 654 €	31 058 €	31 762 €				
>80	<=24	>=48h	116 154 €	25 979 €	450 599 €	69 947 €	33 651 €	34 662 €	73 209 €	167 913 €	51 490 €	360 439 €	114 818 €	127 881 €	72 189 €	101 201 €	115 528 €	144 561 €	298 266 €	128 200 €	218 331 €	68 012 €	55 761 €	77 149 €	56 636 €	178 170 €	127 253 €	49 688 €	43 887 €	53 461 €	54 602 €				
>80	>24h	<=48h	82 397 €	16 844 €	369 025 €	70 729 €	52 387 €	45 319 €	75 230 €	130 565 €	40 880 €	281 176 €	115 271 €	144 853 €	63 728 €	87 597 €	105 003 €	113 936 €	270 621 €	128 430 €	197 531 €	58 352 €	52 671 €	78 409 €	67 532 €	141 063 €	224 932 €	47 743 €	45 723 €	62 622 €	64 238 €				
>80	>24h	>=48h	138 659 €	32 070 €	504 982 €	109 444 €	67 613 €	62 602 €	115 528 €	230 766 €	71 450 €	496 098 €	178 975 €	212 755 €	105 400 €	146 339 €	171 134 €	199 919 €	441 444 €	199 610 €	322 678 €	97 925 €	84 222 €	121 037 €	96 978 €	246 919 €	277 539 €	75 708 €	69 765 €	90 627 €	92 788 €				
<=100	<= 24h	<=48h	138 659 €	32 070 €	504 982 €	109 444 €	67 613 €	62 602 €	115 528 €	230 766 €	71 450 €	496 098 €	178 975 €	212 755 €	105 400 €	146 339 €	171 134 €	199 919 €	441 444 €	199 610 €	322 678 €	97 925 €	84 222 €	121 037 €	96 978 €	246 919 €	277 539 €	75 708 €	69 765 €	90 627 €	92 788 €				
<=100	<= 24h	>=48h	138 659 €	32 070 €	504 982 €	109 444 €	67 613 €	62 602 €	115 528 €	230 766 €	71 450 €	496 098 €	178 975 €	212 755 €	105 400 €	146 339 €	171 134 €	199 919 €	441 444 €	199 610 €	322 678 €	97 925 €	84 222 €	121 037 €	96 978 €	246 919 €	277 539 €	75 708 €	69 765 €	90 627 €	92 788 €				
<=100	>24h	<=48h	138 659 €	32 070 €	504 982 €	109 444 €	67 613 €	62 602 €	115 528 €	230 766 €	71 450 €	496 098 €	178 975 €	212 755 €	105 400 €	146 339 €	171 134 €	199 919 €	441 444 €	199 610 €	322 678 €	97 925 €	84 222 €	121 037 €	96 978 €	246 919 €	277 539 €	75 708 €	69 765 €	90 627 €	92 788 €				
<=100	>24h	>=48h	138 659 €	32 070 €	504 982 €	109 444 €	67 613 €	62 602 €	115 528 €	230 766 €	71 450 €	496 098 €	178 975 €	212 755 €	105 400 €	146 339 €	171 134 €	199 919 €	441 444 €	199 610 €	322 678 €	97 925 €	84 222 €	121 037 €	96 978 €	246 919 €	277 539 €	75 708 €	69 765 €	90 627 €	92 788 €				
>100	<= 24h	<=48h	138 659 €	32 070 €	504 982 €	109 444 €	67 613 €	62 602 €	115 528 €	230 766 €	71 450 €	496 098 €	178 975 €	212 755 €	105 400 €	146 339 €	171 134 €	199 919 €	441 444 €	199 610 €	322 678 €	97 925 €	84 222 €	121 037 €	96 978 €	246 919 €	277 539 €	75 708 €	69 765 €	90 627 €	92 788 €				

Tableau 14 : Fonctions de dommages aux entreprises – Partie 2/4 (Source : IRSTEA)

			F-CONSTRUCTION		G- COMMERCES ; REPARATIONS D'AUTOMOBILES ET DE MOTOCYCLES										H- Transports et entreposage			
CODE NAF 2008			41,10A 41,10B 41,10D 42,99Z	41,20A 41,20B 42,11Z 42,12Z 42,13A 42,13B 42,21Z 42,22Z 42,91Z 43,12A 43,12B 43,13Z 43,21A 43,22A 43,22B 43,29A 43,29B 43,11Z 43,21B	43,29B 43,31Z 43,32A 43,32B 43,32C 43,33Z 43,34Z 43,34Z 43,39Z 43,91A 43,91B 43,99A 43,99B 43,99C 43,99D 43,99E 43,11Z 43,21B	45,11Z 45,31Z 45,32Z 45,40Z 45,19Z 45,20B	45,20A	46,11Z 46,12B 46,13Z 46,14Z 46,15Z 46,16Z 46,18Z 46,19A 46,19B 46,41Z 46,42Z 46,42Z 46,43Z	46,64Z 46,65Z 46,66Z 46,69A 46,69B 46,69C 46,71Z 46,72Z	46,21Z 46,21Z 46,22Z 46,23Z 46,24Z 46,31Z 46,32A 46,32B 46,32C 46,33Z 46,34Z	47,11D 47,11F	47,11A 47,11B 47,11C 47,21Z 47,22Z 47,24Z 47,25Z 47,26Z 47,29Z 47,29Z 47,23Z	47,89Z 47,79Z 47,81Z 47,26Z 47,99A 47,29Z 47,51Z 47,29Z 47,62Z 47,52A 47,78C 47,76Z 47,59B	47,30Z 47,73Z 47,72B 47,77Z 47,71Z 47,19B 47,78A 47,72A 47,78B 47,91B 47,64Z 47,74Z 47,75Z	47,19A 47,11E	49,10Z 49,41A 49,41B 49,41C 49,42Z	49,50Z 49,31Z 49,32Z 49,39A 49,39B 49,39C	52,10A 52,10B 52,21Z 52,22Z 52,23Z
Hauteur d'eau (en cm)	Durée de submersion	Temps d'intervention	Dommage total moyen par salarié (en euros 2013)															
<=80	<= 24h	<=48h	3 905 €	Pour ces activités, l'outil de travail est pour l'essentiel en place sur les chantiers en cours (il n'est donc sinistré que si ces chantiers sont inondés, ce qu'il est impossible de savoir dans le cadre de la modélisation économique)	22 603 €	10 582 €	71 105 €	71 105 €	82 368 €	35 353 €	25 526 €	48 403 €	20 793 €	38 833 €	18 412 €	18 412 €	166 166 €	
<=80	<= 24h	>=48h	3 905 €		41 143 €	29 097 €	29 600 €	29 600 €	46 415 €	40 875 €	29 847 €	53 062 €	29 049 €	53 046 €	24 150 €	24 150 €	221 218 €	
<=80	>24h	<=48h	3 905 €		87 059 €	26 992 €	35 354 €	35 354 €	52 010 €	40 875 €	29 847 €	53 062 €	56 865 €	79 692 €	24 150 €	24 150 €	221 218 €	
<=80	>24h	>=48h	3 905 €		109 307 €	49 209 €	80 152 €	80 152 €	99 980 €	46 397 €	34 168 €	57 721 €	61 147 €	90 099 €	29 888 €	29 888 €	276 270 €	
>80	<= 24h	<=48h	3 905 €		75 580 €	27 518 €	84 675 €	84 675 €	108 787 €	40 875 €	29 847 €	53 062 €	41 587 €	77 665 €	24 150 €	24 150 €	221 218 €	
>80	<=24	>=48h	3 905 €		90 412 €	42 330 €	59 201 €	59 201 €	92 830 €	62 964 €	47 131 €	71 698 €	58 098 €	106 091 €	47 102 €	47 102 €	441 427 €	
>80	>24h	<=48h	3 905 €		94 475 €	34 397 €	70 708 €	70 708 €	104 020 €	46 397 €	34 168 €	57 721 €	73 993 €	121 318 €	29 888 €	29 888 €	276 270 €	
>80	>24h	>=48h	3 905 €		113 015 €	52 912 €	102 768 €	102 768 €	144 012 €	74 009 €	55 773 €	81 016 €	82 557 €	142 131 €	58 579 €	58 579 €	551 532 €	
<=100	<= 24h	<=48h	3 905 €		113 015 €	52 912 €	102 768 €	102 768 €	144 012 €	74 009 €	55 773 €	81 016 €	82 557 €	142 131 €	58 579 €	58 579 €	551 532 €	
<=100	<= 24h	>=48h	3 905 €		113 015 €	52 912 €	102 768 €	102 768 €	144 012 €	74 009 €	55 773 €	81 016 €	82 557 €	142 131 €	58 579 €	58 579 €	551 532 €	
<=100	>24h	<=48h	9 762 €		113 015 €	52 912 €	102 768 €	102 768 €	144 012 €	74 009 €	55 773 €	81 016 €	82 557 €	142 131 €	58 579 €	58 579 €	551 532 €	
<=100	>24h	>=48h	9 762 €		113 015 €	52 912 €	102 768 €	102 768 €	144 012 €	74 009 €	55 773 €	81 016 €	82 557 €	142 131 €	58 579 €	58 579 €	551 532 €	

