



Confortement de la digue de 1^{er} rang à Ronces-les-Bains

Analyse Coûts-Bénéfices – Analyse Multi-critères

RAPPORT FINAL

Marché n° 601H20



Confortement de la digue de 1^{er} rang à Ronce-les-Bains

ACB/AMC
Département de la Charente-Maritime
Rapport final

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI PAR	APPROUVÉ PAR	DATE
V1	Version provisoire	Adrien Méjean	TSD	20/02/2023
V2	Version finale intégrant les remarques du MO du 10/03/2023	Adrien Méjean	TSD	13/03/2023
ARTELIA - EAMO				

SOCIETE - Adresse
Siège social

SOMMAIRE

OBJET DU DOCUMENT	5
SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS	7
1. CONTEXTE DE L'OPÉRATION DE SÉCURISATION	8
1.1. Ronce-les-bains impactée par le risque de submersion marine..	8
1.2. Les différentes options de sécurisation étudiées	11
2. PRÉSENTATION DU SCÉNARIO D'AMÉNAGEMENT RETENU .	13
3. PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE	14
3.1. La définition du scénario de référence.....	14
3.2. La portée de l'analyse.....	14
3.3. Le périmètre géographique	15
3.4. L'horizon temporel	15
4. CARACTERISER LES ALEAS.....	16
4.1. Sources.....	16
4.2. Nombre de scénarios.....	17
4.3. Paramètres.....	18
5. CARACTÉRISER L'OCCUPATION DU TERRITOIRE	19
5.1. Méthodologie.....	20
5.1.1. Population	20
5.1.2. Logements	20
5.1.3. Activités économiques : entreprises et emplois	21
5.1.4. Agriculture	22
5.1.5. Etablissements de santé	22
5.1.6. Etablissements accueillant une population vulnérable	22
5.1.7. Bâtiments de gestion de crise	22
5.1.8. Administrations.....	23
5.1.9. Axes routiers	23
5.1.10. Installations sensibles du réseau d'eaux usées	23
5.1.11. Sites potentiellement dangereux : Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)	23

5.1.12. Patrimoine	24
5.2. Resultats	24
6. ANALYSE ÉLÉMENTAIRE : LES COÛTS ET BÉNÉFICES DU PROJET	26
6.1. Les coûts associés au projet.....	26
6.1.1. Coûts d'investissements	26
6.1.2. Coûts environnementaux	26
6.1.3. Coûts d'entretien	26
6.1.4. Coûts de réparation.....	27
6.1.5. Coûts liés à la surinondation.....	27
6.1.6. Echancier des investissements	27
6.1.7. Synthèse des coûts	27
6.2. Les bénéfices associés au projet	28
6.2.1. Méthodologie	28
6.2.1.1. L'évaluation des enjeux protégés grâce au projet	28
6.2.1.2. La monétarisation des dommages évités grâce au projet	28
6.2.2. Résultats	29
6.2.2.1. Mise en sécurité des personnes	31
6.2.2.2. Dommages aux biens	31
6.2.2.3. Amélioration de la résilience du territoire.....	31
6.2.2.4. Protection de l'environnement	31
7. ANALYSE SYNTHÉTIQUE DES SCÉNARIOS	32
7.1. Methodologie.....	32
7.2. Résultats	33
8. ANALYSE DE ROBUSTESSE	37
8.1. Analyse de sensibilité	37
8.2. Analyse d'incertitudes	40

TABLEAUX

Tableau 1 – Analyse des options (AMC synthétiques).....	12
Tableau 2 – Les indicateurs élémentaires de l'AMC	19
Tableau 3 – Données utilisées pour identifier et caractériser les enjeux	19
Tableau 4 – Tranches d'effectifs pour les entreprises	21
Tableau 5 – Enjeux recensés sur le périmètre d'étude.....	25
Tableau 6 – Synthèse des coûts	27
Tableau 7 – Synthèse des bénéfices.....	30

Tableau 8 – Indicateurs synthétiques de l'AMC	35
Tableau 9 – Paramètres de l'analyse de sensibilité	37
Tableau 10 – Résultats de l'analyse de sensibilité.....	38
Tableau 11 – Résultats de l'analyse d'incertitudes	41

FIGURES

Figure 1 – Les étapes des AMC.....	6
Figure 2 – Tempêtes Martin à Ronce-les Bains (PAPI du bassin de la Seudre)	8
Figure 3 – Tempêtes Xynthia à Ronce-les Bains (PAPI du bassin de la Seudre).....	8
Figure 4 – Brise-lame avec et sans enrochement à Ronce-les-Bains (PAPI du bassin de la Seudre)	9
Figure 5 – Dignes du Mus-de-Loup (PAPI du bassin de la Seudre)	9
Figure 6 – Localisation des logements impactés par l'évènement majorant (soit Xynthia + vents Martin + 20cm)	10
Figure 7 – Localisation des entreprises impactés par l'évènement majorant (soit Xynthia + vents Martin + 20 cm)	10
Figure 8 – Emprise du maillage, dont zone raffinée sur le secteur d'étude	16
Figure 9 – Représentation de la courbe dommages-fréquences (CEREMA)	17
Figure 10 – Dommages aux entreprises selon la fréquence d'aléas	33
Figure 11 – Dommages aux logements selon la fréquence d'aléas.....	34
Figure 12 – Dommages aux équipements publics selon la fréquence d'aléas.....	34
Figure 13 – Dommages totaux selon la fréquence d'aléas	35
Figure 14 – Représentation de la valeur actualisée nette (VAN)	36
Figure 15 – Analyse de la VAN	41

OBJET DU DOCUMENT

Ce rapport présente l'analyse multicritère (AMC) du projet de sécurisation de la digue maçonnée et la digue Mus-de-Loup dans le secteur de Ronce-les-Bains dans la commune de la Tremblade (17).

Le projet est porté par le Département de la Charente Maritime et rentre de la cadre du PAPI du bassin de la Seudre.

La méthodologie suivie est conforme aux recommandations nationales contenues dans le guide méthodologique d'analyse multicritère des projets de prévention des inondations¹ publié en mars 2018 par le CGDD (Commissariat Général au Développement Durable), et ses outils associés. Les différentes étapes de cette méthodologie présentées schématiquement sur la « Figure 1 – Les étapes des AMC » sont développées dans les paragraphes suivants.

Les résultats sont présentés comme indiqué dans le cahier des charges PAPI 3² et notamment l'annexe 4, le cahier des charges de l'analyse multicritères. Les points de vigilance identifiés par les experts³ sont clairement justifiés. Les éléments nécessaires à l'instruction⁴⁵ sont mis en évidence dans le rapport.

Les montants d'investissements envisagés sont inférieurs au seuil de 5 M€, cependant une AMC complète a été réalisée conformément aux recommandations méthodologiques du cahier des charges « PAPI 3 ».

¹ « Analyse multicritère des projets de prévention des inondations : le guide méthodologique, Thema, mars 2018 ».

² « Le troisième cahier des charges des programmes d'actions de prévention des inondations, Direction générale de la prévention des risques, 2017 ».

³ « AMC - Les points de vigilance pour la réalisation ACB ou AMC, CGDD/CEREMA/IRSTEA ».

⁴ « AMC - Grille d'aide à l'instruction des ACB à destination des DREAL ».

⁵ « AMC - Grille d'aide à l'instruction des AMC à destination des DREAL ».

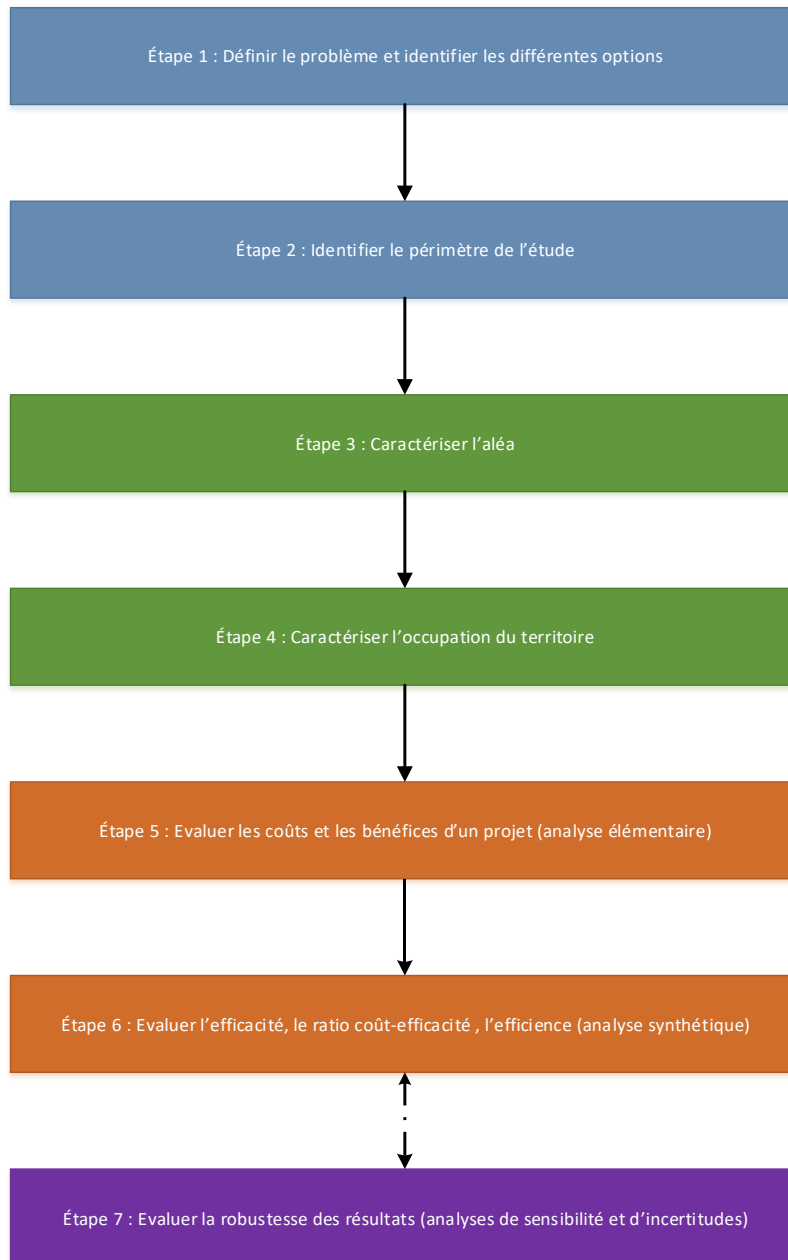


Figure 1 – Les étapes des AMC

SYNTHESE ET CONCLUSIONS

Ronce-les-Bains situé dans la commune de la Tremblade (17) est exposé au risque de submersion marine. Les dernières tempêtes Martin (1999) et Xynthia (2010) ont occasionnées de nombreux sinistres.

Afin de réduire la vulnérabilité de Ronce-les-Bains, le PAPI du bassin de la Seudre a identifié une action de confortement et de rehausse de la digue maçonnée et de la digue du Mus-de-Loup. Cette action s'accompagne d'une reprise des ouvrages hydrauliques pour améliorer la résilience du dispositif d'endiguement et ce au regard des nombreux enjeux de la commune.

Quelles sont les bénéfices du projet ?

- Chaque année, en moyenne, 4 habitants (28 habitants si l'on tient compte de la population saisonnière) et 6 emplois sont protégés
- 77% des habitants et 82 % des emplois de la zone inondable en situation de référence sont protégés chaque année
- 276 k€ de dommages sont évités chaque année
- 79 % dommages de la situation de référence sont évités chaque année

A quel coût le projet atteint-il ses objectifs de protection des enjeux ?

En moyenne chaque année

- Le projet coûte 137 k€
- Sortir un habitant de la zone inondable coûte : 36 600 € (hors population en résidence secondaire)
- Sortir un emploi de la zone inondable coûte : 25 135 €

Le projet est-il rentable sur 50 ans ?

- Le projet est rentable à partir de la 43^{ième} année et la valeur actualisée nette est de 390 k€
- Pour 1 € investi, le projet permet d'éviter 1,06 € de dommages

Les indicateurs en termes de % d'emplois et de personnes protégés montrent la pertinence du projet qui vise à les protéger.

Le faible nombre de personne protégée chaque année est à relativiser car celui-ci correspond uniquement aux habitants à l'année qui ne représentent que 16 % de la population totale identifiée en zone inondable sur le secteur d'étude. Dans cette situation, le coût par habitant protégé peut paraître élevé. Afin de nuancer ces résultats, nous avons complété l'analyse avec un chiffrage des habitants en résidence secondaire. Aussi, en prenant en compte la population totale, le coût moyen du projet par habitant protégé est de 4 900 €.

Enfin, les indicateurs d'efficience montrent que le projet est rentable à horizon 50 ans.

Ainsi, le projet est tout à fait pertinent vis-à-vis de ses objectifs de protection de Ronce-les-Bains.

1. CONTEXTE DE L'OPERATION DE SECURISATION

L'aménagement étudié doit répondre à une problématique spécifique du territoire qu'il est nécessaire de bien caractériser.

1.1. RONCE-LES-BAINS IMPACTEE PAR LE RISQUE DE SUBMERSION MARINE

Ronce-les-Bains située dans la commune de la Tremblade (17) est exposée au risque de submersion marine. Le secteur a ainsi été impacté lors des dernières tempêtes notables :

- **La tempête Martin le 27 décembre 1999**, marquée par des vents d'une extrême violence (près de 200 km/h sur le littoral (198 km/h sur l'île d'Oléron). Le faible coefficient de marée (77 pendant l'épisode) a certainement permis de limiter un bilan humain déjà lourd en Charente-Maritime (13 décès).



