



Commissariat général au développement durable

Analyse multicritère des projets de prévention des inondations

Guide méthodologique 2018

Analyse multicritère des projets de prévention des inondations

Guide méthodologique 2018

11 – Introduction

À qui ? À quoi ? Dans quel contexte ce guide s'applique-t-il ?

21 – Philosophie générale de l'AMC inondations

Ce guide présente une méthode d'évaluation socio-économique des mesures de prévention des inondations dite analyse multicritères (AMC). Elle se rapproche d'une analyse coûts-bénéfices étendue dans le sens où elle intègre aux indicateurs monétaires, des indicateurs non monétaires.

35 – Réaliser une AMC : les grandes étapes

La réalisation d'une AMC se déroule en 6 étapes clés : la définition du périmètre de l'analyse, la caractérisation des scénarios d'aléas, l'évaluation des dommages évités et des bénéfices, l'évaluation des coûts des mesures évalués et enfin le calcul des indicateurs.

63 – « Boîtes à outils » : aides à la réalisation des étapes clés

La mise en œuvre de ces 6 étapes clés nécessite l'utilisation de méthode de caractérisation des aléas, d'évaluation des dommages et des coûts et d'analyse. Les méthodes et outils présentés sont adaptés aux différents territoires présentant des enjeux variés et des aléas divers.

153 – Annexes

Document édité par :

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable

Remerciement : Pour les travaux relatifs à la construction des fonctions de dommages et aux réflexions sur l'évaluation économique des projets de prévention des inondations : Nicolas Bauduceau, Hélène Boisgontier (IRSTEA), Laetitia Bompérin (CEREMA), Pauline Bremond (IRSTEA), Katrin Erdlenbruch (IRSTEA), Cédric Gaillard (IRSTEA), Loetitia Gamard (IRSTEA), Florence Gontrand (IRSTEA), Frédéric Grelot (IRSTEA), Julien Jadot (CEPRI), Zéhir Kolli*(CEREMA), Amanda Macquart (IRSTEA), Véronique Mignon (CEPRI), Rodolphe Pannier (CEPRI), Anthony Payet (IRSTEA), Jean-Philippe Pène (DGPR), Claire Richert (IRSTEA), Reine Tarrit (CEREMA)
Pour les travaux relatifs à l'adaptation de l'AMC au contexte littoral : Camille André (GIP Littoral Aquitain), Céline Perherin (CEREMA) et Frédéric Pons (CEREMA) pour leur contribution au cadrage des scénarios d'aléa nécessaires à l'analyse multicritères.
Pour les travaux relatifs à l'adaptation de la méthodologie au contexte torrentiel : Guillaume Piton et Jean-Marc Tacnet.
Pour les travaux relatifs au développement des indicateurs d'enjeux : Céline Magnier (CGDD), Mathieu Métral (DREAL Rhône-Alpes), Stéphane Jourdain (DREAL Rhône-Alpes), Christophe Moulin (CEREMA), Sylvain Charaud (CEREMA), Elsa Laganier (DREAL Centre), Pierre Philippe (EPTB Loire)
* poste occupé lors de la rédaction de ce guide

contributeurs

DR

Delphine Rouchon
Chargée de mission économie
des risques naturels

Delphine.rouchon@developpement-
durable.gouv.fr

Ce guide est une mise à jour du guide national AMC inondation de juillet 2014. Il a été produit dans le cadre du groupe de travail national AMC inondation piloté par le CGDD sous maîtrise d'ouvrage de la Direction générale de la prévention de risques (DGPR).

NC

Natacha Christin*

Chargée de mission économie
des risques naturels

* En poste au CGDD au moment de la
rédaction du document

CP

Cédric Peinturier*

Chargé de mission économie
des risques naturels

* En poste au CGDD au moment de la
rédaction du document

Relecteurs :

Reine **Tarrit** (CEREMA)

Frédéric **Pons** (CEREMA)

Camille **André** (GIP Littoral aquitain)

Guillaume **Piton** (IRSTEA)

Jean-Marc **Tacnet** (IRSTEA)

Stéphanie **Bidault** (CEPRI)

Frédéric **Grelot** (IRSTEA)