Tableau 15 : Fonctions de dommages aux entreprises – Partie 3/4 (Source : IRSTEA)

			H-HEBERGEMENT ET RESTAURATION					J- INFORMATION ET COMMUNICATION			K-ACTIVITES FINANCIERES ET ASSURANCE			L-ACTIVITES IMMOBILIERES	
CODE NAF 2008			56,10A 56,10C 56,21Z	56,29A 56,29B 56,10B	56,30Z 56,30Z	55,10Z	55,10Z 55,10Z 55,10Z 55,20Z 55,90Z	55,30Z 56,30Z	58,11Z 58,12Z 58,13Z 58,14Z 58,19Z 58,21Z 58,29B 58,29C 58,29A	59,11A 59,11A 59,11B 59,11C 59,12Z 59,13A 59,13B 59,14Z	62,02A 62,09Z 62,01Z 62,02B 62,03Z	64,20Z 64,11Z 64,19Z 6419Z 6419Z 6419Z	65,11Z 65,12Z 6512Z 65,20Z 65,30Z	66,11Z 66,12Z 66,19A 66,19B 66,21Z 66,22Z 66,29Z 66,30Z	68,10Z 68,20A 68,20B 68,20B 68,31Z 68,32A 68,32B
Hauteur d'eau (en cm)	Durée de submersion	Temps d'intervention	Dommage total moyen par salarié (en euros 2013)												
<=80	<= 24h	<=48h	12 022 €	3 775 €	19 448 €	35 870 €	24 436 €	Pas de fonctions de dommages pour ces deux activités	8 310 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
<=80	<= 24h	>=48h	15 375 €	4 625 €	24 308 €	47 097 €	32 183 €		25 328 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
<=80	>24h	<=48h	15 375 €	4 625 €	24 308 €	47 097 €	32 183 €		25 243 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
<=80	>24h	>=48h	18 728 €	5 475 €	29 167 €	58 323 €	39 931 €		45 664 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
>80	<= 24h	<=48h	22 081 €	6 325 €	34 026 €	69 550 €	47 678 €		17 372 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
>80	<=24	>=48h	28 788 €	8 024 €	43 744 €	92 003 €	63 172 €		30 986 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
>80	>24h	<=48h	28 788 €	8 024 €	43 744 €	92 003 €	63 172 €		32 050 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
>80	>24h	>=48h	35 494 €	9 724 €	53 462 €	114 456 €	78 666 €		49 068 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
<=100	<= 24h	<=48h	35 494 €	9 724 €	53 462 €	114 456 €	78 666 €		49 068 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
<=100	<= 24h	>=48h	35 494 €	9 724 €	53 462 €	114 456 €	78 666 €		49 068 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €
<=100	>24h	<=48h	35 494 €	9 724 €	53 462 €	114 456 €	78 666 €		49 068 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €
<=100	>24h	>=48h	35 494 €	9 724 €	53 462 €	114 456 €	78 666 €		49 068 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €

Tableau 16 : Fonctions de dommages aux entreprises – Partie 4/4 (Source : IRSTEA)

			M-ACTIVITES SPECIALISEES, SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	N – ACTIVITES DE SERVICES ADMINISTRATIFS ET DE SOUTIEN				S – AUTRES ACTIVITES DE SERVICE		T- Activités des ménages en tant qu'employeurs : activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et services pour usage propre		
CODE NAF 2008			69,10Z 69,20Z 70,22Z 70,10Z 70,21Z	71,11Z 71,12A 71,12B 71,20A 71,20B 72,19Z 72,20Z	73,11Z 73,12Z 73,20Z	77,12Z 77,29Z 77,29Z 77,31Z 77,32Z 77,33Z 77,34Z	78,20Z 78,30Z 78,10Z	80,30Z 80,10Z 80,20Z	81,29B 81,10Z 81,29B 81,21Z 81,22Z 81,29A 81,30Z	95,11Z 95,21Z 95,22Z 95,23Z	96,01A 96,01B 96,02A 96,02B 96,03Z	97,00Z 98,10Z 98,20Z 99,00Z
Hauteur d'eau (en cm)	Durée de submersion	Temps d'intervention	Dommage total moyen par salarié (en euros 2013)									
<=80	<= 24h	<=48h	4 295 €	10 848 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	14 372 €	10 213 €	4 295 €
<=80	<= 24h	>=48h	4 295 €	34 740 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	19 650 €	13 739 €	4 295 €
<=80	>24h	<=48h	4 295 €	27 249 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	29 882 €	16 301 €	4 295 €
<=80	>24h	>=48h	4 295 €	55 919 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	33 699 €	19 462 €	4 295 €
>80	<= 24h	<=48h	4 295 €	22 342 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	28 745 €	20 426 €	4 295 €
>80	<=24	>=48h	4 295 €	41 455 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	39 301 €	27 479 €	4 295 €
>80	>24h	<=48h	4 295 €	36 805 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	45 148 €	28 943 €	4 295 €
>80	>24h	>=48h	4 295 €	60 697 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	52 780 €	35 263 €	4 295 €
<=100	<= 24h	<=48h	4 295 €	60 697 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	52 780 €	35 263 €	4 295 €
<=100	<= 24h	>=48h	4 295 €	60 697 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	4 295 €	52 780 €	35 263 €	4 295 €
<=100	>24h	<=48h	10 738 €	60 697 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	52 780 €	35 263 €	10 738 €
<=100	>24h	>=48h	10 738 €	60 697 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	10 738 €	52 780 €	35 263 €	10 738 €

ANNEXE 2 :