Photo 5. Plage de la Cèpe, Ronce-les-Bains, après la tempête Martin



Photo 6. Place Brochard, Ronce-les-Bains, après la tempête Martin

Figure 2 – Tempêtes Martin à Ronce-les Bains (PAPI du bassin de la Seudre)

- **La tempête Xynthia dans la nuit du 27 au 28 février 2010.** L'importance de la submersion a été liée à la coïncidence du passage de la tempête avec la pleine mer d'une marée de vive-eau de coefficient 102 et des fortes houles comprises entre 6 et 7 m. A noter des rafales maximales de 160 km/h sur le littoral ont été relevées (140 km/h sur l'île d'Oléron).



Photo 10. Ronce-les-Bains, Tempête Xynthia

Figure 3 – Tempêtes Xynthia à Ronce-les Bains (PAPI du bassin de la Seudre)

Actuellement, Ronce-les-Bains dispose d'ouvrages de protection de type :

- Brise-lame, construit sur un linéaire de 1 655 m dans les 1880 pour protéger de l'érosion marine. Lors des tempêtes Martin et Xynthia, de nombreux dégâts ont été générés dans le centre-ville du fait de franchissements de mer par-dessus cet ouvrage et d'entrées d'eau par les descentes à la mer. L'arase de cet ouvrage permet à celui-ci de protéger les terrains arrières contre des événements de petites intensités. Néanmoins, ce dispositif de protection n'est pas suffisant pour des événements majeurs, d'autant qu'il n'y a aucun dispositif de protection au niveau des allées et de la place Brochard.



Figure 4 – Brise-lame avec et sans enrochement à Ronce-les-Bains (PAPI du bassin de la Seudre)

- Digue de Mus-de-Loup qui s'étend sur un linéaire d'environ 1 660 m. Cet ouvrage ayant une vocation de protection contre le risque de submersion marine a subi des dégradations importantes lors de la tempête Xynthia et a été submergé au niveau des bâtiments de l'Ifremer. Une partie de son linéaire a été reprise récemment.

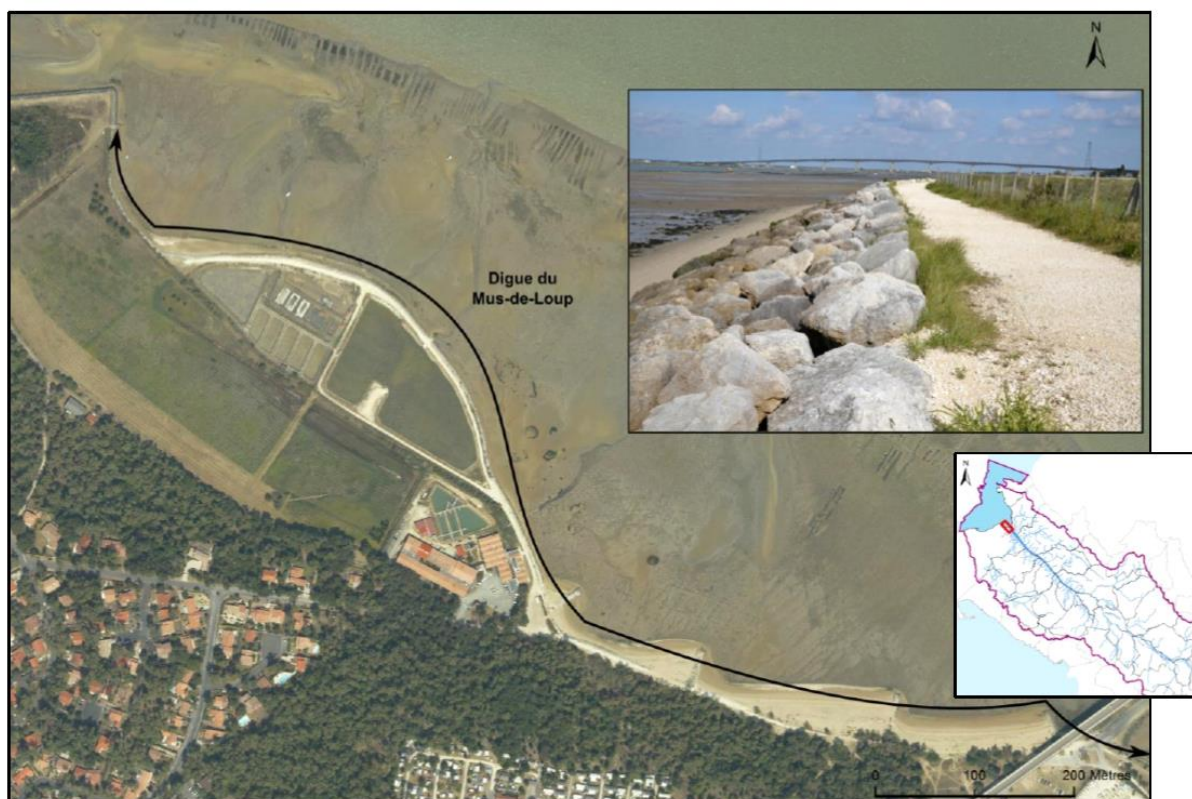


Figure 5 – Dignes du Mus-de-Loup (PAPI du bassin de la Seudre)

Les cartes suivantes présentent les enjeux représentatifs du secteur d'étude et impactés pour l'évènement majorant Xynthia + vents Martin + 20 cm (T200/300 ans) :

- 489 logements pour une population impactée estimée à 1 005 personnes (160 habitants à l'année) ;
- 136 entreprises pour 184 emplois impactés.

Tous les indicateurs sont détaillés dans les paragraphes 5 et 6.



Figure 6 – Localisation des logements impactés par l'évènement majorant (soit Xynthia + vents Martin + 20cm)



Figure 7 – Localisation des entreprises impactés par l'évènement majorant (soit Xynthia + vents Martin + 20 cm)

1.2. LES DIFFERENTES OPTIONS DE SECURISATION ETUDIEES

Afin de réduire la vulnérabilité de Ronce-les-Bains, le PAPI du bassin de la Seudre a identifié une action de confortement et de rehausse de la digue maçonnée et de la digue du Mus-de-Loup. Elle est accompagnée d'une reprise des ouvrages hydrauliques pour améliorer la résilience du dispositif d'endiguement et ce au regard des nombreux enjeux de la commune.

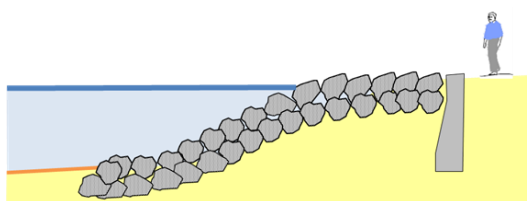
L'évènement correspondant au niveau Xynthia + vents Martin + 20 cm (période de retour estimée à 200/300 ans) avait été retenu pour le dimensionnement des ouvrages dans le cadre du PAPI. Au dernier semestre 2020, le Département de la Charente-Maritime, Maître d'Ouvrage sur l'action, a confié à ARTELIA une étude préalable de définition, dans le cadre de cette fiche PAPI. Ces études préalables ont montré que les sollicitations hydrauliques prises en compte de l'évènement de référence (Xynthia + 0.2 avec vents MARTIN) étaient trop contraignantes en terme de coûts d'investissements.

Face à constat, le Maître d'Ouvrage a souhaité poursuivre les études d'AVP et l'AMC en prenant l'évènement Xynthia comme évènement de référence.

A l'issue de la réunion du 18 novembre 2021, Les solutions suivantes ont été retenues pour être étudiées au stade AVP:

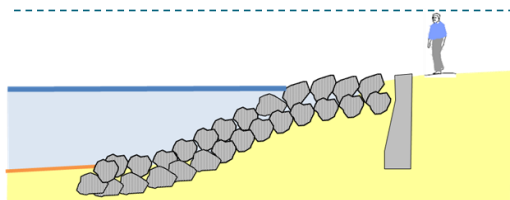
Front urbain de Ronce-les-Bain (à l'Ouest de la Pointe au Herbes), avec trois solutions d'aménagements :

- Scénario A : Large berme



Berne :
- Cote 4.5 m IGN69
- Largeur : 3.6 m
-> franchissement : 0.1 l/s

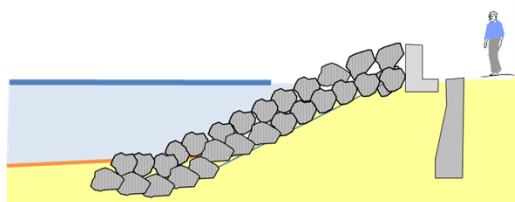
- Scénario B : Berme moyenne



Berne :
- Cote 4.5 m IGN69
- Largeur : 2.4 m
-> franchissement : 1 l/s

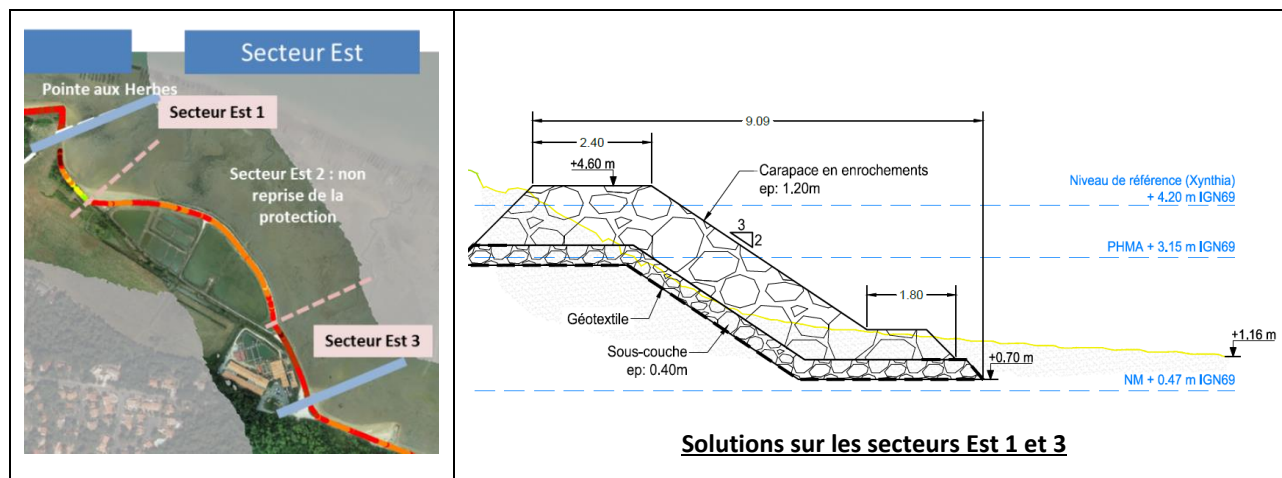
Dangereux pour personnels conscients du risque (riverains)

- Scénario C : Enrochements + mur



Berne :
- Cote 4.8 m IGN69
- Largeur : 0.6 m
-> franchissement : 4 l/s

Zone à l'Est de la Pointe aux Herbes : une seule solution



Une AMC simplifiée a été menée pour chaque scénario (tests combinant la solution à l'Est de la Pointe aux Herbes avec les 3 scénarios d'aménagements identifiés pour la digue maçonnée) afin de faire un choix sur la base des indicateurs d'ACB.

Les résultats de ces AMC simplifiés sont présentés dans le tableau suivant. Le cadre méthodologique des AMC réalisées ici est identique à celui développé pour la solution retenue ; il est celui détaillé dans les paragraphes suivants.

Tableau 1 – Analyse des options (AMC synthétiques)

Situation	VAN (50 ans)	Rapport B/C	Coût moyen annuel du projet par habitant protégé	Coût moyen annuel du projet par emploi protégé	Ratio dommages évités / dommages en situation de référence
Projet A	378 216 €	1,06	36 756 €	25 135 €	78,9 %
Projet B	925 995 €	1,15	33 906 €	23 021 €	78,3 %
Projet C	-153 101 €	0,98	40 356 €	26 854 €	76,4 %

Les scénarios A et B présentent une VAN positive à horizon 50 ans.

On constate une forte efficacité des trois solutions avec plus de 75 % de dommages évités par rapport à la situation référence. Le scénario A étant légèrement plus efficace que les deux autres scénarios.

Les résultats pour le scénario B sont meilleurs en terme de ratio B/C : 1€ investit permet d'éviter environ 1,15 € de dommages. Toutefois le scénario A reste positif.

Enfin, les rapports coût/efficacité évalués (habitants et les emplois) paraissent importants pour ce type de projet. A relativiser toutefois pour les habitants car cet indicateur a été calculé sur la base des résidents à l'année qui ne représentent que 16 % de la population.

2. PRESENTATION DU SCENARIO D'AMENAGEMENT RETENU

Le scénario d'aménagement retenu, au travers de son fonctionnement, permet d'éviter certains dommages liés aux inondations, engendre des coûts et d'autres impacts. Avant de les évaluer précisément, il est important de les décrire. Cette description doit permettre de comprendre pourquoi ce projet précis a été retenu pour prévenir les inondations.