Pauline **Brémont** (IRSTEA)

DN

Doris Nicklaus

Chef du bureau de l'évaluation
économique des milieux, des
matières et des risques

Doris.nicklaus@developpement-
durable.gouv.fr

Vous pourrez consulter sur les liens suivants :

Les annexes techniques : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/AMC%20-%20Guide%20m%C3%A9thodologique%20AMC%20-%20Annexes%20techniques.pdf>

Les tableurs des fonctions de dommages fluviaux et submersions marines: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/evaluation-economique-des-projets-gestion-des-risques-naturels>

Le cahier des charges de la DGPR qui cadre l'utilisation du guide AMC pour l'évaluation des PAPI : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/AMC%20-%20Cahier%20des%20charges%20PAPI.pdf>

avant-propos



a directive inondation et la Stratégie nationale de gestion du risque inondation (SNGRI) ont fixé les principaux objectifs de la politique de gestion des inondations. Elles recommandent que les porteurs de projets de gestion des inondations effectuent une évaluation socio-économique de leur projet.

Ce guide propose des éléments de méthode pour cette évaluation. La méthode présentée permet de comparer les coûts et les bénéfices des projets, du point de vue de la mise en sécurité des personnes, de la réduction des dommages aux biens, de l'amélioration de la résilience et de la protection du patrimoine culturel et de l'environnement.

Laurence Monnoyer-Smith

COMMISSAIRE GENERALE AU DEVELOPPEMENT DURABLE

Résumé exécutif



Quels sont les bénéfices potentiels d'un projet de protection contre les inondations ? Le projet étudié bénéficie-t-il davantage aux logements, aux entreprises, au secteur agricole ou au secteur public ? Quelle commune en bénéficie le plus ? Quels vont potentiellement être les impacts négatifs de l'aménagement ? Combien d'habitants et d'emplois seront protégés ? Quel est le coût du projet par habitant protégé ? Par emploi protégé ? Quels sont les coûts subis par l'environnement ? Quelles seront les économies potentiellement faites par la société grâce aux investissements dans ces mesures de protection ? Est-il pertinent de rehausser un ouvrage en plus de le sécuriser ?

La méthode proposée dans ce guide, dite analyse multicritère (AMC), permet de répondre à l'ensemble de ces questions. Elle a, en effet, pour objectif d'analyser les impacts d'un projet sur la réduction des conséquences des inondations sur la santé humaine, l'économie, l'environnement et le patrimoine. Ces impacts sont mis en perspective avec les coûts du projet. L'AMC s'identifie à une démarche d'analyse coûts-bénéfices étendue (ACB étendue) car, à la différence de l'ACB « simple », elle intègre des impacts monétarisés et non monétarisés. Cette méthode facilite à la fois l'explicitation de l'intérêt d'un projet, son optimisation et sa justification économique.

Un outil reposant sur deux séries d'indicateurs

L'AMC se construit autour de deux séries d'indicateurs : des indicateurs qualifiés « d'élémentaires » et des indicateurs synthétiques. Les indicateurs élémentaires constituent une aide directe aux porteurs de projets dans la construction de leur stratégie de protection contre les inondations. Ils permettent de répondre aux objectifs suivants :

- approfondir la connaissance de la vulnérabilité du territoire,
- évaluer si le projet est pertinent et équilibré (par une analyse précise des bénéfices et des coûts),
- évaluer comment les bénéfices sont répartis géographiquement et par nature d'enjeux sur le territoire et vérifier si l'ensemble des coûts associés à la mise en œuvre du projet ont bien été intégrés,
- donner du sens au projet par une caractérisation « physique » concrète de son impact.