Détails des calculs des Indicateurs DEMA / VAN pour chaque scénario

SCENARIO A

Rappel du scénario :

Numéro du scénario d'AVP	Description générale	Détails	Plan de localisation
Sc, A	Travaux Communs (RN7, Belle Plaine et Ravine Paradis, protection Collège, curage exutoire) et rétention M9	Rétention globale M9 + Ouvrages sous RN7 amont quartier Belle plaine + reprise pont de la RN7 de la ravine Paradis + protection du collège (M10)	Cf, Figure 5

DEMA ScA

Les valeurs obtenues sont :

- ✚ un dommage moyen annualisé en situation projetée (DMA ScA) de **5 064 150 €**,
- ✚ $DEMA = DMA\ initial - DMA\ projet$

Le dommage évité moyen annuel en situation aménagée (DEMA- ScA) est alors de 1 151 706 €,

ANALYSES COÛTS-BENEFICES ET MULTICRITÈRES

Aménagement du bassin de Belle-Plaine

Maîtrise d'œuvre – Avant-Projet

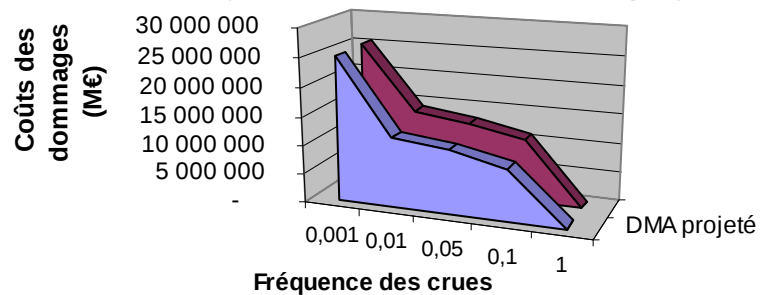


Dommages Moyen Annualisé en situation initiale (DMA initial)		6 215 856	€		
Crue	Indice	Lenny	T100	T50	T10
	Fréquence	0,001	0,01	0,05	0,1
	Coûts bâti	19 961 065	11 229 447	10 368 498	8 692 047
	Coûts entreprise	3 888 244	1 639 885	1 522 524	1 216 970
	Coûts agricole	52 725	43 125	43 123	40 246
	Coûts infrastructures	1 510 914	1 118 086	1 019 694	945 109
	Coûts totaux	25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371

Dommages Moyen Annuel en situation projetée (DMA projet)		5 064 150	€		
Crue	Indice	Lenny	T100	T50	T10
	Fréquence	0,001	0,01	0,05	0,1
	Coûts bâti	19 575 724	9 599 975	8 709 985	6 953 211
	Coûts entreprise	4 002 849	1 510 268	1 450 159	1 262 422
	Coûts agricole	52 730	41 725	39 337	36 436
	Coûts infrastructures	1 508 874	937 111	748 150	510 443
	Coûts totaux	25 140 177	12 089 079	10 947 631	8 762 512

Dommages Évités Moyen Annuel en situation projetée (DEMA projet)		1 151 706	€		
Crue	Indice	Lenny	T100	T50	T10
	Fréquence	0,001	0,01	0,05	0,1
	Dommages évités au bâti	385 341	1 629 472	1 658 512	1 738 836
	Dommages évités aux industries	- 114 605	129 617	72 365	- 45 452
	Dommages évités à l'agriculture	- 5	1 400	3 786	3 810
	Dommages évités aux infrastructures	2 040	180 975	271 544	434 665
	Coûts totaux	272 771	1 941 464	2 006 208	2 131 859

Domages en situation existante et projetée



	0	0,01	0,05	0,1	1
DMA projeté	25 140 177	12 089 079	10 947 631	8 762 512	-
DMA initial	25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371	-