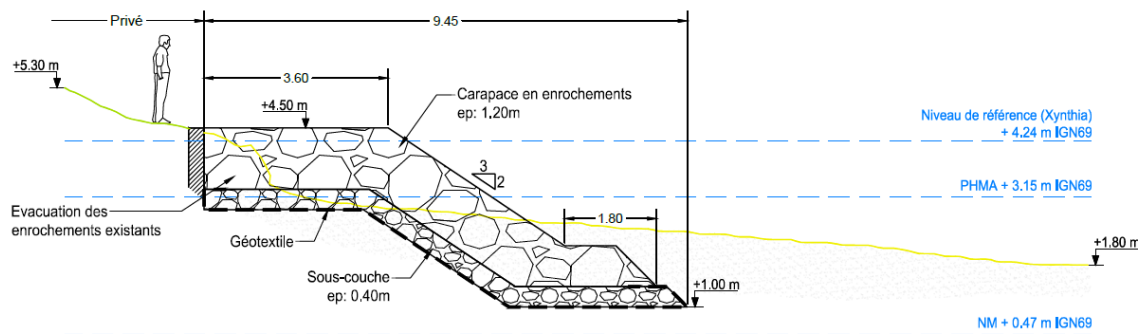
La solution retenue à l'issue du COPIL de septembre 2022 est la suivante :



Localisation des secteurs

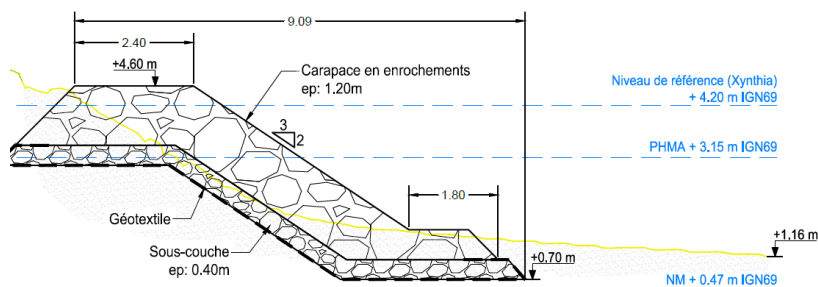
Front urbain de Ronce-les-bains (à l'Ouest de la Pointe aux Herbes) (secteurs Ouest 1, 2 et 3)

Lors du COPIL du 2 septembre 2022, la mairie de la Tremblade a rappelé que le niveau de protection retenu (événement de réf : type Xynthia) avait été abaissé par rapport à celui du PAPI (événement de réf : type Xynthia + vents Martin + 20 cm). De plus, elle a rappelé que plus les volumes de submersion seront importants, plus des problématiques complexes de réessuyage des eaux devront être solutionnées. Aussi, c'est pour ces raisons que la solution A a été retenue (qui permet de limiter les franchissements sur les terrains arrières) pour le front urbain de Ronce-les-Bains.



Littoral à l'Est de la Pointe aux Herbes (secteur Est 1 et 2)

La solution étudiée a été validée par le COPIL de septembre 2022, à savoir :



3. PERIMETRE D'ETUDE

3.1. LA DEFINITION DU SCENARIO DE REFERENCE

L'AMC permet de comparer plusieurs options. Le scénario de référence correspond à une option, et fixe le référentiel des différentes situations à comparer. C'est donc un scénario important à définir. Il ne correspond pas forcément à la situation initiale, ni à une absence totale d'investissement, mais correspond à une évolution possible du territoire sans projet.

La **situation de référence** correspond à la situation actuelle avec la digue maçonnée et la digue du Mus-de-Loup, soit :

- Un linéaire de 1 660 m pour la digue de Mus-de-Loup, constitué de terre et d'enrochements et s'élevant actuellement entre 3,45 m à 5,50 m NGF ;
- Un linéaire de 1 235 pour la digue maçonnée avec des cotes allant actuellement de 3 m à 4,6 m NGF.

Il n'a pas été considéré de brèches mais des franchissements des ouvrages par paquets de mer.

3.2. LA PORTEE DE L'ANALYSE

L'analyse du projet de prévention présentée dans ce rapport est une analyse économique. L'analyse économique évalue par définition la contribution du projet au bien-être du territoire. L'OCDE rappelle que « la règle de base veut qu'il soit tenu compte des bénéfices et des coûts enregistrés par tous les ressortissants du pays concerné⁶ ».

« Elle est réalisée au nom de l'ensemble de la société et pas au nom du propriétaire de l'infrastructure ou au porteur du projet, comme dans l'analyse financière. » (CE, 2003). « Pour cela, l'analyse financière considère les valeurs financières associées aux biens et services rendus par le projet à son exploitant alors que l'analyse économique intègre la valeur économique totale générée par le projet. Cette valeur économique intègre «des coûts et avantages sociaux non considérés dans l'analyse financière parce qu'ils ne génèrent pas de dépenses ou de recettes financières réelles (par exemple les impacts sur l'environnement [...]). » (CE, 2003).

Dans le cadre de l'AMC, l'analyse économique s'appuie sur des indicateurs d'impacts monétarisés - dommages tangibles directs et indirects (dommages aux logements, ...) ou non monétarisés, mais tout aussi importants : nombre de personnes protégées, par exemple.

Nous avons considéré les indicateurs primaires (élémentaires et synthétiques) de l'AMC, calculés conformément aux recommandations. Il n'a pas été nécessaire de calculer d'indicateur secondaire, le projet ne montrant pas de spécificité particulière non traduite par les indicateurs primaires.

Certains impacts sont considérés comme des transferts et ne sont pas à intégrer dans l'AMC : c'est le cas des pertes d'exploitations des entreprises. Conformément à la nouvelle méthodologie de 2018, les pertes d'exploitation ne sont pas intégrées aux calculs.

⁶ OCDE, « Analyse coûts-bénéfices et environnement : Développements récents ».

3.3. LE PERIMETRE GEOGRAPHIQUE

Le périmètre géographique doit couvrir toute la zone d'effet du projet : impacts positifs et éventuellement négatifs afin que l'AMC prenne bien en compte l'ensemble des avantages et inconvénients. Mais il ne doit pas être trop large, c'est-à-dire au-delà de la zone d'effet sinon cela affecte artificiellement la mesure de l'efficacité du projet (% de réduction de dommages par exemple).

Les délimitations amont et aval du périmètre géographique doivent correspondre aux limites auxquelles l'impact hydraulique des aménagements est considéré nul (ou si faible qu'il n'est pas quantifiable).

Le **périmètre géographique** pris en compte dans l'AMC correspond à l'emprise maximale des aléas considérés et de l'effet des mesures étudiées.

3.4. L'HORIZON TEMPOREL

L'horizon temporel est fixé à 50 ans : on prend en compte tous les coûts et les bénéfices du projet sur 50 ans au maximum. Il ne s'agit pas de la durée de vie de l'aménagement envisagé mais d'un pas de temps raisonnable au regard des hypothèses prises sur l'évolution de la situation (enjeux constants notamment).

Les flux économiques (bénéfices, coûts) s'échelonnant dans le temps, il convient de les ramener tous à la valeur actuelle pour les comparer. En effet, il faut traduire le prix relatif que nous attachons au présent et fixer la limite que nous sommes prêts à consentir pour l'avenir en appliquant un taux d'actualisation. Selon les recommandations de France Stratégie⁷, dans le cadre de l'analyse coût bénéfice des projets de gestion des risques naturels, le taux d'actualisation s'élève à 2,5 % jusqu'en 2070, puis il diminue à 1,5 %. [Attention, il ne s'agit pas d'inflation, ni d'actualisation des fonctions de dommages].

L'analyse considère la situation entre 2023 et 2072, soit sur 50 ans comme préconisé dans les recommandations nationales.

L'actualisation est basée sur le taux recommandé : 2,5% jusqu'en 2070, puis 1,5%.

⁷ France stratégie (ex- Commissariat général à la stratégie et au plan - CGSP), (2013). Évaluation socioéconomique des investissements publics. Rapport de la commission présidée par Emile Quinet

4. CARACTERISER LES ALEAS

4.1. SOURCES

Les aléas sont issues d'une modélisation réalisée par ARTELIA pour répondre spécifiquement au cahier des charges des AMC. Les dernières simulations ont été réalisées en mai 2022 avec un modèle TELEMAC 2D pour la définition des aménagements de gestion du risque submersion.

Le calage du modèle a été fait sur la base du retour d'expérience de l'évènement Xynthia en 2010.

Le maillage du modèle développé dans le cadre de l'élaboration du PPRL a été repris et raffiné sur la zone d'étude à partir des données issues du Litto3D. En effet, le modèle PPRL est construit avec une taille de maille comprise entre 20 et 100 m sur le secteur d'étude ce qui était trop grossier pour représenter finement les enveloppes des submersions par paquets de mer, en particulier pour des faibles débits franchissant. Ainsi, le maillage raffiné présente une taille de maille de l'ordre de 10 m sur le secteur de Ronce-les-Bains.

In fine la modélisation hydraulique a permis d'identifier les submersions dues aux franchissements par parquets de mer en état référence et état projet pour les évènements suivants :

- Scénario d'aléa d'une probabilité fréquente : T20 - Xynthia-30cm ;
- Scénario d'aléa de dimensionnement de projet : T50 – Xynthia ;
- Scénario d'aléa d'une probabilité moyenne : T70 – Martin ;
- Scénario d'aléa exceptionnel : T300 - Xynthia + vents Martin + 20 cm.

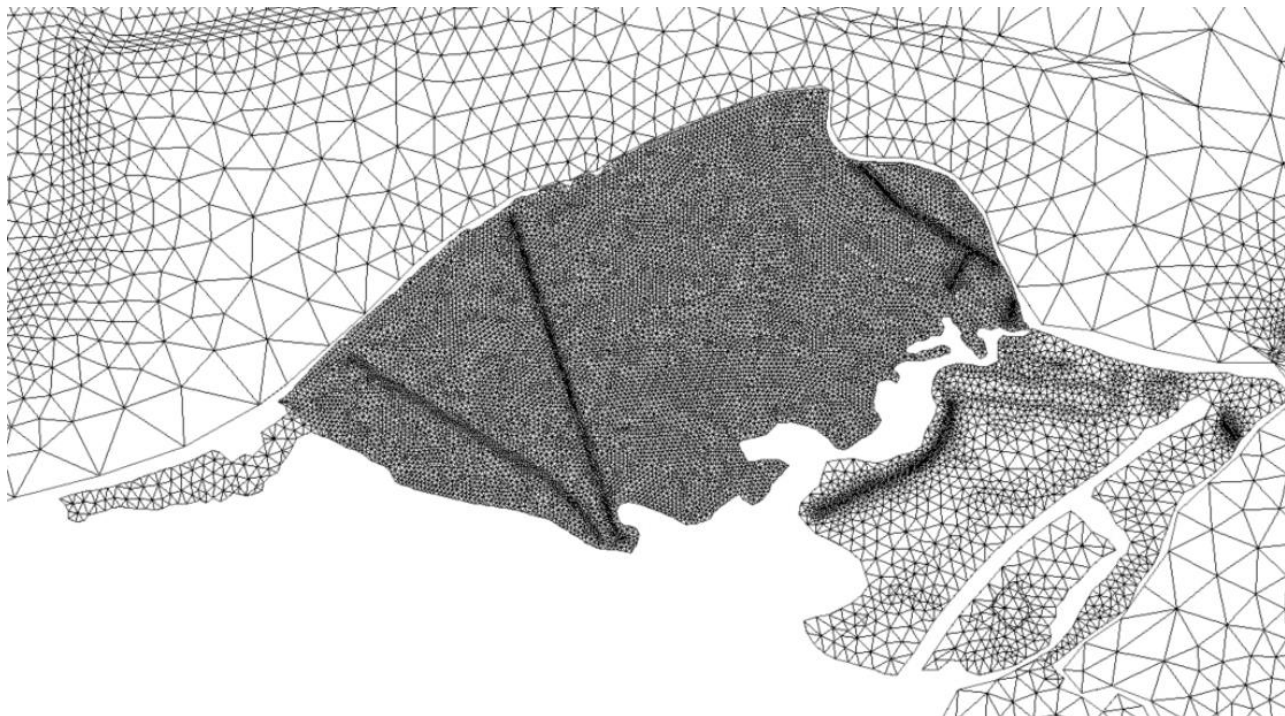


Figure 8 – Emprise du maillage, dont zone raffinée sur le secteur d'étude

4.2. NOMBRE DE SCENARIOS

Pour mener l'AMC, il est nécessaire d'établir les courbes dommages - fréquence (Figure 9 – Représentation de la courbe dommages-fréquences (CEREMA))

dans les différentes situations étudiées, afin de les comparer en tenant compte des différents scénarios de crues ou d'inondation potentiels.

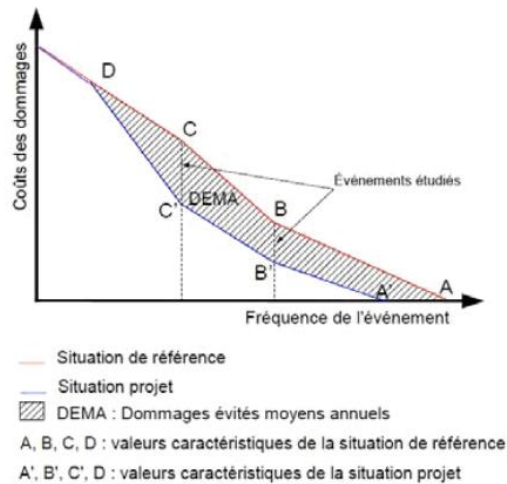


Figure 9 – Représentation de la courbe dommages-fréquences (CEREMA)

Pour construire ces courbes, plusieurs scénarios d'aléa sont à étudier, au minimum les quatre scénarios suivants :

- le scénario d'aléa de premiers dommages
- le scénario de dimensionnement du projet
- un scénario d'aléa pour lequel l'ouvrage ou le système a un impact hydraulique limité (point où les courbes en situation de référence et en situation de projet se rejoignent) ;
- un scénario d'aléa extrême, de période de retour au moins 1 000 ans.

Ces scénarios s'accordent avec ceux définis dans le cadre de la Directive Inondations⁸.