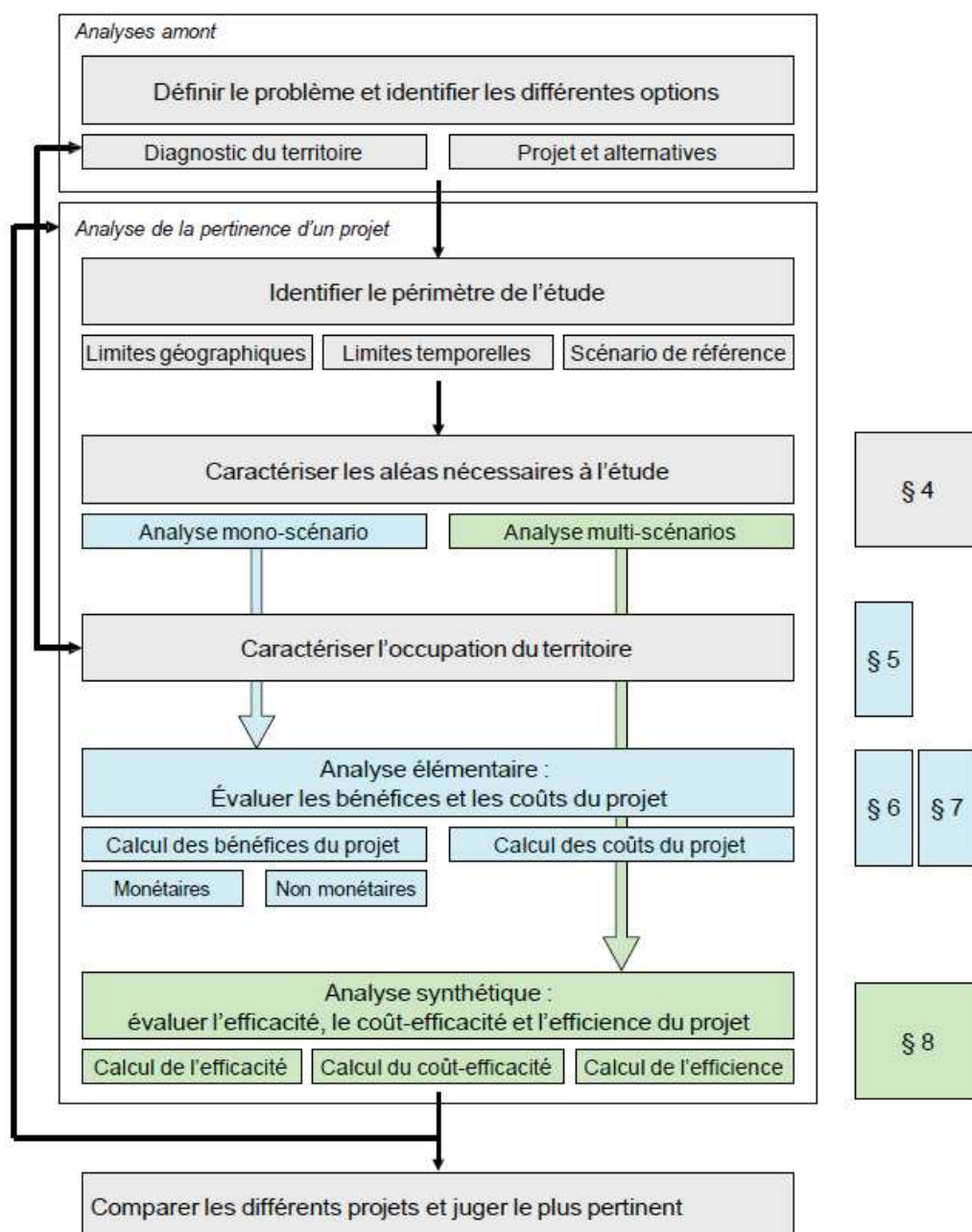
L'AMC permet par ailleurs, au travers d'indicateurs synthétiques, d'évaluer :

- l'efficacité du projet, c'est-à-dire dans quelle mesure il satisfait aux objectifs fixés,
- 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).

Cette grille d'analyse peut, par exemple, être mobilisée pour justifier la pertinence d'un projet dans le cadre de procédures de labellisation des programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI).