Domages en situation existante et projetée

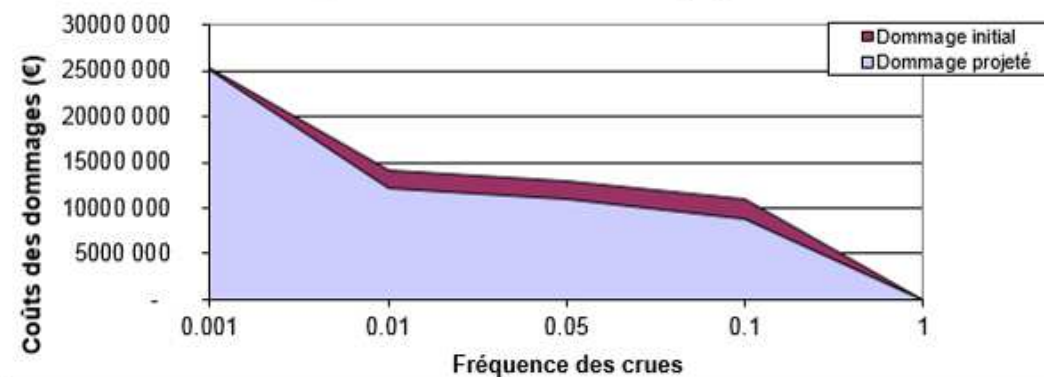


Figure 57 : DMA Actuel et projeté – Scénario A

VAN ScA

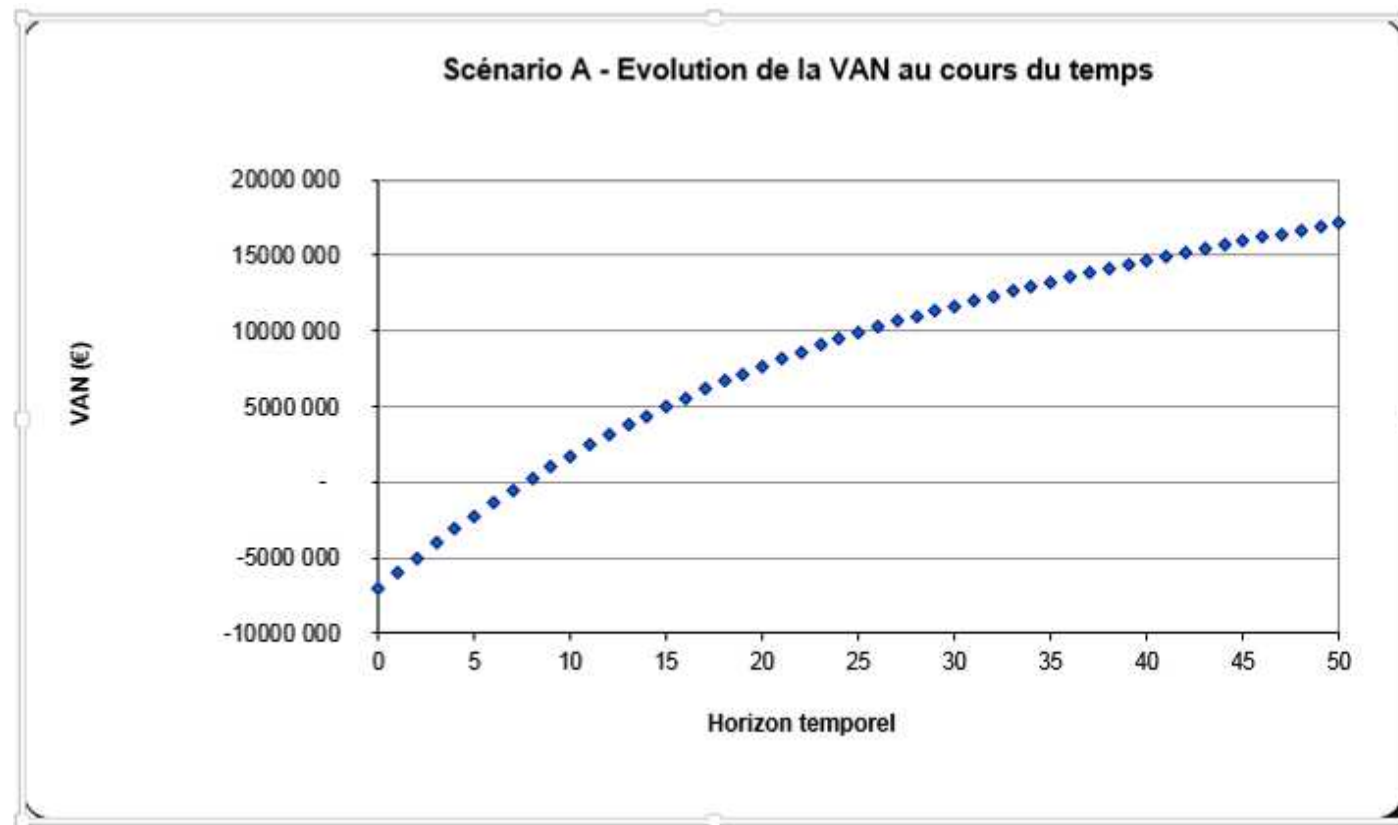


Figure 58 : VAN Scenario A

SCENARIO B

Rappel du scénario :

Numéro du scénario d'AVP	Description générale	Détails	Plan de localisation
Sc, B	Travaux Communs, rétention M9 et rétention M3	Rétention globale M9 + rétention complémentaire M3 + Ouvrages sous RN7 amont quartier Belle plaine + reprise pont de la RN7 de la ravine Paradis + protection du collège (M10)	Cf, Figure 6

DEMA ScB

Les valeurs obtenues sont :

- ↳ un dommage moyen annualisé en situation projetée (DMA ScB) de **4 480 676 €**,
- ↳ $DEMA = DMA_{initial} - DMA_{projet}$

Le dommage évité moyen annuel en situation aménagée (DEMA- ScB) est alors de 1 735 180 €,

ANALYSES COÛTS-BENEFICES ET MULTICRITÈRES

Aménagement du bassin de Belle-Plaine

Maîtrise d'œuvre – Avant-Projet

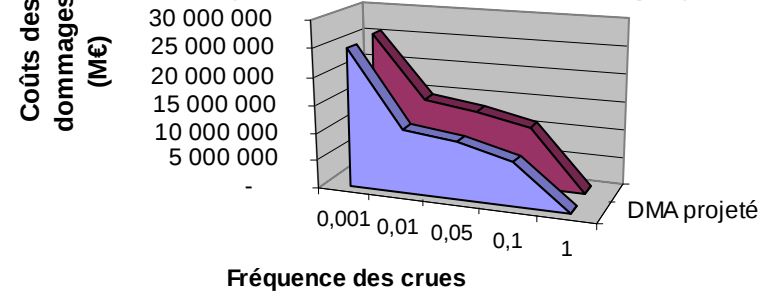


Dommages Moyen Annualisé en situation initiale (DMA initial)		6 215 856		€	
Crue	Indice	Lenny	T100	T50	T10
	Fréquence	0,001	0,01	0,05	0,1
Coûts bâti		19 961 065	11 229 447	10 368 498	8 692 047
Coûts entreprise		3 888 244	1 639 885	1 522 524	1 216 970
Coûts agricole		52 725	43 125	43 123	40 246
Coûts infrastructures		1 510 914	1 118 086	1 019 694	945 109
Coûts totaux		25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371

Dommages Moyen Annualisé en situation projetée (DMA projet)		4 480 676		€	
Crue	Indice	Lenny	T100	T50	T10
	Fréquence	0,001	0,01	0,05	0,1
Coûts bâti		19 553 804	9 138 125	8 191 126	6 107 270
Coûts entreprise		3 688 872	1 344 598	1 224 380	1 096 752
Coûts agricole		52 726	45 847	42 953	40 251
Coûts infrastructures		1 508 682	816 932	690 036	407 118
Coûts totaux		24 804 084	11 345 503	10 148 496	7 651 390

Dommages Evités Moyen Annuel en situation projetée (DEMA projet)		1 735 180		€	
Crue	Indice	Lenny	T100	T50	T10
	Fréquence	0,001	0,01	0,05	0,1
Coûts bâti		407 261	2 091 322	2 177 372	2 584 777
Coûts entreprise		199 372	295 287	298 144	120 218
Coûts agricole		- 1	- 2 722	170	- 5
Coûts infrastructures		2 231	301 154	329 658	537 991
Coûts totaux		608 864	2 685 041	2 805 343	3 242 981

Dommages en situation existante et projetée



	0	0,01	0,05	0,1	1
DMA projeté	24 804 084	11 345 503	10 148 496	7 651 390	-
DMA initial	25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371	-