Les scénarios étudiés pour construire la courbe dommages-fréquences (avant et après projet) sont les suivants :

- Scénario d'aléa « 1^{ers} dommages générés par les 1^{ers} débordements » : T10 (estimé à dire d'expert) ;
- Scénario d'aléa d'une probabilité fréquente : T20 correspond à « Xynthia-30cm » ;
- Scénario d'aléa de dimensionnement de projet : T50 correspond à Xynthia ;
- Scénario d'aléa d'une probabilité moyenne : T70 correspond à « Martin » ;
- Scénario d'aléa exceptionnel : T300 correspond à « Xynthia + vents Martin + 20 cm ».

L'évènement extrême de période de retour supérieure ou égale à 1 000 ans n'a pas été modélisé. Nous avons appliqué un coefficient de 1,5 au scénario T300 afin de déterminer l'intersection avec l'axe des ordonnées (crue de probabilité « 0 ») dans la courbe fréquentielle de dommage. Ce paramètre de fin d'impact de l'aménagement a un relativement peu de poids dans l'analyse.

⁸ Pour rappel, la Directive Inondations impose de caractériser trois scénarios d'aléas sur le territoire : un scénario d'inondation « fréquente », d'une période de retour entre 10 ans et 30 ans, un scénario d'inondation « moyenne », d'une période de retour entre 100 ans et 300 ans et enfin un scénario d'inondation « extrême », d'une période de retour supérieure ou égale à 1 000 ans

4.3. PARAMETRES

Le calcul des dommages par les fonctions de dommages préconisées nécessite de déterminer :

- La hauteur de submersion (pour tous les types de dommages) ;
- La vitesse d'écoulement exprimée en classe qualitative (pour les dommages aux activités agricoles) ;
- La durée de submersion exprimée en classe qualitative (pour tous les types de dommages) ;
- La saisonnalité de l'évènement (pour les dommages aux activités agricoles).

Les modélisations utilisées nous permettent de connaître les hauteurs et les vitesses de façon précise. Les fonctions de dommages par palier de 10 cm ont ainsi été utilisées.

La durée de submersion est considérée comme inférieure à 48H.

Les paramètres spécifiques aux enjeux agricoles n'étaient pas nécessaires à définir étant donné l'absence d'enjeux, cependant nous nous sommes livrés à l'exercice de définir les périodes de saisonnalités des événements :

Printemps (semaines 14 à 26)	10 %
Été (semaines 27 à 39)	0 %
Automne (semaines 40 à 52)	15 %
Hiver (semaines 1 à 13)	75 %

Le poids de ces paramètres et des hypothèses afférentes est vérifié dans l'analyse de sensibilité.

5. CARACTERISER L'OCCUPATION DU TERRITOIRE

Les enjeux permettant d'évaluer la situation du territoire en situation de référence (diagnostic) et en situation projet (AMC) ont été recensés et caractérisés afin de calculer les indicateurs pertinents prévus dans l'AMC (cf. tableau ci-dessous).

Tableau 2 – Les indicateurs élémentaires de l'AMC

Indicateurs	Définition	Présence sur le périmètre
P1	Nombre de personnes habitant en ZI	Oui
P2	Nombre de personnes habitant dans des logements de plain-pied en ZI	Oui
P3	Nombre d'établissements sensibles en ZI	Non
P4	Nombre de bâtiments participant directement à la gestion de crise situés en ZI	Non
M1	Dommages aux habitations (k€)	Oui
M2	Dommages aux entreprises (k€)	Oui
M3	Dommages agricoles (k€)	Non
M4	Dommages aux établissements publics (k€)	Oui
P5	Linéaire de route en ZI	Oui
P6	Part des entreprises aidant à la reconstruction	Oui
P7	Nombre d'emplois en ZI	Oui
P8	STEP en ZI	Non
P9	Déchèterie en ZI	Non
P10	Site dangereux (ICPE) en ZI	Non

Les sources de données suivantes ont été utilisées (cf. tableau ci-dessous **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

Tableau 3 – Données utilisées pour identifier et caractériser les enjeux

Fonctions	Caractéristiques	Coûts associés	Données source
Fonction habitat	Maison individuelle : Maison de plain-pied Maison à étage Appartement / logement collectif : Appartements en RDC Appartements en étage	Endommagement en cas d'inondation Fonctions de dommages CGDD	BD TOPO V3 BD MAJIC (DGFIP) 2021 Données INSEE carroyées (population) 2015
Fonction activités économiques hors agriculture	Établissements selon catégorie d'activité (NAF) Emplois (tranche effectif) Etablissements potentiellement dangereux/ sites potentiellement pollués Déchèteries Routes	Endommagement en cas d'inondation Fonctions de dommages CGDD	SIRENE INSEE 2020 Georisques ICPE 2020 SINOE 2019 BD Topo V3
Agriculture	Pas d'activité agricole sur le secteur d'étude	Endommagement en cas d'inondation Fonctions de dommages CGDD	RPG
Services publics et patrimoine	Équipements publics suivant catégories : santé / scolaire / gestion de crise / sport & culture / administration Réseaux Patrimoine : musée / monuments historiques	Endommagement en cas d'inondation Fonctions de dommages CGDD	BD TOPO V3 FINISS 2022 Atlas du patrimoine

5.1. METHODOLOGIE

5.1.1. Population

Cet indicateur qualifie la vulnérabilité par rapport à la sécurité humaine notamment pour les territoires exposés à des événements à cinétique rapide ou à l'arrière des ouvrages. Pour les zones soumises à des aléas plus lents et prévisibles, les délais de prévenance facilitent la mise à l'abri ; mais les risques ne sont néanmoins pas nuls (chute, électrocution, etc.).

Cet indicateur renseigne également la prise en charge potentielle des collectivités, pendant la crise (évacuation et hébergement d'urgence) et le retour à la normale (hébergement à moyen terme voire long terme pour des logements). Si les infrastructures sont particulièrement endommagées, la remise en état peut être très longue (plusieurs mois).

Cet indicateur est calculé en affectant les données de population issues des données INSEE carroyées à 200 m (nombre de personnes sur un carré de 200 m, données INSEE) aux logements présents (voir paragraphe 5.1.2) de manière homogène.

Il s'agit de tous les personnes résidentes (au sens INSEE) situées dans l'emprise de la zone d'aléa. C'est-à-dire que l'indicateur ne concerne pas uniquement les habitants des logements directement inondés, mais également les habitants des logements en zone d'aléa au-dessus de la cote d'eau attendue (logements collectifs en étage, etc.). Ces derniers ne sont pas directement touchés ; en revanche, il est fortement probable que les personnes présentes soient évacuées (logements non habitables dans des conditions normales lors des inondations (accès/ isolement, coupure d'électricité, d'eau, insalubrité, dangerosité, etc.).

En revanche, cet indicateur ne concerne pas les personnes dans l'ensemble des bâtiments et notamment dans les *résidences secondaires*, d'autant plus que ces résidences secondaires sont généralement vides aux périodes les plus probables pour les inondations. Toutefois, la population saisonnière représentant 84 % de la population de Ronce-les-Bains, nous avons intégré un chiffre dans l'analyse présentée dans le Tableau 5.

5.1.2. Logements

La base de données MAJIC a été utilisée pour le dénombrement des logements.

Il s'agit d'une base de données d'informations cadastrales (MAJIC : Mise A Jour des Informations Cadastreales) à vocation fiscale. Elle a récemment été mise à disposition des ayants droits pour d'autres usages. Elle comporte notamment des informations importantes pour dénombrer le nombre et le type de logements :

- Type de local (maison, appartement, dépendances, local commercial ou industriel) ;
- Nombre de locaux par étage.

Cette base de données permet donc d'avoir un nombre précis et à jour de logements. Concernant la géolocalisation, les bâtiments sont représentés par des points sur la parcelle. Cette représentation ponctuelle génère 2 types d'incertitudes :

- Localisation du point par rapport au bâtiment : la correspondance point / bâti est globalement respectée.
- Lors du croisement avec la zone d'aléa, les logements ne seront comptabilisés comme exposés que si le point est dans la zone d'aléa – or le bâtiment peut être partiellement exposé, sans que le point soit dans la zone d'aléa et inversement le point peut être en zone d'aléa alors que le bâtiment ne l'est pas.

Grâce aux données contenues dans MAJIC, nous avons donc pu distinguer les logements collectifs (appartements) des logements individuels (maisons). Nous avons également pu déterminer le nombre de logements directement concernés par l'inondation en faisant l'hypothèse que les logements en étage n'étaient pas atteints.

Lors de sa mission terrain en avril 2022, ARTELIA a identifié les logements présentant des hauteurs de premiers planchers habitables : la hauteur d'eau au sein du logement est obtenue par différence entre hauteur d'eau de l'aléa basée sur le TN et la hauteur du 1^{er} plancher (si marche observée lors de la visite de terrain, sa hauteur est estimée à 0,2 m).

5.1.3. Activités économiques : entreprises et emplois

Il s'agit de quantifier les impacts des inondations sur l'activité économique :

- Le nombre et type d'établissements permet d'évaluer les dommages aux entreprises ;
- Le nombre d'emplois concernés permet de quantifier les impacts à plus long terme et de façon plus globale pour le territoire.

Ces indicateurs ont été estimés à partir de la base de données SIRENE de l'INSEE géoréférencée. Les incertitudes dans l'utilisation de cette base sont liées à :

- La localisation comporte des incertitudes :

La géolocalisation de la BD Sirene se fait par adressage (au numéro, à la rue, au centroïde de la commune suivant les informations disponibles dans la BD adresses). En milieu urbain, l'adressage est en général correct. Cependant, le point est généralement localisé sur la rue et non au droit du bâtiment. Par ailleurs, les adresses des sièges des établissements, indiqués dans SIRENE, et les sites réels peuvent être également différents. Toutes ces incertitudes sur la localisation sont assez déterminantes dans le croisement avec la zone d'aléa. La localisation des principales entreprises est vérifiée (entreprises de plus de 100k€ de dommages).

- La base de données est mise à jour pour les créations - Toutes les entreprises ne sont pas obligées de se déclarer dans la base de données SIRENE (c'est un choix qui est posé lors de la création de son entreprise) ; mais les fermetures d'établissement sont moins régulièrement intégrées. Cette base surestime généralement le nombre d'établissements.

Les données suivantes ont été exploitées :

- Identification des codes NAF des types d'activités,
- Nombre d'emplois : tranche d'effectif

Tableau 4 – Tranches d'effectifs pour les entreprises

Tranche effectif	Liste des modalités (sirene.fr)	Effectif retenu
NN	Unités non employeuses (pas de salarié au cours de l'année de référence et pas d'effectif au 31/12). Cette tranche peut contenir quelques effectifs inconnus	1
'null'	Non renseigné	Tranche effectif médiane de l'activité
00	0 salarié (n'ayant pas d'effectif au 31/12 mais ayant employé des salariés au cours de l'année de référence)	1
01	1 ou 2 salariés	1
02	3 à 5 salariés	3
03	6 à 9 salariés	8
11	10 à 19 salariés	15
12	20 à 49 salariés	35
21	50 à 99 salariés	75
22	100 à 199 salariés	150

Tranche effectif	Liste des modalités (sirene.fr)	Effectif retenu
31	200 à 249 salariés	225
32	250 à 499 salariés	275
41	500 à 999 salariés	750
42	1 000 à 1 999 salariés	1500
51	2 000 à 4 999 salariés	3500
52	5 000 à 9 999 salariés	7500
53	10 000 salariés et plus	10 000

Les entreprises aidant à la reconstruction sont les entreprises travaillant dans le secteur du BTP, du commerce de matériaux, de la location d'engins, ... Ces entreprises sont identifiées au moyen de leur code APE.

Les administrations (voir gestion de crise, hébergement de population vulnérable et autres missions de services publics) traitées par ailleurs ont été exclues de cet indicateur.

5.1.4. Agriculture

Les données utilisées sont issues du RPG (registre parcellaire graphique) contenant les contours des parcelles et les types de cultures principaux.

5.1.5. Etablissements de santé

Il s'agit de bâtiment hébergeant une population vulnérable à très vulnérable, qui nécessite généralement des transports adaptés, ainsi que pour certains une fonction potentielle de gestion de crise. Les établissements de santé sont recensés à partir de la base de données FINESS.

5.1.6. Etablissements accueillant une population vulnérable

Il s'agit des établissements suivants :

- Etablissements scolaires (y compris privés) ;
- Etablissements d'accueil de personnes âgées ou en situation de handicap (non médicalisés) – dont les hébergements type foyers logements ;
- Zones d'habitat légers : aire d'accueil des gens du voyage, camping ;
- Etablissement pénitentiaire (et bâtiment judiciaire relevant du pénal : cour d'assise, tribunal de police, ...) où des prisonniers peuvent se trouver.

La BD Topo V3 a été utilisée pour l'identification des établissements.

5.1.7. Bâtiments de gestion de crise

Il s'agit d'évaluer le nombre de bâtiments utiles à la gestion de crise en zone d'aléa :

- Centres techniques des collectivités territoriales
- Mairies / centres administratifs
- Etablissements d'incendie et de secours

- Commissariats de police / gendarmeries

Les établissements sont issus de la BD Sirene pour l'essentiel.

5.1.8. Administrations

Les bâtiments abritant une autre mission de service public que celles vues ci-dessus ont également été recensés : ils peuvent influencer les délais de retour à la normale (prestations sociales, ...).

Les données sources utilisées est la BD Sirene ; le tri a été effectué sur l'activité.

5.1.9. Axes routiers

Cet indicateur caractérise les potentielles interruptions de trafic routier.

Il est basé sur l'intersection entre le réseau de routes et la zone d'aléa. Il ne tient pas compte des surélévations, itinéraires de déviations, coupures de routes, etc. Il s'agit donc d'un linéaire maximal potentiellement impacté directement. Les ponts, qui sont par définition au-dessus des cours d'eau, intersectent par nature les zones inondables, alors qu'ils sont construits en hauteur et très souvent hors d'eau (même si ce n'est pas forcément le cas de leurs voies d'accès). Nous les avons donc extraits pour ne pas augmenter artificiellement les linéaires de routes en zone inondable.