Les étapes de réalisation d'une AMC

Figure a : Schéma du processus de réalisation d'une AMC. Source : CGDD



Résumé exécutif

Analyse du projet par des indicateurs élémentaires

Tableau a : Les indicateurs élémentaires de l'AMC. Source : CGDD

Objectifs	Sous-objectifs	Axes de la DI	N°	Indicateurs élémentaires
Générer des bénéfices...	Mise en sécurité des personnes	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
			Autres indicateurs secondaires : S1, S2	
	Réduction des dommages aux biens (et réduction des pertes d'exploitation)	Économie	M1	Dommmages aux habitations
			M2	Dommmages aux entreprises
			M3	Dommmages aux activités agricoles
			M4	Dommmages aux établissements publics
	Autres dommages monétarisables (dommmages indirects réseaux : M5*)			
	Amélioration de la résilience du territoire		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
			Autre indicateur secondaire : S3	
	Protection de l'environnement (*)		Environnement	P8
		P9		Déchets : capacités de traitement et de stockage en ZI
		P10		Nombre de sites dangereux en zone inondable
	Autre indicateur secondaire S4			
Protection du patrimoine culturel "immatériel"	Patrimoine	P11	Nombre de bâtiments patrimoniaux et de sites remarquables en ZI	
		Autre indicateur secondaire : S5		
... à moindre coût			M6	Coûts d'investissement
			M7	Coûts annuels différés
			M8	Coûts environnementaux

(*) L'indicateur M5 est obligatoire uniquement dans certains cas (voir 2.1.4.5. fonctions de dommages indirects aux réseaux de transports routiers).

Résumé exécutif

Les bénéfices d'un projet sont mesurés au travers des dommages évités grâce à la réalisation du projet. Les indicateurs sont donc calculés avant projet et après projet pour un unique scénario d'inondation qui correspond au niveau de protection du projet¹.

Les indicateurs de dommages monétaires (M1 à M4) correspondent aux impacts déjà intégrés dans l'outil initial de l'ACB. L'indicateur M5 relatif aux réseaux routiers a été ajouté aux indicateurs de dommages monétaires.

Les indicateurs d'enjeux (P1 à P11) complètent l'analyse de l'impact du projet sur la santé humaine, l'environnement, l'économie et le patrimoine culturel ; ils permettent de s'intéresser aux enjeux « sortis » de la zone inondable grâce au projet; ils ne permettent ni de capter le dommage évité grâce à l'abaissement de la ligne d'eau, ni de prendre en compte la vulnérabilité intrinsèque des enjeux.

Trois indicateurs de coûts (M6, M7 et M8) permettent de compléter l'analyse.

Analyse du projet par des indicateurs synthétiques

Tableau b : Les indicateurs synthétiques de l'AMC. Source : CGDD

Objectifs	Indicateurs synthétiques	Notés dans la suite du texte...	
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants*	Indicateurs non monétaires
	Rapport du nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet sur le nombre (moyen annuel) d'habitants dans la zone inondable en situation de référence	NEMA habitants* / NMAhabitants.Sref	
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois*	
	Rapport du nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet sur le nombre (moyen annuel) d'emplois dans la zone inondable en situation de référence	NEMA emplois* / NMAemplois.Sref	
	Rapport des dommages évités (moyens annuels) sur les dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA / DMA.Sref	
Coût-efficacité	Coût (équivalent moyen annuel) du projet par habitant protégé grâce au projet	Cmoy / NEMA habitants	Indicateurs monétaires
	Coût (équivalent moyen annuel) du projet par emploi protégé grâce au projet	Cmoy / NEMA emplois	
Efficience	Valeur Actualisée Nette du projet	VAN	
	Ratio des bénéfices générés par le projet sur le coût du projet	B/C	

* Un ou deux autres indicateurs d'efficacité supplémentaires peuvent être calculés sous la forme d'indicateurs moyens annuels d'enjeux protégés (NEMA) en fonction de la vulnérabilité spécifique du territoire.

¹ Niveau de protection : il est équivalent au niveau de dimensionnement. Il correspond au scénario d'inondation le plus intense pour lequel l'ouvrage est dimensionné pour protéger totalement la zone ciblée.

Contrairement aux indicateurs élémentaires, les indicateurs synthétiques reposent sur une analyse des enjeux pour différents scénarios d'inondation, ce qui permet de comprendre la portée du projet pour l'ensemble des événements susceptibles de survenir sur le territoire. L'approche par les dommages et les enjeux « moyens annuels » permet ainsi de comparer directement différentes alternatives de gestion des inondations sur le territoire en s'abstrayant du paramètre « niveau de protection » du projet.