Dommages en situation existante et projetée

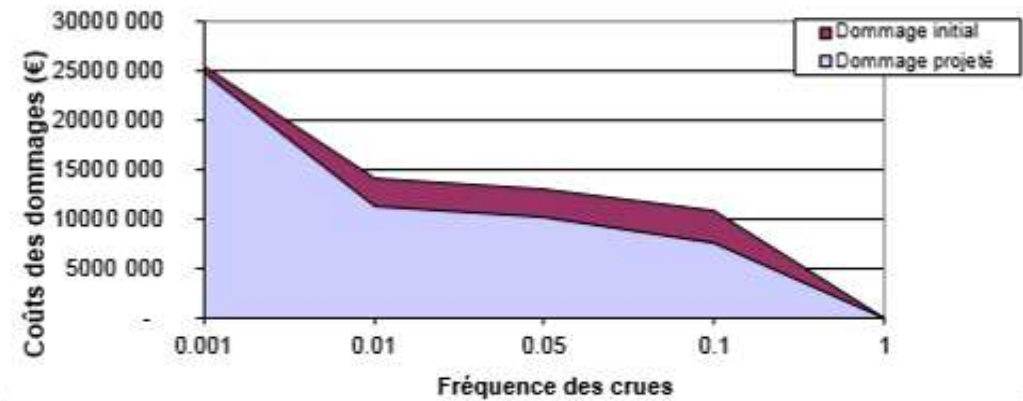


Figure 59 : DMA Actuel et projeté – Scénario B

VAN ScB

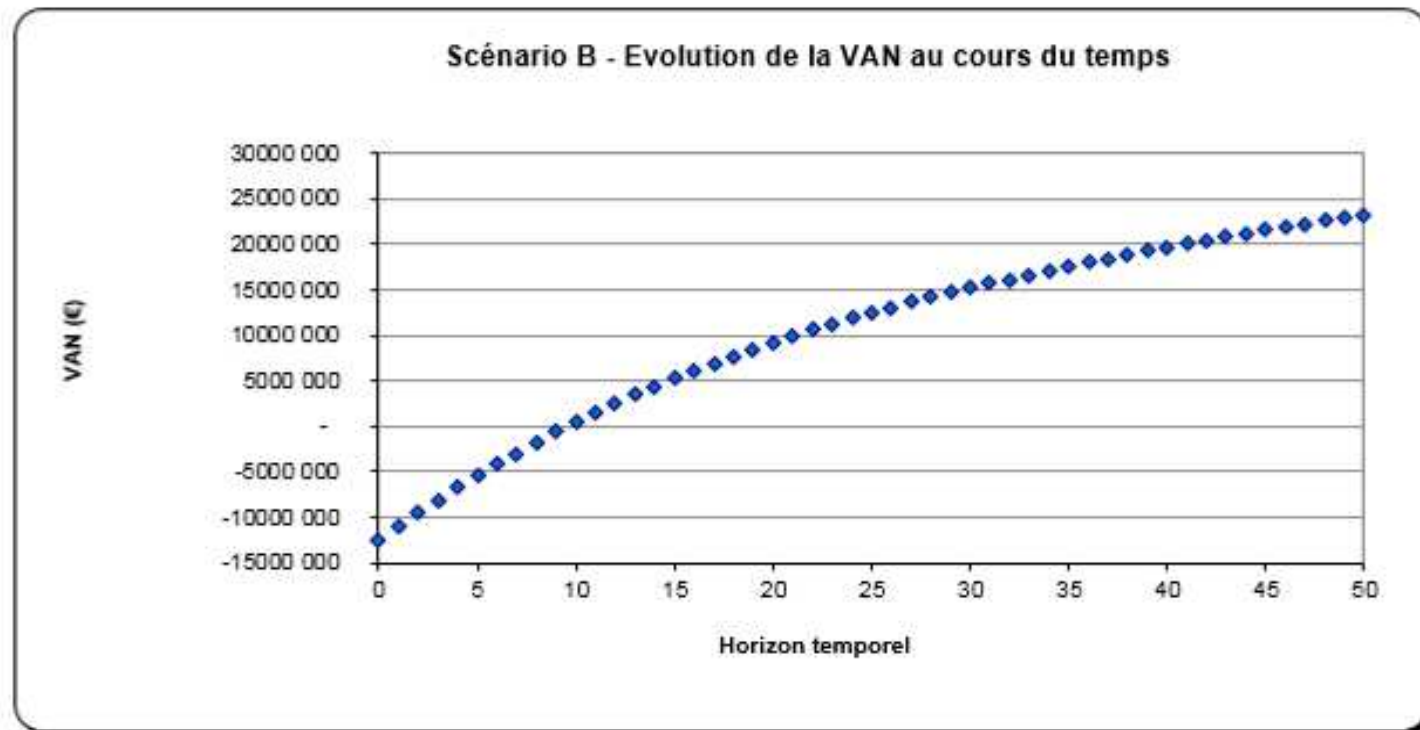


Figure 60 : VAN Scenario B

SCENARIO C

Rappel du scénario :

Numéro du scénario d'AVP	Description générale	Détails	Plan de localisation
Sc, C	Travaux Communs, rétention M9 et rétention M3 Optimisé	Rétention globale M9 + rétention complémentaire M3 + optimisation de la protection du collège+ Ouvrages sous RN7 amont quartier Belle plaine + reprise pont de la RN7 de la ravine Paradis + protection du collège (M10)	Cf, Figure 7

DEMA ScC

On obtient ainsi :

- ↳ un dommage moyen annualisé en situation projetée (DMA ScC) de **4 246 511 €**,
- ↳ $DEMA = DMA_{initial} - DMA_{projet}$

Le dommage évité moyen annuel en situation aménagée (DEMA- ScC) est alors de **1 969 344 €,**

ANALYSES COÛTS-BENEFICES ET MULTICRITÈRES

Aménagement du bassin de Belle-Plaine

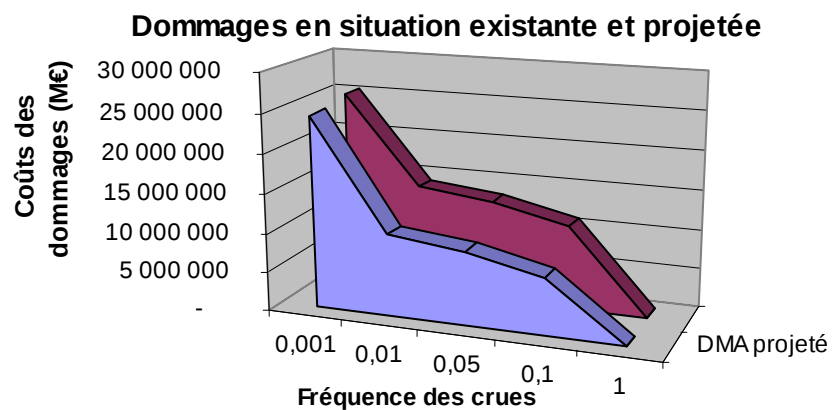
Maîtrise d'œuvre – Avant-Projet



situation initiale (DMA initial)					
Crue	Indice Fréquence	Lenny	T100	T50	T10
		0,001	0,01	0,05	0,1
Coûts bâti		19 961 065	11 229 447	10 368 498	8 692 047
Coûts entreprise		3 888 244	1 639 885	1 522 524	1 216 970
Coûts agricole		52 725	43 125	43 123	40 246
Coûts infrastructures		1 510 914	1 118 086	1 019 694	945 109
Coûts totaux		25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371

Dommages Moyen Annualisé en situation projetée (DMA projet)		4 246 511			
Crue	Indice Fréquence	Lenny	T100	T50	T10
		0,001	0,01	0,05	0,1
Coûts bâti		19 402 087	8 864 432	7 952 679	6 156 865
Coûts entreprise		3 638 574	1 344 598	1 224 380	982 367
Coûts agricole		52 726	45 847	42 953	40 251
Coûts infrastructures		1 473 993	205 164	109 674	104 416
Coûts totaux		24 567 380	10 460 041	9 329 686	7 283 898

Dommages Evités Moyen Annuel en situation projetée (DEMA projet)		1 969 344			
Crue	Indice Fréquence	Lenny	T100	T50	T10
		0,001	0,01	0,05	0,1
Coûts bâti		558 979	2 365 015	2 415 819	2 535 182
Coûts entreprise		249 670	295 287	298 144	234 603
Coûts agricole		- 1	- 2 722	170	- 5
Coûts infrastructures		36 921	912 922	910 020	840 693
Coûts totaux		845 568	3 570 502	3 624 153	3 610 473



	0	0,01	0,05	0,1	1
DMA projeté	24 567 380	10 460 041	9 329 686	7 283 898	-
DMA initial	25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371	-