La BD Topo subdivisant le réseau routier en tronçons, une analyse par tronçons exposés plutôt que par routes exposées aurait été possible. Néanmoins, les tronçons de la BD Topo ne correspondant pas à de vraies unités fonctionnelles (avec des possibilités de déviation, par exemple), cette possibilité a été jugée moins pertinente que l'exposition directe. L'analyse de l'indicateur est menée selon le statut administratif des routes ;

- Autoroutes ;
- Nationales ;
- Départementales.

Les routes « Autres » ne sont pas intégrées à l'analyse : il s'agit de desserte locale, qui sont peu susceptibles d'impacter le trafic global sur le plan économique. En revanche, ces dessertes sont extrêmement importantes pour la gestion de crise (hors du périmètre de l'AMC).

L'indicateur calculé est le linéaire de routes inondées, par type d'axe. Le projet n'a pas d'impact sur les axes routiers ; il n'a pas été jugé utile de calculer le trafic correspondant.

5.1.10. Installations sensibles du réseau d'eaux usées

Le nombre de STEP en zone d'aléa permet d'avoir un renseignement sur la pollution organique potentielle. Les données sont issues de la BDERU de SANDRE. Pendant l'inondation ou la submersion, le facteur de dilution est important, c'est donc essentiellement après l'évènement, pendant la remise en service du réseau d'assainissement (collecte et traitement) qu'il peut y avoir des risques de pollution.

5.1.11. Sites potentiellement dangereux : Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Cet indicateur se base sur la base de données des sites classés au titre des ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement). Ces sites représentent des dangers potentiels du fait de la présence de produits ou de procédés

dangereux pouvant provoquer lors d'une inondation des impacts importants et des effets dominos (pollutions, explosions, incendies, ...).

Il existe 4 régimes pour les ICPE : déclaration ; déclaration à contrôle périodique ; enregistrement ; autorisation (qui comprend les installations dites « Seveso » seuil bas, et seuil haut, ces dernières étant des ICPE soumises à autorisation avec servitude d'utilité publique).

Pour cibler les installations les plus à risques pour l'environnement et la sécurité des personnes, l'indicateur recense :

- Les ICPE soumises à autorisation et qui sont également classifiées en Seveso seuil bas
- Les ICPE soumises à autorisation avec servitude d'utilité publique, qui sont des sites Seveso seuil Haut
- Les ICPE soumise à la directive IED (anciennement IPPC)

Cet indicateur permet une première approche correcte mais il reste limité dans la mesure où l'on ne connaît pas la vulnérabilité réelle de l'établissement, et qu'il ne prend pas en compte d'autres sites potentiellement dangereux (par exemple les stations-services soumises à déclaration).

5.1.12. Patrimoine

Les espaces et sites remarquables sont :

- Les sites et immeubles classées / inscrits (Atlas du patrimoine)
- Les musées (BD TOPO)

5.2. RESULTATS

Les résultats sont présentés dans le tableau page suivante. A retenir que pour l'évènement Xynthia + vents Martin + 20 cm (T300) :

- Plus de **1 000 personnes** réparties dans **489 logements** sont situées **en zone inondable**. A noter que les habitants à l'année ne représentent que 16 % de la population impactée (160 personnes). **La part des résidences secondaires est donc largement majoritaire** sur le périmètre d'étude.
- **136 entreprises** impactées représentant plus de **180 emplois**.
- **L'Ifremer est le plus gros employeur** situé en zone inondable avec **35 salariés** (Base SIRENE). Pour la plupart des entreprises présentent un effectif d'un salarié, à l'exception des quelques établissements d'hébergement / restauration. Ces derniers établissements ayant principalement recours à de l'emploi saisonniers.
- Le **bureau d'information touristique** est l'unique bâtiment public en zone inondable.

Tableau 5 – Enjeux recensés sur le périmètre d'étude

	Q20		Q50		Q70		Q300	
	Nombre	Habitants (RS/RP) / emplois	Nombre	Habitants (RS/RP) / emplois	Nombre	Habitants (RS/RP) / emplois	Nombre	Habitants (RS/RP) / emplois
Logements	110	39 (RP) / 189 (RS)	174	60 (RP) / 292 (RS)	298	103 (RP) / 481 (RS)	489	160 (RP) / 845 (RS)
Appartement	28	11 (RP) / 42 (RS)	44	15 (RP) / 68 (RS)	58	19 (RP) / 94 (RS)	94	28 (RP) / 167 (RS)
Appartement en RDC	12	4 (RP) / 20 (RS)	26	8 (RP) / 43 (RS)	37	11 (RP) / 63 (RS)	44	13 (RP) / 79 (RS)
Appartement en étage	16	7 (RP) / 22 (RS)	18	7 (RP) / 25 (RS)	21	8 (RP) / 31 (RS)	50	16 (RP) / 88 (RS)
Maison	82	28 (RP) / 147 (RS)	130	45 (RP) / 224 (RS)	240	84 (RP) / 387 (RS)	395	132 (RP) / 678 (RS)
Maison avec étage	28	10 (RP) / 49 (RS)	49	17 (RP) / 85 (RS)	85	30 (RP) / 139 (RS)	123	43 (RP) / 205 (RS)
Maison de plain-pied	54	18 (RP) / 98 (RS)	81	28 (RP) / 139 (RS)	155	54 (RP) / 248 (RS)	272	89 (RP) / 473 (RS)
Entreprises	60	69	75	85	137	150	136	184
Activités de services administratifs et de soutien	2	2	3	3	6	6	6	6
Activités financières et d'assurance	1	1	1	1	3	3	3	3
Activités immobilières	23	23	30	30	59	59	58	58
Activités spécialisées, scientifiques et techniques	3	3	4	4	5	5	5	40
Arts, spectacles et activités récréatives	1	1	1	1	3	3	3	3
Autres activités de services	2	2	3	3	3	3	3	3
Commerce ; réparation d'automobiles / motocycles	14	14	16	16	23	23	23	23
Construction	1	1	1	1	3	3	3	3
Enseignement					1	1	1	1
Hébergement et restauration	12	21	15	25	22	35	22	35
Industrie manufacturière	1	1	1	1	5	5	5	5
Santé humaine et action sociale	0	0	0	0	4	4	4	4
Bâtiments publics	1	1	1	1	1	1	1	1
Etablissement utile à la gestion de crise	0	0	0	0	0	0	0	0
Etablissement recevant une population sensible	0	0	0	0	0	0	0	0
autres missions de service publics	1	1	1		1	1	1	1
Surfaces agricoles (ha)	0	0	0	0	0	0	0	0
Sites potentiellement dangereux ou polluants	0	0	0	0	0	0	0	0
ICPE	0	0	0	0	0	0	0	0
STEP	0	0	0	0	0	0	0	0
Déchetteries	0	0	0	0	0	0	0	0

Rapport final

CONFORTEMENT DE LA DIGUE DE 1ER RANG A RONCE-LES-BAINS

ARTELIA / MARS-2023/ 8716412

PAGE 25 / 41

6. ANALYSE ELEMENTAIRE : LES COUTS ET BENEFICES DU PROJET

L'analyse élémentaire vise à évaluer les bénéfices et les coûts du projet. Les bénéfices sont évalués par les dommages évités selon la méthodologie recommandée par le CGDD. Cette méthode suppose l'application de fonctions de dommages établies au niveau national.

6.1. LES COUTS ASSOCIES AU PROJET

L'ensemble des coûts liés au projet pour les besoins de l'AMC sont synthétisés dans les paragraphes suivants. Ces coûts s'entendent en € HT (date : février 2022).

6.1.1. Coûts d'investissements

Les coûts d'investissement comprennent :

- Les coûts du foncier : Le projet ne nécessite aucun rachat de foncier
- Les coûts des travaux et des équipements (incluant les coûts d'études, MOE et CSPS) :
 - Etudes techniques (MOE AVP PRO AOR...) : 250 000 € ;
 - Etudes connexes (géotechniques,) : 150 000 €
 - Dossiers réglementaires : 100 000 €

Le montant global des investissements est de **4 860 000 € (février 2022)**.

6.1.2. Coûts environnementaux

Les projets de gestion des inondations ont des impacts positifs ou négatifs sur l'environnement lors de leur mise en place et pendant leur fonctionnement. Ces impacts doivent être évités, réduits et/ ou compensés par des mesures correctives dans le cadre de la séquence ERC (éviter, réduire, compenser). Ces dernières sont définies au moment des études d'impact. Les coûts de ces mesures peuvent être appréhendés comme un proxy des coûts du projet pour l'environnement (source : CGDD⁹).

Les mesures de la séquence ERC n'étant pas identifiées, nous nous sommes appuyés sur la méthode proposée dans le guide qui propose des ratios des coûts d'investissement en fonction du type d'aménagement. Les aménagements du type « confortement » ont un niveau d'impact moyen sur l'environnement et le ratio proposé est de 1 % à 3 % du montant des investissements. Nous retenons ici la valeur de 1 %, soit : **43 600 €**

6.1.3. Coûts d'entretien

L'entretien et la surveillance des aménagements ont été évalués en prenant un ratio de 2 % par rapport aux coûts d'investissements, soit 87 200 €/an.

⁹ « Analyse multicritère des projets de prévention des inondations : le guide méthodologique, Thema, mars 2018 ».

6.1.4. Coûts de réparation

Compte tenu du fonctionnement de l'ouvrage, les probabilités de rupture apparaissent pour un aléa très supérieur au scénario de dimensionnement et restent minimales. On considère que les coûts de réparation sont négligeables.

6.1.5. Coûts liés à la surinondation

De très faibles surinondations occasionnées sur certains biens. Ils représentent 126 € de dommages moyens annualisés.

6.1.6. Echancier des investissements

L'objectif de cet échancier est d'intégrer à l'analyse une estimation des décalages d'investissements afin de restituer une situation proche de la réalité. Nous avons ainsi projeté la situation suivante :

- Années 1 et 2 : études techniques et connexes, dossiers réglementaires ;
- Années 3 et 4 : travaux.

La 1^{ère} année d'effet de l'aménagement est donc 2026.

6.1.7. Synthèse des coûts

Le tableau suivant synthétise les coûts liés au projet.

Tableau 6 – Synthèse des coûts

		Coût (H.T.)	Source
		Scénario A : Large berme	
1	Travaux	4 360 000 €	AVP Ronce-les-Bains
2	Etude technique (MOE AVP PRO AOR...)	250 000 €	Prix du marché CD17
3	Etudes connexes (géotechnique...)	150 000 €	Prix du marché CD17
4	Dossiers réglementaires (EI/FF/DLE/DIG/DUP)	100 000 €	Prix du marché CD17
5	Foncier	0 €	Pas de rachat de foncier
	TOTAL H.T.	4 860 000 €	

5	Travaux d'entretien annuel 2%	87 200 €	Source : Guide AMC* (fourchette basse)
6	Coûts environnementaux 1%	43 600 €	Source : Guide AMC* cf. Catégorie 4 du Tableau 14 : Grille des ratios de coûts environnementaux préconisés en fonction du type de mesures mises en place. Source : CGDD
7	Surinondation	126 €	Dommages moyens annuels

* Analyse multicritère des projets de prévention des inondations - Guide méthodologique 2018

6.2. LES BENEFICES ASSOCIES AU PROJET

6.2.1. Méthodologie

Les bénéfices associés au projet sont évalués suivant :

- L'évaluation des enjeux protégés grâce au projet ;
- La monétarisation des dommages évités grâce au projet.

6.2.1.1. L'évaluation des enjeux protégés grâce au projet

Les enjeux recensés dans le périmètre d'étude (cf. § 5) sont croisés avec les différents scénarios d'aléas (cf. § 4) avec et sans projet. Ces croisements permettent d'évaluer quels sont les enjeux protégés (ou non). Cette évaluation s'effectue suivant la typologie d'enjeux, reprise dans les indicateurs, et leur localisation pour les différentes périodes de retour – et notamment pour le scénario de dimensionnement du projet.

6.2.1.2. La monétarisation des dommages évités grâce au projet

Les dommages sont évalués avant et après le projet : la différence de dommages entre la situation de référence et la situation de projet représente les bénéfices liés au projet.

Les dommages sont évalués pour les catégories d'enjeux pour lesquels il existe des fonctions de dommages :

- Logements ;
- Entreprises ;
- Equipements publics ;
- Enjeux agricoles (non concerné sur le périmètre d'étude).

Les fonctions de dommages issues du guide sont en € 2016 ; elles ont été actualisées en € de l'année en cours en utilisant l'indice des prix à la consommation de l'INSEE.

- Concernant l'évaluation des dommages aux logements :

L'utilisation de la base de données MAJIC permet de recenser les logements par entité. Les fonctions de dommages par entité ont donc été utilisées suivant les recommandations du guide méthodologique pour une analyse à l'échelle communale.

Les paramètres utilisés sont :

- Aléas :
 - Hauteur d'eau par pas de 10 cm ;
 - Durée d'inondation : inférieure à 48h ;
- Logement :
 - Individuel
 - sans étage,
 - avec étage
 - Collectif : la base de données MAJIC permet de dénombrer le nombre de logements dans les immeubles collectifs ainsi que le niveau auxquels les logements sont situés

- Concernant l'évaluation des dommages aux entreprises :

L'utilisation de la base de données SIRENE permet d'utiliser les fonctions de dommages des entreprises par entité de bien suivant le nombre d'employé

Les paramètres utilisés sont :

- Aléas :
 - Hauteur d'eau par pas de 10 cm
 - Durée d'inondation : inférieure à 48h
- Entreprises :
 - Activité (code APE selon la nomenclature NAF)
 - Nombre d'emploi : milieu de la tranche d'effectif et au minimum 1 emploi / entreprise

Les dommages aux entreprises sont généralement estimés sur la base du type d'activité et de l'effectif – en prenant en compte la localisation du point situant l'entreprise.