Mode d'emploi du document

Ce document est constitué de quatre parties.

La première partie constitue une introduction, elle présente succinctement la méthode d'analyse multicritère inondation. Elle précise son cadre d'utilisation.

La seconde partie présente la philosophie de la méthode, les grands principes sur lesquels elle repose et les objectifs recherchés par ce type d'évaluation.

La troisième partie présente les sept grandes étapes de réalisation d'une AMC :

- Etape 1 : Définir le problème et identifier les différentes options pour y répondre ;
- Etape 2 : Identifier le périmètre d'étude ;
- Etape 3 : Caractériser l'aléa sur le territoire – « Boîte à outils : Aléas » (partie 4) ;
- Etape 4 : Caractériser l'occupation du territoire ;
- Etape 5 : Caractériser les coûts et les bénéfices d'un projet – « Boîte à outils : Dommages », « Boîte à outils : Bénéfices » et « Boîte à outils : Coûts » (partie 4) ;
- Etape 6 : Interpréter les résultats - « Boîte à outils : Indicateurs synthétiques » (partie 4) ;
- Etape 7 : Analyser l'incertitude et la sensibilité des résultats – « Boîte à outils : Indicateurs synthétiques » (partie 4) ;

La quatrième partie présente les boîtes à outils associées aux étapes 3, 5, 6 et 7. Ces boîtes à outils permettent de faciliter la mise en œuvre de la méthode d'évaluation par les porteurs de projet.

Introduction

Cette introduction présente, de façon succincte, la méthode nationale de référence pour l'évaluation socio-économique des projets de gestion des inondations : l'analyse multicritère inondation (AMC inondation). Elle rappelle le cadre d'application de ce guide et présente son contenu.



Introduction

L'évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI) réalisée en 2011 a montré que 17,1 millions de personnes résident en France de manière permanente dans l'enveloppe approchée des inondations potentielles (EAIP) qui correspond à l'emprise potentielle des inondations extrêmes. Chaque année, les inondations génèrent plusieurs millions d'euros de dommages matériels et interrompent l'activité de centaines de communes pendant des durées plus ou moins longues.

La stratégie nationale de gestion des risques d'inondations fixe le cadre de la politique de gestion des inondations en France. Elle s'inscrit dans le cadre de la directive inondation.

Les projets de prévention des inondations constituent les outils opérationnels de mise en œuvre de la gestion des inondations au niveau des territoires. En cohérence avec la directive inondation et la stratégie nationale de gestion du risque inondation, ces projets ont comme objectif : de garantir la sécurité des personnes et des biens, d'améliorer la résilience des territoires, de protéger l'environnement et le patrimoine culturel.

Pour élaborer et mettre en œuvre les projets de prévention des inondations, les collectivités sont amenées à se poser de nombreuses questions : quels sont les bénéfices potentiels d'un projet de protection contre les inondations ? Le projet étudié bénéficie-t-il davantage aux logements, aux entreprises, au secteur agricole ou au secteur public ? Quelle commune en bénéficie le plus ? Quels vont potentiellement être les impacts négatifs de l'aménagement ? Combien d'habitants et d'emplois seront protégés ? Quel est le coût du projet par habitant protégé ? Par emploi protégé ? Quels sont les coûts subis par l'environnement ? Quelles seront les économies potentiellement faites par la société grâce aux investissements dans ces mesures de protection ? Est-il pertinent de rehausser un ouvrage en plus de le sécuriser ?

La méthode proposée dans ce guide, dite analyse multicritère (AMC), permet de répondre à l'ensemble de ces questions. Elle a, en effet, pour objectif d'analyser les impacts d'un projet sur la réduction des conséquences des inondations sur la santé humaine, l'économie, l'environnement et le patrimoine. Ces impacts sont mis en perspective avec les coûts du projet. L'AMC s'identifie à une démarche d'analyse coûts-bénéfices étendue (ACB étendue) car, à la différence de l'ACB « simple », elle intègre des impacts monétarisés et non monétarisés. Cette méthode facilite à la fois l'explicitation de l'intérêt d'un projet, son optimisation et sa justification économique.