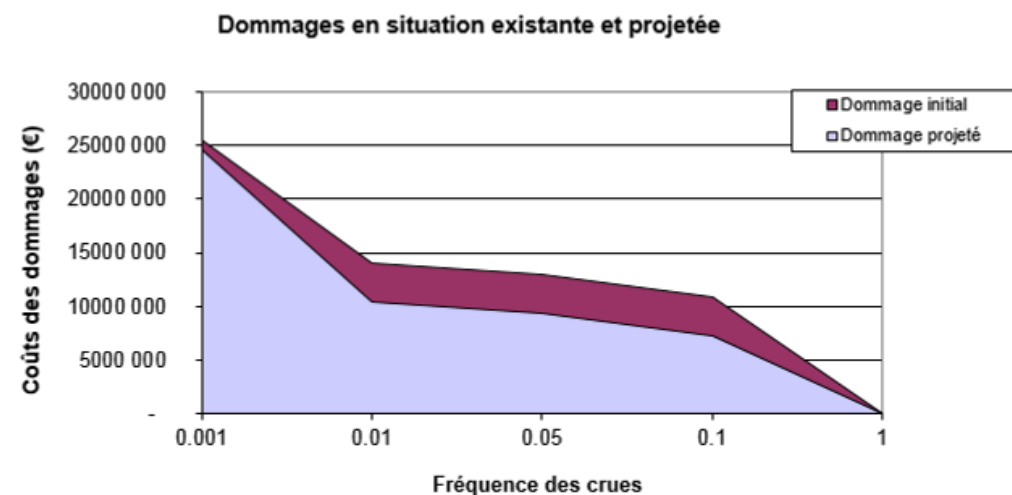


Figure 61 : DMA Actuel et projeté – Scénario C

VAN ScC

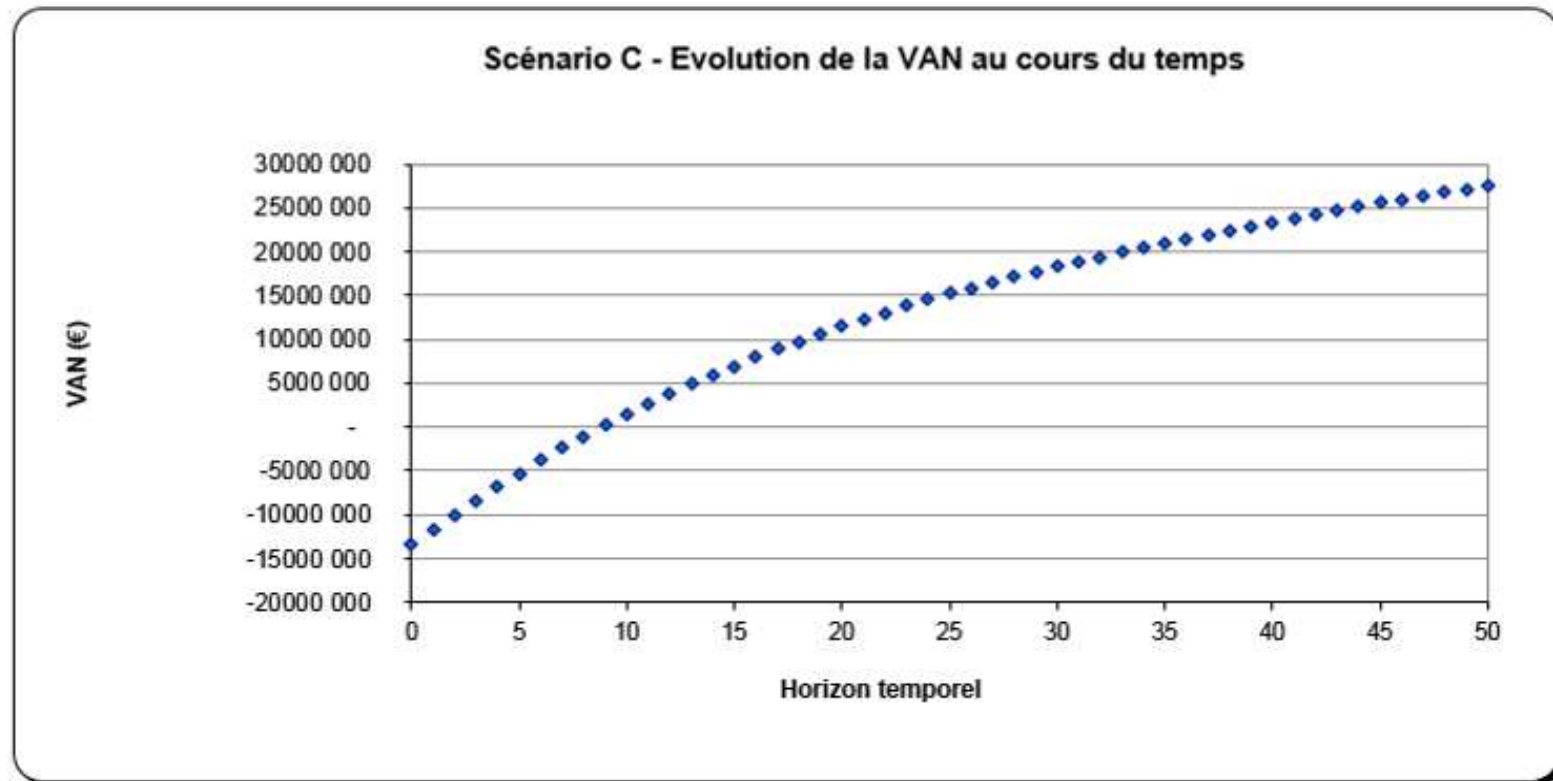


Figure 62 : VAN Scénario C

Scenario E

Rappel du scénario :

Numéro du scénario d'AVP	Description générale	Détails	Plan de localisation
Sc, E	Travaux Communs et recalibrage pompage	Scenario C avec les travaux structurel mais sans rétention, intégrant un recalibrage de la ravine du Quartier et une station de pompage associé à une partition de l'Étang aux Poissons	Cf, Figure 8

DEMA ScE

On obtient ainsi :

- ↳ un dommage moyen annualisé en situation projetée (DMA ScE) de **4 948 392 €**,
- ↳ $DEMA = DMA \text{ initial} - DMA \text{ projet}$

Le dommage évité moyen annuel en situation aménagée (DEMA- ScE) est alors de **1 267 467€,**

ANALYSES COÛTS-BENEFICES ET MULTICRITÈRES

Aménagement du bassin de Belle-Plaine

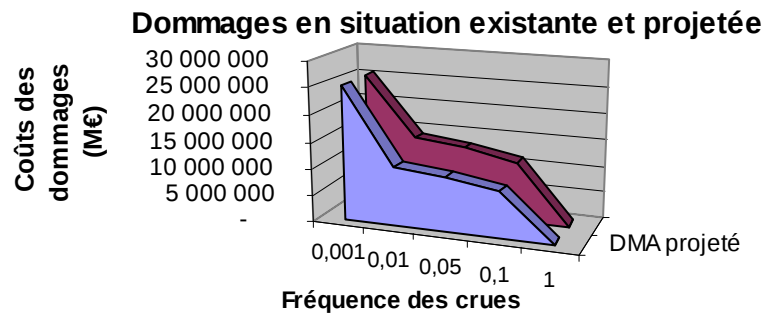
Maîtrise d'œuvre – Avant-Projet



Dommages Moyen Annualisé en situation initiale (DMA initial)		6 215 856		€	
Crue	Indice Fréquence	Lenny 0,001	T100 0,01	T50 0,05	T10 0,1
Coûts bâti		19 961 065	11 229 447	10 368 498	8 692 047
Coûts entreprise		3 888 244	1 639 885	1 522 524	1 216 970
Coûts agricole		52 725	43 125	43 123	40 246
Coûts infrastructures		1 510 914	1 118 086	1 019 694	945 109
Coûts totaux		25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371

Dommages Moyen Annualisé en situation projetée (DMA projet)		4 948 392		€	
Crue	Indice Fréquence	Lenny 0,001	T100 0,01	T50 0,05	T10 0,1
Coûts bâti		19 961 065	9 235 760	8 689 244	7 256 509
Coûts entreprise		3 888 244	1 344 598	1 344 598	1 216 970
Coûts agricole		52 725	43 123	39 317	36 614
Coûts infrastructures		1 510 914	539 077	230 496	114 932
Coûts totaux		25 412 948	11 162 558	10 303 654	8 625 024