Pour les entreprises présentant des montants de dommage importants, la localisation a été vérifiée.

- Concernant l'évaluation des dommages aux équipements publics :

La BD TOPO et la BD Sirene ont permis d'identifier les types d'équipements publics et de leur associer la fonction de dommages correspondantes :

- Etablissements scolaires
- Etablissements d'incendie et de secours
- Centres techniques municipaux
- Mairies/ centres administratifs
- Commissariats de police/ gendarmeries
- Hébergements
- Centres médicaux

Les paramètres utilisés sont :

- Aléas :
 - Hauteur d'eau par pas de 10 cm
 - Durée d'inondation : inférieure à 48h
- Equipement public :
 - Type suivant typologie ci-dessus.

6.2.2. Résultats

Les résultats sont présentés ci-après.

Tableau 7 – Synthèse des bénéfices

Axe de la DI		Indicateurs	Définition	aléa	Etat référence	Etat projet	Différence	
Santé humaine	Non monétaire	P1 a	Nombre de personnes habitants en Zi	T20	39	0	100,0%	
				T50	60	4	93,4%	
				T70	104	15	85,2%	
				T300	160	105	34,4%	
		P1 b	Part communale des personnes habitants en Zi	T20	1	0	100,0%	
				T50	1	0	93,2%	
				T70	2	0	85,2%	
				T300	3	2	34,4%	
		P1 c	Nombre de logements en Zi	T20	110	1	99,1%	
				T50	174	14	92,0%	
				T70	298	43	85,6%	
				T300	489	310	36,6%	
		P2 a	Nombre de personnes habitant dans des logements de plain-pied en Zi	T20	18	0	100,0%	
				T50	28	1	96,4%	
				T70	54	9	84,2%	
				T300	89	55	38,3%	
		P2 b	Part communale de personnes habitants dans des logements de plain-pied en Zi	T20	1	0	100,0%	
				T50	1	0	98,8%	
				T70	2	0	84,4%	
				T300	3	2	38,3%	
		P3 a	Nombre d'établissements sensibles en Zi	nc	nc	nc	-	
		P3 b	Capacités d'accueil des établissements sensibles en Zi	nc	nc	nc	-	
		P4 a	Part communale de bâtiments participant à la gestion de crise situés en Zi	nc	nc	nc	-	
Economie	Monétaire	M1	Dommages aux habitations	T20	929 230	6 522	99,3%	
				T50	1 690 178	76 192	95,5%	
				T70	2 537 999	370 894	85,4%	
				T300	5 354 400	2 677 105	50,0%	
		M2	Dommages aux entreprises	T20	1 675 975	0	100,0%	
				T50	2 526 438	0	100,0%	
				T70	3 834 792	199 783	94,8%	
				T1000	5 369 367	4 028 189	25,0%	
		M3	Dommages aux activités agricoles	nc	nc	nc	-	
				T20	139 316	0	100,0%	
		M4	Dommages aux établissements publics	T50	194 794	0	100,0%	
				T70	247 086	0	100,0%	
				T300	282 517	272 339	3,6%	
		Non monétaire	P5 a	Linéaire (km) de réseaux de transports en Zi	nc	nc	nc	-
					T20	0	0	-
					T50	0	0	-
					T70	0	0	-
			P6	Part des entreprises aidant à la reconstruction après une inondation dans les communes exposées	T300	3	3	0,0%
					T20	69	0	100,0%
					T50	85	0	100,0%
					T70	126	6	95,2%
			P7	Nombre d'emploi en Zi	T300	184	128	30,4%
					nc	nc	nc	-
nc	nc				nc	-		
Environnement	Non monétaire		P8 a	Nombre de station de traitement des eaux usées Zi	nc	nc	nc	-
			P8 b	Charge journalière entrante moyenne annuelle de STEP en Zi	nc	nc	nc	-
			P9 a	Nombre d'installations de stockage et traitement de déchets (non dangereux) en Zi	nc	nc	nc	-
			P9 b	Capacité des installations de stockage et traitement de déchets (non dangereux) en Zi	nc	nc	nc	-
		P10	Nombre de sites dangereux en Zi	nc	nc	nc	-	
Patrimoine		P11	Nombre de bâtiments patrimoniaux et de sites remarquables en Zi	nc	nc	nc	-	

Rapport final
CONFORTEMENT DE LA DIGUE DE 1ER RANG A RONCE-LES-BAINS

6.2.2.1. Mise en sécurité des personnes

L'indicateur concernant le nombre de personnes en zone inondable (P1a) a été calculé en prenant en compte les habitants à l'année. On constate la forte efficacité du projet dès l'évènement fréquent où 100 % des personnes sont sorties de la zone inondable. Les effets des aménagements sont très positifs jusqu'à l'évènement Martin (T70).

Les effets du projet sur les personnes habitants à l'année dans des logements de plain-pied en zone inondable est semblable à l'indicateur précédent, soit fortement efficace. Jusqu'à l'évènement de type Xynthia (T50), le projet permet de réduire entre 96 % et 100 % le nombre de personnes très exposées du fait de l'absence d'étage refuge. Pour les logements de plain-pied restant inondable en état projet, une attention particulière devra être menée en matière de gestion de crise.

Aucun établissement sensible n'a été recensé en zone inondable.

6.2.2.2. Dommages aux biens

Les dommages aux biens les plus importants concernent les dommages aux entreprises : de l'ordre de 1,6M€ dès T20, plus de 3,8M€ à partir de T70. A noter que l'Ifremer qui concentre le plus d'emplois sur le secteur est impacté au-delà de T70 et que le projet permet de sortir l'établissement de la zone inondable pour l'évènement T300.

Les dommages aux logements sont également importants : ils représentent près de 1M€ dès T20, et plus de 2,5M€ à partir de T70.

Enfin, concernant les bâtiments publics, seul le bureau d'information touristique est impacté, avec 0,12 M€ de dommages en T20, et 0,25 M€ en T70.

Les taux de réduction des dommages grâce au projet sont très importants pour l'ensemble des biens. Ils sont compris entre 100 et 85 % jusqu'à T70.

6.2.2.3. Amélioration de la résilience du territoire

Le projet permet de réduire le nombre d'emplois concernés par la submersion de manière significative jusqu'à T70 (- 95 %).

Les entreprises aidant à la reconstruction sur la commune ne sont pas localisées en zone inondable.

Les grands axes routiers ne sont pas impactés par la submersion.

Globalement, le projet est nettement bénéfique en termes d'amélioration de la résilience du territoire.

6.2.2.4. Protection de l'environnement

Le secteur d'étude n'est pas concerné par des biens et équipements susceptibles de nuire à l'environnement en cas d'inondation.

7. ANALYSE SYNTHETIQUE DES SCEANRIOS

7.1. METHODOLOGIE

L'analyse synthétique a pour objectif de « rationaliser » les indicateurs, notamment en intégrant les probabilités des aléas étudiés, afin de comparer les situations entre elles indépendamment des scénarios de dimensionnement, etc.

Sur la base des coûts liés à l'exposition des enjeux aux aléas, des dommages moyens annuels (DMA) sont calculés. Ces dommages moyens annuels intègrent les coûts avec la probabilité d'occurrence des aléas étudiés. Les dommages moyens annuels représentent l'espérance mathématique de dommage :

$$DMA = \int_{f=0}^1 D(f) df$$

$D(f)$ étant la fonction de dommages en fonction de la période de retour des évènements.

Les indicateurs de l'ACB, qui sont calculés à un horizon de 50 ans, sont les suivants :

- pertinence économique : comparaison des montants investis et des bénéfices espérés : VAN,
- efficience : ce qu'1 euro investi permet d'éviter comme montant de dommages : B/C,
- efficacité : ce que l'aménagement permet de réduire sur les coûts de dommages initiaux en état de référence.

Remarque : tous ces indicateurs sont calculés en considérant que chaque année est une année statistique moyenne avec $1/X$ risque de voir des évènements de période de retour X , ce qui revient à moyenner de l'ordre de 1000 ans au regard des aléas étudiés. En fonction des évènements qui se produiront réellement, la réalité sera différente.

Les formules appliquées pour calculer les indicateurs sont décrites ci-après.

- VAN : valeur actualisée nette, indique la pertinence économique, c'est-à-dire si les dommages évités sont supérieurs aux coûts

$$VAN = B - C = -CI + \sum_{i=1}^n \frac{DEMA - CE_i}{(1+r)^i}$$

Avec :

- CI les coûts initiaux du projet,
- CE_i les coûts annuels différés à l'année i ,
- DEMA les dommages évités moyens annuels
- n l'horizon temporel de la mesure⁶³
- r le taux d'actualisation (r est constant jusqu'en 2070)⁶⁴
- C les coûts totaux actualisés du projet
- Et B tel que :

$$B = \sum_{i=1}^n \frac{DEMA}{(1+r)^i}$$

- B/C , ratio bénéfices / coûts qui exprime le montant de dommages évités par euro d'investissement

$$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{DEMA}{(1+r)^i}}{CI + \sum_{i=1}^n \frac{CE_i}{(1+r)^i}}$$

Avec :

- CI les coûts initiaux du projet,
- CE_i les coûts annuels différés à l'année i ,
- $DEMA$ les dommages évités moyens annuels
- n l'horizon temporel de la mesure⁶⁵
- r le taux d'actualisation (r est constant jusqu'en 2070)⁶⁶

- Efficacité à réduire les dommages initiaux : $(DMA \text{ référence} - DMA \text{ projet}) / DMA \text{ référence} = DEMA / DMA \text{ référence}$

Les $DEMA$ représentant les bénéfices du projet c'est-à-dire dommages en état de référence – dommages en état aménagé.

Les $NEMA$ (nombre évités moyens annuels) d'habitant et d'emplois sont également calculés sur le même modèle.

7.2. RESULTATS

Les figures et tableau suivants présentent les résultats.

Les espaces entre les courbes avec et sans projet sont proportionnels aux dommages évités, pondérés par la probabilité des aléas considérés.

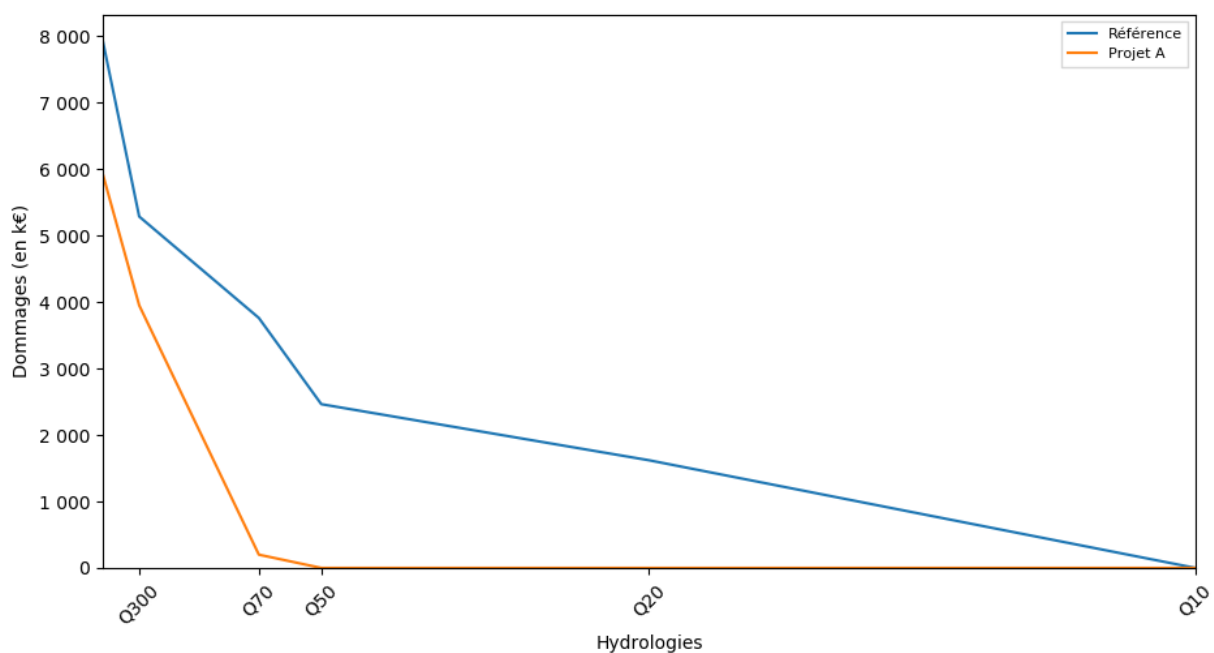


Figure 10 – Dommages aux entreprises selon la fréquence d'aléas

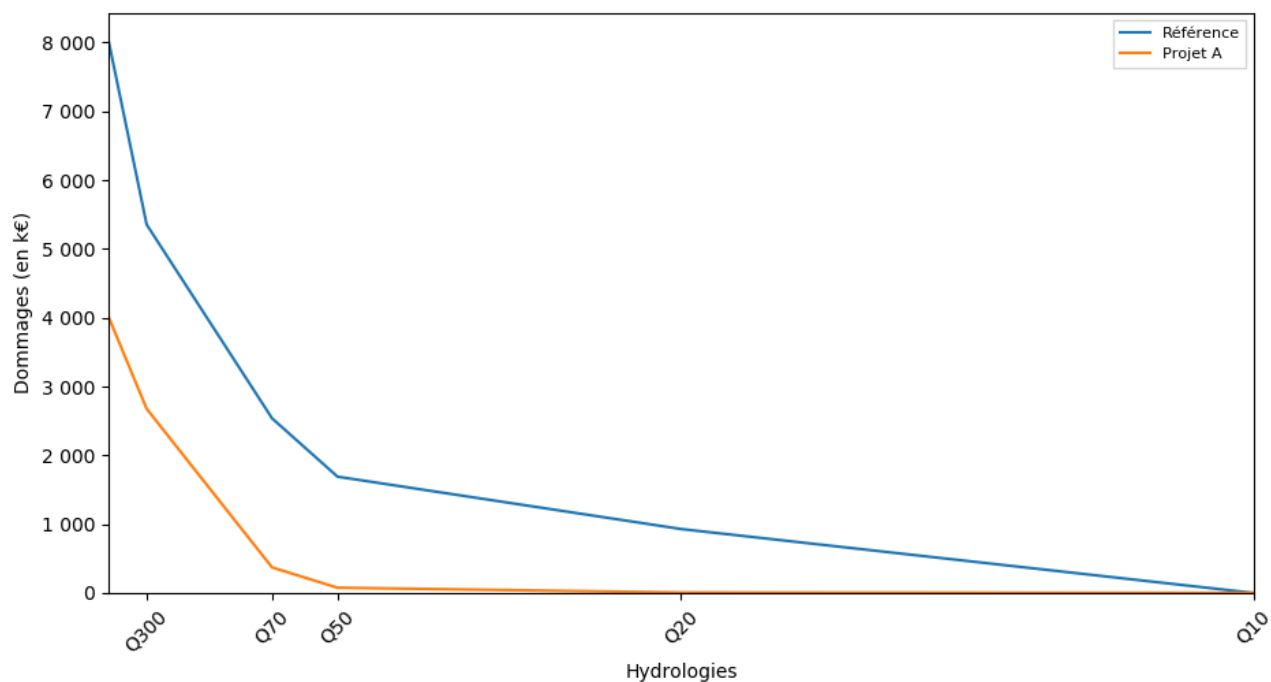


Figure 11 – Dommages aux logements selon la fréquence d'aléas

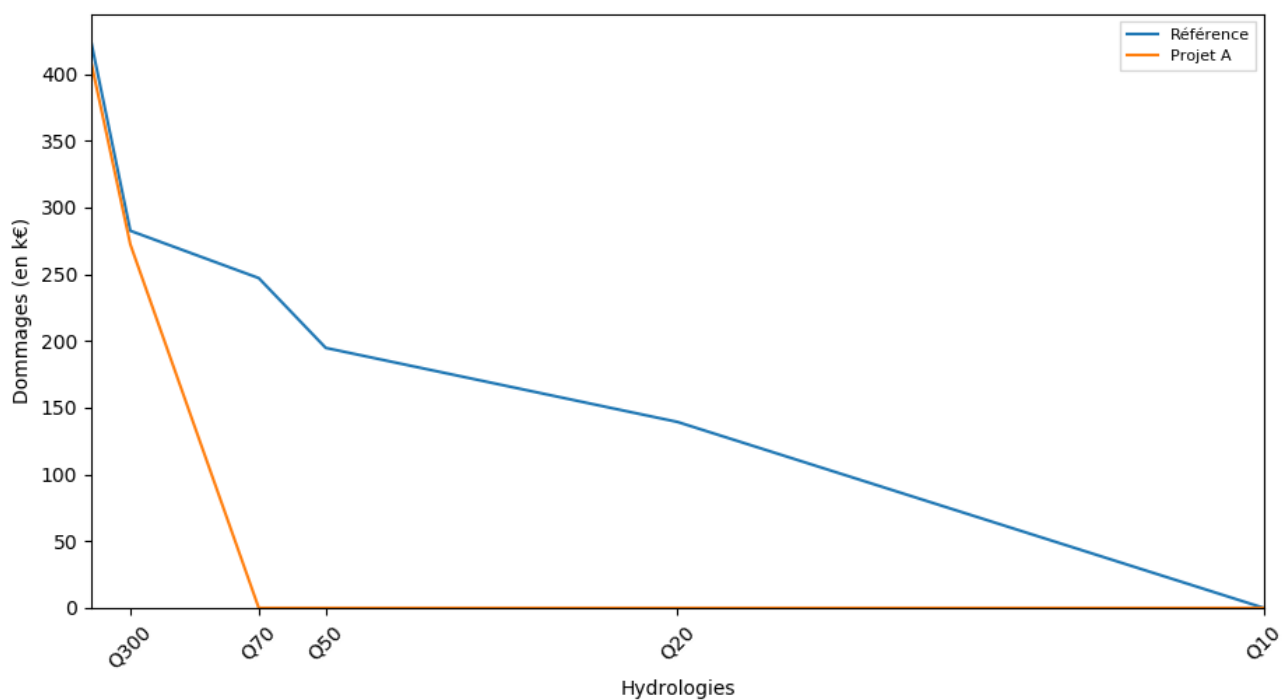


Figure 12 – Dommages aux équipements publics selon la fréquence d'aléas

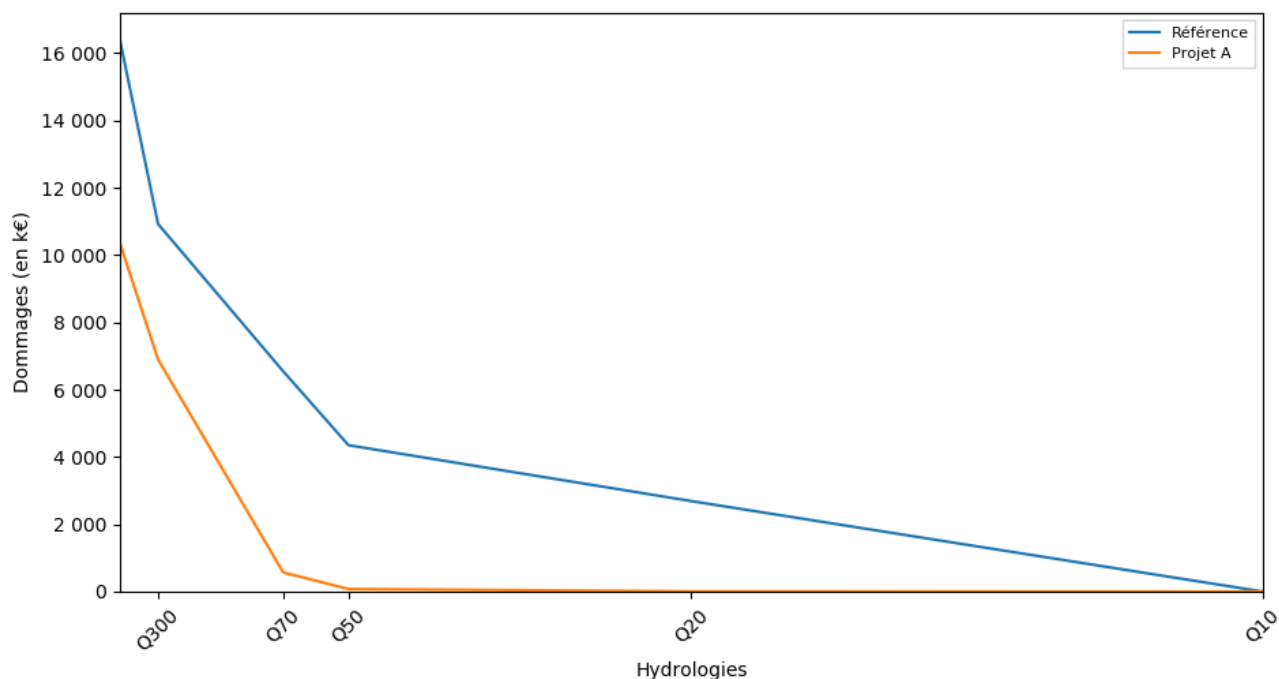


Figure 13 – Dommages totaux selon la fréquence d'aléas

Tableau 8 – Indicateurs synthétiques de l'AMC

Scénario A			
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants	4
	Ratio nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet / nombre (moyen annuel) d'habitants exposés en situation de référence	NEMA habitants/ NMA habitants Sref	77%
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois	6
	Ratio (nombre moyen annuel) d'emplois protégés par le projet / nombre (moyen annuel) d'emplois exposés en situation de référence	NEMA emplois/ NMA emplois Sref	82%
	Ratio dommages évités (moyens annuels) / dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA /DMA Sref	79%
Coût - efficacité	Coût (équivalent moyen annuel) du projet par habitant·e protégé·e	Cmoy/NEMA habitants	36 559 €
	Coût (équivalent moyen annuel) du projet par emploi protégé	Cmoy/NEMA emplois	25 135 €
Efficience	Valeur actualisée nette	VAN	0,39 M€
	Année où VAN > 0		2066
	Ratio bénéfices générés par le projet / surcoûts liés au projet	B/C	1,06
	Dommages liés à la surinondation / dommages évités	DMA si / DEMA	0,05%

Le projet permet de protéger en moyenne annuelle environ 4 personnes, ce qui permet de **réduire de 77% le nombre d'habitants exposés**. Les coûts totaux par habitants protégés sont de 36 000 €, ce qui représente un coût important pour ce type de projet.

Remarque : L'analyse synthétique sur la population porte sur les habitants vivant à l'année sur le secteur d'étude. A date, ils représentent seulement 16 % de la population totale recensée sur le secteur d'étude. Les résultats, dont notamment les coûts par habitant, sont donc à relativiser. Pour information, en prenant en compte la population saisonnière, le projet permet de protéger en moyenne annuelle environ 28 personnes et les coûts totaux par habitants protégés passe à 4 900 €.

Ce projet permet également de protéger environ 6 emplois (moyenne annuelle) pour un coût moyen de l'ordre de 25 000 € par emploi protégé ; cela correspond à une **réduction de plus de 80% des emplois exposés**. (NB : les coûts par emploi et par habitant ne s'additionnent pas)

Les dommages moyens annuels sont réduits également de près de 80%.

Les dommages liés à la surinondation sont très limités (les estimations ne sont pas significatives au regard des incertitudes).

Les indicateurs synthétiques de l'AMC sont positifs :

- La VAN est positive la 43^{ième} année (0,390 M€)
- Le rapport B/C indique qu'1€ investi permet d'économiser environ 1,06€ de dommages

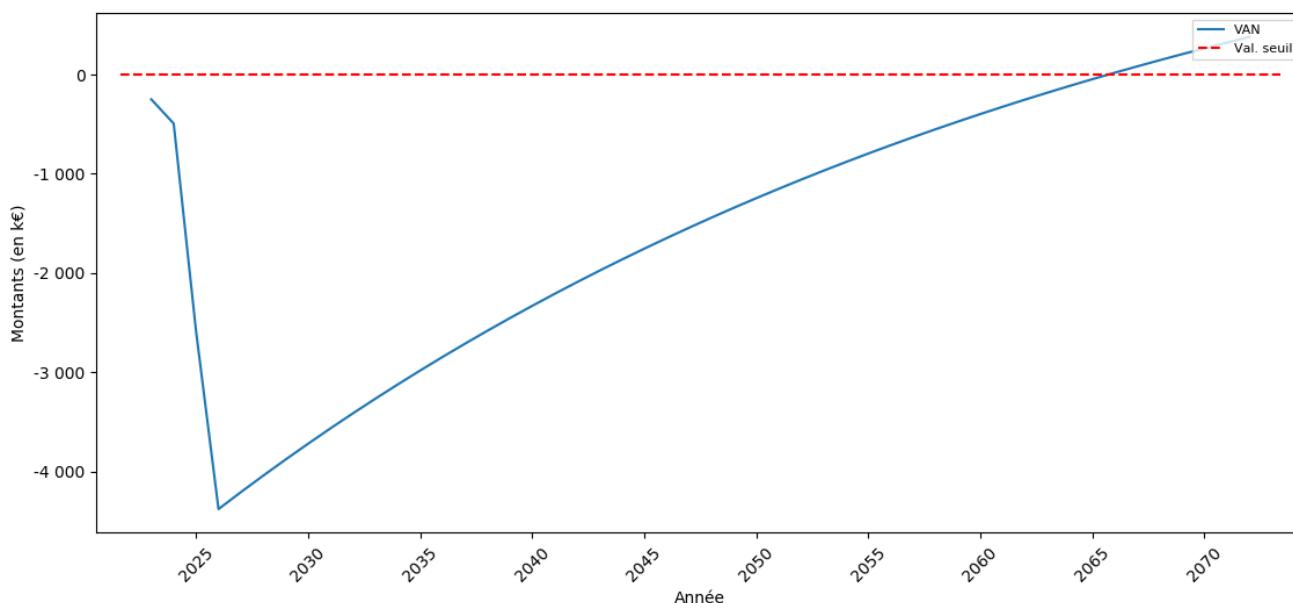


Figure 14 – Représentation de la valeur actualisée nette (VAN)

8. ANALYSE DE ROBUSTESSE

Les analyses de sensibilité visent à évaluer la robustesse des résultats de l'AMC, celle-ci étant basée sur des hypothèses et des modélisations / représentations de la réalité générant nécessairement des incertitudes.

8.1. ANALYSE DE SENSIBILITE

L'analyse de sensibilité consiste à faire varier les paramètres d'entrée pour observer les impacts sur les résultats de sortie du modèle. Cette analyse permet d'identifier les paramètres les plus influents sur les résultats. Les paramètres testés sont ceux qui conditionnent les résultats et ceux sur lesquels pèsent les plus fortes incertitudes.