Dommages Evités Moyen Annuel en situation projetée (DEMA projet)		1 267 467		€	
Crue	Indice Fréquence	Lenny 0,001	T100 0,01	T50 0,05	T10 0,1
Coûts bâti		-	1 993 687	1 679 254	1 435 538
Coûts entreprise		-	295 287	177 926	-
Coûts agricole		-	2	3 806	3 632
Coûts infrastructures		-	579 009	789 198	830 176
Coûts totaux		-	2 867 985	2 650 185	2 269 347



	0	0,01	0,05	0,1	1
DMA projeté	25 412 948	11 162 558	10 303 654	8 625 024	-
DMA initial	25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371	-

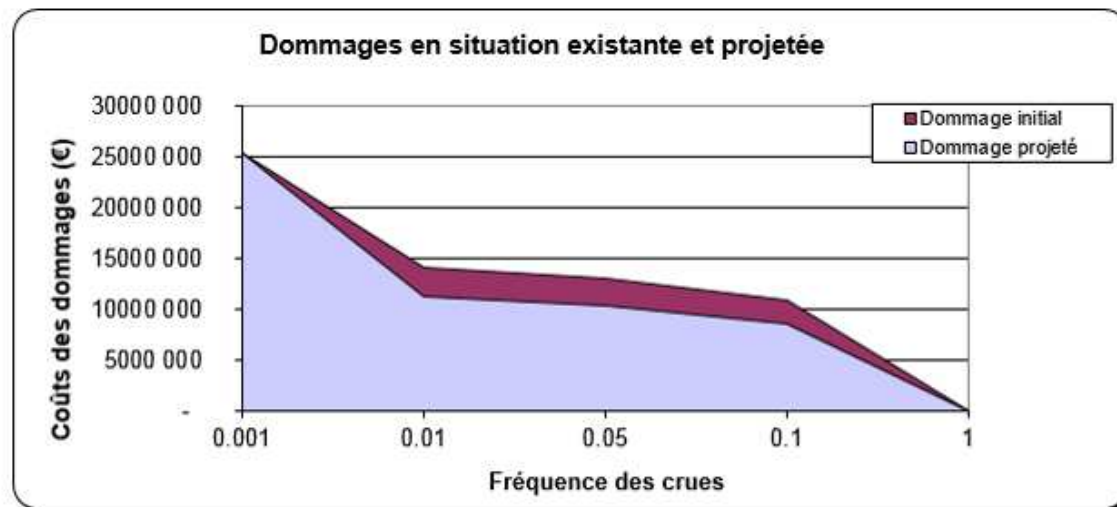


Figure 63 : DMA Actuel et projeté – Scénario E

VAN ScE

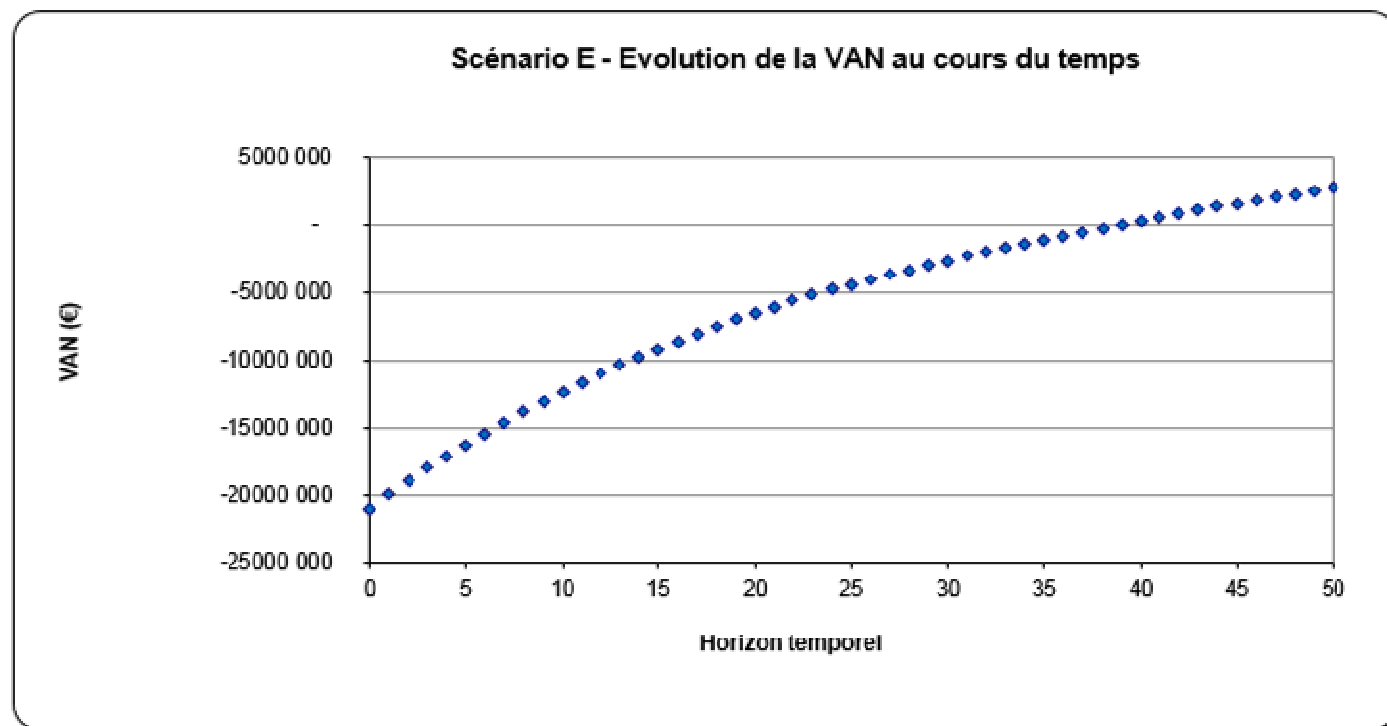


Figure 64 : VAN Scénario E

SCENARIO F

Rappel du scénario :

Numéro du scenario d'AVP	Description générale	Détails	Plan de localisation
Sc, F : « Délocalisation »	Scenario alternatif – délocalisation des enjeux		Cf, Figure 9

DEMA ScF

On obtient ainsi :

- ↳ un dommage moyen annualisé en situation projetée (DMA ScF) de **2 549 924 €**,
- ↳ $DEMA = DMA_{initial} - DMA_{projet}$

Le dommage évité moyen annuel en situation aménagée (DEMA- ScF) est alors de **3 665 932 €,**

ANALYSES COÛTS-BENEFICES ET MULTICRITÈRES

Aménagement du bassin de Belle-Plaine

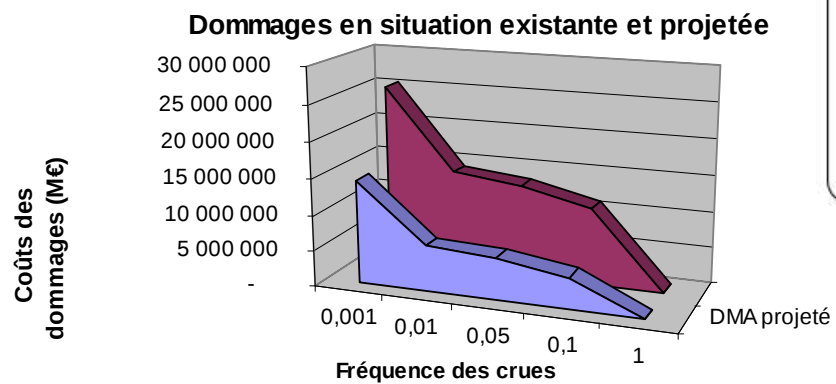
Maîtrise d'œuvre – Avant-Projet



Dommages Moyen Annualisé en situation initiale (DMA initial)		6 215 856		€	
Crue	Indice Fréquence	Lenny 0,001	T100 0,01	T50 0,05	T10 0,1
Coûts bâti		19 961 065	11 229 447	10 368 498	8 692 047
Coûts entreprise		3 888 244	1 639 885	1 522 524	1 216 970
Coûts agricole		52 725	43 125	43 123	40 246
Coûts infrastructures		1 510 914	1 118 086	1 019 694	945 109
Coûts totaux		25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371

Dommages Moyen Annualisé en situation projetée (DMA projet)		2 549 924		€	
Crue	Indice Fréquence	Lenny 0,001	T100 0,01	T50 0,05	T10 0,1
Coûts bâti		11 438 565	5 217 042	4 777 666	3 520 198
Coûts entreprise		2 321 076	732 495	732 495	477 239
Coûts agricole		52 725	43 125	43 123	40 246
Coûts infrastructures		577 710	409 785	340 542	305 656
Coûts totaux		14 390 076	6 402 448	5 893 826	4 343 339

Dommages Evités Moyen Annuel en situation projetée (DEMA projet)		3 665 932		€	
Crue	Indice Fréquence	Lenny 0,001	T100 0,01	T50 0,05	T10 0,1
Coûts bâti		8 522 501	6 012 405	5 590 832	5 171 849
Coûts entreprise		1 567 168	907 390	790 029	739 731
Coûts agricole		-	-	-	-
Coûts infrastructures		933 204	708 301	679 152	639 452
Coûts totaux		11 022 872	7 628 096	7 060 013	6 551 032



	0	0,01	0,05	0,1	1
DMA projeté	14 390 076	6 402 448	5 893 826	4 343 339	-
DMA initial	25 412 948	14 030 543	12 953 839	10 894 371	-

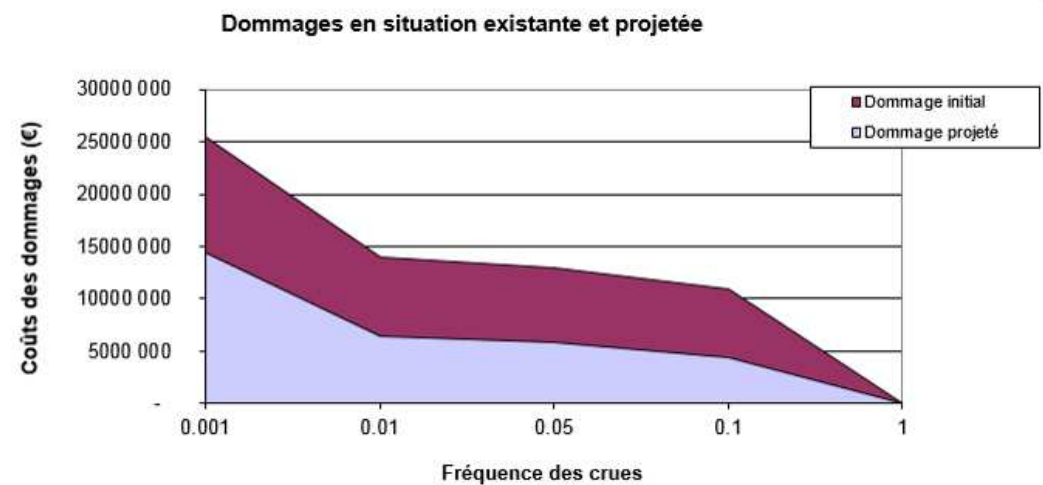


Figure 65 : DMA Actuel et projeté – Scénario F

VAN ScF

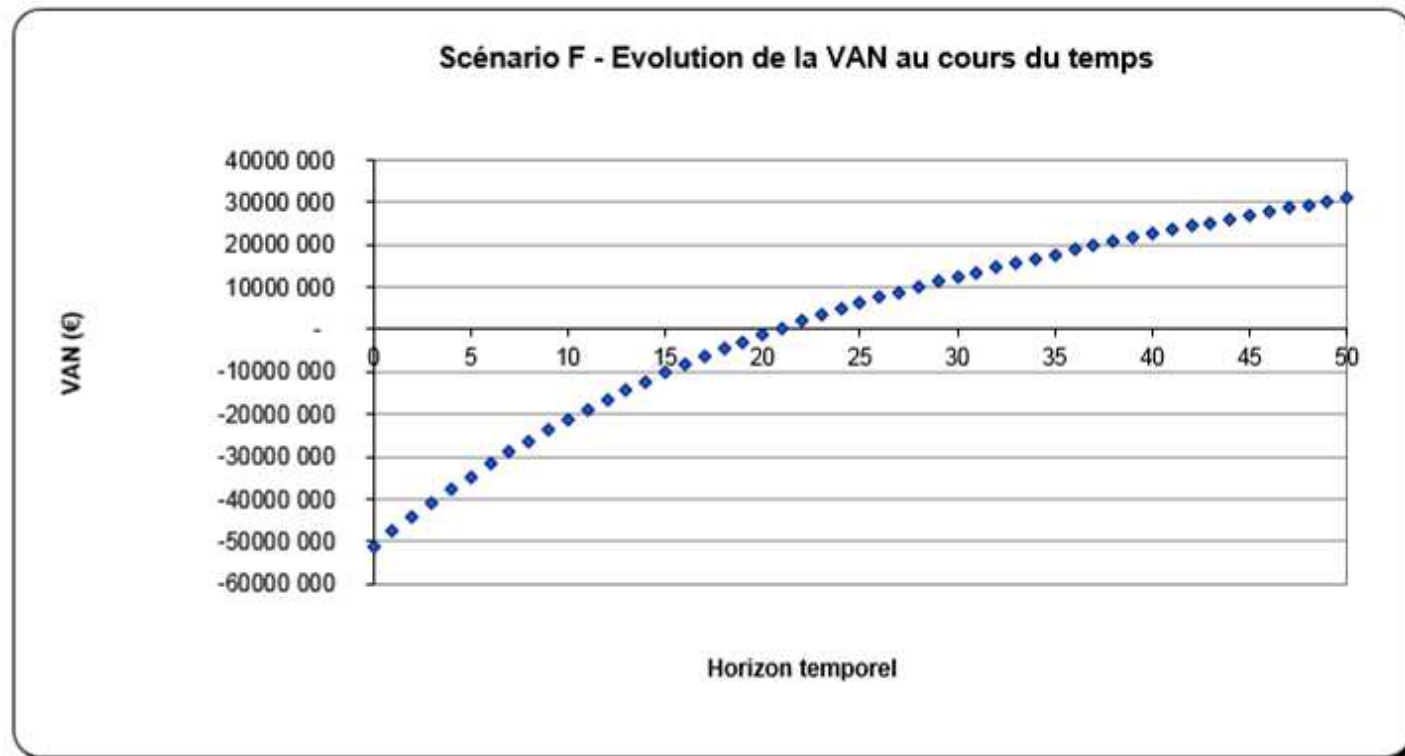


Figure 66 : VAN Scenario F