Les paramètres testés sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 9 – Paramètres de l'analyse de sensibilité

Paramètres testés	Valeur retenue dans l'AMC	Valeur minimale testée	Valeur maximale testée	Commentaires
Périodes de retour des 1ers dommages	10 ans	5 ans	15 ans	Paramètre généralement très sensible ; incertitude sur les débordements et sur la fréquence associée
Période de retour des événements	T20 : 20 ans T50 : 50 ans T70 : 70 ans T300 : 300 ans	15 ans 45 ans 60 ans 250 ans	25 ans 55 ans 80 ans 350 ans	Périodes de retour plus incertaines lorsque la fréquence diminue
Coefficient d'événement « infinie »	1.5	1	3	Coefficient appliqué au plus fort événement pour déterminer l'intersection avec l'axe des ordonnées (événement de probabilité « 0 ») dans la courbe fréquentielle de dommage. A tester car il est très incertain mais peu influent.
Hauteur d'eau	Résultats modélisation	- 25 cm	+ 25 cm	Incertitudes liées au modèle – seule la hauteur est testée ; les paramètres vitesses et durée jouent essentiellement sur les dommages agricoles qui ont pas ou peu de poids dans le cas étudié (voir résultats de l'analyse de sensibilité)
Surélévation 1 ^{er} plancher	Observation de terrain	-20cm	+20cm	Incertitudes liées aux observations de terrain
Dommages aux logements	Résultats de l'application des fonctions de dommages nationales	-50%	+ 50%	En l'absence de données sur les incertitudes, l'intervalle maximum recommandé est testé. Cet intervalle étant le même pour les 4 paramètres, on pourra comparer la sensibilité des résultats à ces différents paramètres pour des variations identiques.
Dommages aux entreprises		-50%	+ 50%	
Dommages aux équipements publics		-50%	+ 50%	
Coûts des investissements	Evaluation projet stade AVP	-25%	+ 25%	Au stade AVP, les incertitudes existent
Coûts entretien annuel	87 k€, 2% travaux	-25%	+ 25%	

Les résultats de l'analyse de sensibilité sont présentés ci-dessous :

Tableau 10 – Résultats de l'analyse de sensibilité

VAN

Paramètre	Valeur Min	Valeur Réelle	Valeur Max
Période de retour des premiers dommages	-807 680	388 333	3 976 367
Période de retour des hydrologies	-109 603	388 333	1 419 537
Probabilité de rupture		388 333	
Hauteur [-0.25m ; +0.25m]	-2 379 656	388 333	2 144 205
Vitesse [-0.5m/s ; +0.5m/s]		388 333	
Durée [-2.0j ; +2.0j]		388 333	
Hauteur de premier plancher [+0.2m ; -0.2m]	-580 735	388 333	702 355
Domages aux logements [-50.0% ; +50.0%]	-1 044 537	388 333	1 821 309
Domages aux entreprises [-50.0% ; +50.0%]	-1 642 971	388 333	2 419 693
Domages aux équipements publics [-50.0% ; +50.0%]	241 802	388 333	534 864
Domages aux cultures [-50.0% ; +50.0%]		388 333	
Domages aux enjeux personnalisés [+50.0% ; +50.0%]		388 333	
Coût des investissements initiaux [+25.0% ; -25.0%]	-770 216	388 333	1 546 883
Coût de l'entretien [+25.0% ; -25.0%]	-161 425	388 333	938 092
Coefficient de crue infinie [-1.0 ; +3.0]	212 782	388 333	915 019

B/C

Paramètre	Valeur Min	Valeur Réelle	Valeur Max
Période de retour des premiers dommages	0.882	1.057	1.582
Période de retour des hydrologies	0.984	1.057	1.208
Probabilité de rupture		1.057	
Hauteur [-0.25m ; +0.25m]	0.652	1.057	1.313
Vitesse [-0.5m/s ; +0.5m/s]		1.057	
Durée [-2.0j ; +2.0j]		1.057	
Hauteur de premier plancher [+0.2m ; -0.2m]	0.915	1.057	1.103
Domages aux logements [-50.0% ; +50.0%]	0.847	1.057	1.266
Domages aux entreprises [-50.0% ; +50.0%]	0.760	1.057	1.354
Domages aux équipements publics [-50.0% ; +50.0%]	1.035	1.057	1.078
Domages aux cultures [-50.0% ; +50.0%]		1.057	
Domages aux enjeux personnalisés [+50.0% ; +50.0%]		1.057	
Coût des investissements initiaux [+25.0% ; -25.0%]	0.904	1.057	1.272
Coût de l'entretien [+25.0% ; -25.0%]	0.978	1.057	1.149
Coefficient de crue infinie [-1.0 ; +3.0]	1.031	1.057	1.134

DEMA/DEMAref

Paramètre	Valeur Min	Valeur Réelle	Valeur Max
Période de retour des premiers dommages	0.758	0.790	0.849
Période de retour des hydrologies	0.793	0.790	0.785
Probabilité de rupture		0.790	
Hauteur [-0.25m ; +0.25m]	0.789	0.790	0.781
Vitesse [-0.5m/s ; +0.5m/s]		0.790	
Durée [-2.0j ; +2.0j]		0.790	
Hauteur de premier plancher [+0.2m ; -0.2m]	0.796	0.790	0.785
Dommages aux logements [-50.0% ; +50.0%]	0.792	0.790	0.789
Dommages aux entreprises [-50.0% ; +50.0%]	0.789	0.790	0.791
Dommages aux équipements publics [-50.0% ; +50.0%]	0.789	0.790	0.790
Dommages aux cultures [-50.0% ; +50.0%]		0.790	
Dommages aux enjeux personnalisés [+50.0% ; +50.0%]		0.790	
Coût des investissements initiaux [+25.0% ; -25.0%]	0.790	0.790	0.790
Coût de l'entretien [+25.0% ; -25.0%]	0.790	0.790	0.790
Coefficient de crue infinie [-1.0 ; +3.0]	0.813	0.790	0.732

Cmoy/habitant

(Hors population saisonnière)

Paramètre	Valeur Min	Valeur Réelle	Valeur Max
Période de retour des premiers dommages	44 107.1	36 559.3	24 072.5
Période de retour des hydrologies	39 293.2	36 559.3	32 024.3
Probabilité de rupture		36 559.3	
Hauteur [-0.25m ; +0.25m]	56 943.6	36 559.3	36 577.7
Vitesse [-0.5m/s ; +0.5m/s]		36 559.3	
Durée [-2.0j ; +2.0j]		36 559.3	
Hauteur de premier plancher [+0.2m ; -0.2m]	36 541.3	36 559.3	36 559.3
Dommages aux logements [-50.0% ; +50.0%]	36 550.3	36 559.3	36 568.3
Dommages aux entreprises [-50.0% ; +50.0%]	36 559.3	36 559.3	36 559.3
Dommages aux équipements publics [-50.0% ; +50.0%]	36 559.3	36 559.3	36 559.3
Dommages aux cultures [-50.0% ; +50.0%]		36 559.3	
Dommages aux enjeux personnalisés [+50.0% ; +50.0%]		36 559.3	
Coût des investissements initiaux [+25.0% ; -25.0%]	42 754.8	36 559.3	30 363.9
Coût de l'entretien [+25.0% ; -25.0%]	39 499.2	36 559.3	33 619.4
Coefficient de crue infinie [-1.0 ; +3.0]	36 556.2	36 559.3	36 568.7

Cmoy/emploi

Paramètre	Valeur Min	Valeur Réelle	Valeur Max
Période de retour des premiers dommages	32 021.5	25 134.5	15 380.4
Période de retour des hydrologies	26 864.5	25 134.5	22 417.0
Probabilité de rupture		25 134.5	
Hauteur [-0.25m ; +0.25m]	35 042.2	25 134.5	25 147.2
Vitesse [-0.5m/s ; +0.5m/s]		25 134.5	
Durée [-2.0j ; +2.0j]		25 134.5	
Hauteur de premier plancher [+0.2m ; -0.2m]	25 122.2	25 134.5	25 134.5
Dommages aux logements [-50.0% ; +50.0%]	25 128.4	25 134.5	25 140.7
Dommages aux entreprises [-50.0% ; +50.0%]	25 134.5	25 134.5	25 134.5
Dommages aux équipements publics [-50.0% ; +50.0%]	25 134.5	25 134.5	25 134.5
Dommages aux cultures [-50.0% ; +50.0%]		25 134.5	
Dommages aux enjeux personnalisés [+50.0% ; +50.0%]		25 134.5	
Coût des investissements initiaux [+25.0% ; -25.0%]	29 393.9	25 134.5	20 875.2
Coût de l'entretien [+25.0% ; -25.0%]	27 155.7	25 134.5	23 113.4
Coefficient de crue infinie [-1.0 ; +3.0]	25 132.4	25 134.5	25 140.9

Les paramètres les plus sensibles pour la VAN, le B/C et le DEMA/DMA ref sont :

- La période de retour des premiers dommages et les hauteurs issues des modélisations influencent le plus les résultats.
- La variation des dommages aux entreprises est le troisième facteur le plus influent, suivi des dommages aux logements.
- La variation des coûts d'investissements reste un point sensible de l'analyse de sensibilité.

Les autres paramètres ont une influence plus relative sur les résultats.

8.2. ANALYSE D'INCERTITUDES

L'analyse d'incertitudes consiste à générer un grand nombre de résultats à partir de paramètres d'entrée choisis aléatoirement mais dans les intervalles d'incertitude. Cette analyse permet d'observer la dispersion des résultats autour de la valeur « nominale » c'est-à-dire obtenue avec les paramètres fixés dans l'AMC, et d'en déduire la plus ou moins bonne fiabilité du résultat de l'AMC.

Les jeux de paramètres ont été tirés aléatoirement au sein des intervalles d'incertitudes, en respectant une loi de distribution triangulaire afin de mieux représenter leur distribution vis-à-vis de la valeur nominale, par rapport à une loi uniforme (plan d'échantillon type Monte-Carlo). Certains échantillons sont rejetés du fait de leur incohérence qui entraînerait des erreurs de calculs. 20 000 calculs ont été effectués pour chaque situation.

Tableau 11 – Résultats de l'analyse d'incertitudes

stat	van	b_c	dema_dmaref	cmoy_nemah	cmoy_nemae
Valeur nominale	388 333	1,06	0,79	36 559	25 135
Valeur moyenne	303 506	1,06	0,78	39 131	27 751
Valeur médiane	282 791	1,04	0,78	38 014	26 985
Valeur maximum	5 748 888	1,85	0,84	69 536	51 761
Valeur minimum	-3 648 311	0,60	0,72	24 003	17 548
Etendue relative	3096%	118%	16%	116%	123%
Ecart absolu moyen relatif	451%	19%	3%	17%	17%
5ème percentile	-2 599 903	0,66	0,73	27 886	19 220
95ème percentile	2 782 086	1,44	0,83	53 081	37 211
Proba < seuil	44%	44%			

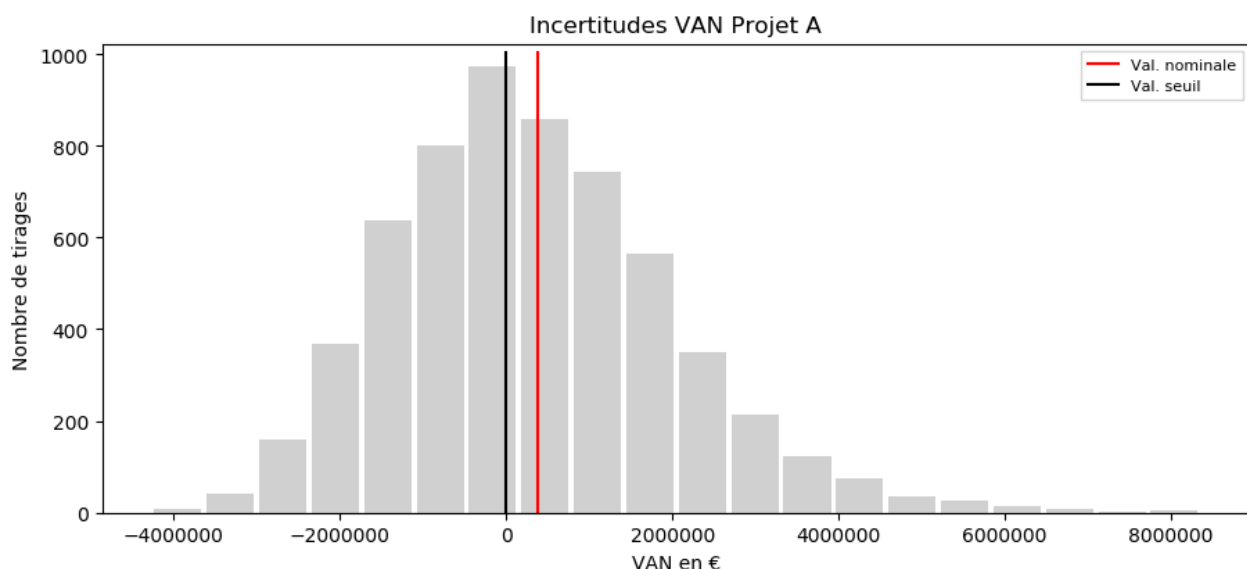


Figure 15 – Analyse de la VAN

La valeur moyenne et la médiane sont positives et légèrement inférieure à la valeur nominale pour la VAN. L'étendue relative importante traduit une forte disparité entre les résultats min et mx. L'écart absolu moyen relatif est également important indiquant une dispersion élevée des résultats.

90% des résultats de VAN se situe entre -2,6M€ et + 2,6M€ et 0,66 et 1,44 pour le ratio B/C.

44 % des résultats obtenus sur les 20 000 tirages ne dépassent pas la valeur seuil de 0 pour la VAN et 1 pour B/C ; inversement 66 % sont au-dessus.

La fiabilité du rapport B/C apparait meilleure que la VAN. Les résultats de l'AMC doivent donc tempérer du fait qu'ils apparaissent assez incertains.