Ce guide constitue une mise à jour de la version publiée en 2014. Cette mise à jour clarifie certains éléments de la méthode AMC, propose de nouvelles méthodes pour évaluer davantage de mesures et des précisions pour évaluer des projets de gestion des phénomènes de submersions marines et torrentielles.

1	Présentation de l'AMC	14
1.1	QU'EST-CE QUE L'AMC ?.....	14
1.2	LES OBJECTIFS DE L'AMC	14
1.3	POURQUOI UNE MISE À JOUR DU GUIDE AMC INONDATION ?	15
1.4	PORTÉE DE L'AMC INONDATION	15
2	Cadre d'application du guide	16
2.1	À QUI EST DESTINÉ CE GUIDE ?.....	16
2.2	À QUOI S'APPLIQUE L'AMC ?	16
2.3	COMMENT UTILISER CE GUIDE ?	17
2.4	AMC ET PROGRAMME D'ACTION DE PRÉVENTION DES INONDATIONS (PAPI 3)	19

1 Présentation de l'AMC

1.1 QU'EST-CE QUE L'AMC ?

Ce guide méthodologique présente une méthode d'évaluation socioéconomique des mesures de prévention des inondations basée sur une approche d'analyse coûts-bénéfices (ACB) « étendue » nommée analyse multicritère inondation ou AMC inondation.

L'AMC inondation, comme l'ACB inondation, évalue les coûts et les bénéfices d'un projet. Elles reposent toutes deux sur une approche dite des « dommages évités » : les bénéfices correspondent à l'ensemble des dommages que l'on évite grâce aux mesures.

A la différence de l'ACB inondation, l'AMC inondation se base sur deux niveaux d'analyse : une analyse élémentaire et une analyse synthétique. Elle intègre, en plus des indicateurs classiques de l'ACB inondation, des indicateurs de dommages monétaires et des indicateurs non monétaires, dits indicateurs d'enjeux. Ils permettent d'intégrer, dans l'évaluation socio-économique, des impacts potentiels des inondations jusque là non pris en compte.

L'AMC inondation que nous proposons n'a pas pour vocation d'agrérer les indicateurs. En ce sens, elle s'assimile à une ACB « étendue ».

1.2 LES OBJECTIFS DE L'AMC

L'évaluation d'un projet par l'AMC peut servir deux finalités.

C'est d'abord un outil d'aide à la décision pour les maîtres d'ouvrages de politiques publiques de prévention des risques. L'AMC propose en effet une démarche qui permet de décrire la vulnérabilité du territoire face aux inondations (notamment par l'évaluation des enjeux exposés aux risques) afin de définir les différentes solutions techniques existantes et d'en comparer les bénéfices et les coûts. Un maître d'ouvrage peut donc s'appuyer sur les résultats de l'AMC pour construire sa stratégie de gestion des risques d'inondation.

L'AMC est également un moyen d'évaluer dans quelle mesure le projet est efficace et rentable afin de justifier des choix faits et des actions proposées avec des méthodes rigoureuses, sur des bases communes et objectives.

Plus précisément, cet outil répond aux objectifs suivants :

- Diagnostiquer et comparer des solutions alternatives pour la gestion du risque inondation en phase d'élaboration du projet :
 - Approfondir la connaissance de la vulnérabilité du territoire,

- Comparer la pertinence des solutions alternatives,
- Juger la pertinence du projet *in fine* retenu et prioriser les subventions à l'échelle nationale :
 - Évaluer si le projet est pertinent et équilibré (par une analyse précise des bénéfices et des coûts),
 - Évaluer comment les bénéfices sont répartis géographiquement sur le territoire et par nature d'enjeux sur le territoire (dans une approche « équité ») et vérifier si l'ensemble des coûts associés à la mise en œuvre du projet sont bien intégrés,
 - Donner du sens au projet par une caractérisation « physique » concrète de son impact (dans une approche « communication »),
 - Comparer les projets et prioriser les subventions à l'échelle nationale sur la base de méthodes communes et rigoureuses.

1.3 POURQUOI UNE MISE À JOUR DU GUIDE AMC INONDATION ?

Les travaux menés depuis 2014 par le Groupe de travail national AMC inondation ont pour objet de continuer à construire la méthodologie AMC inondation afin de mieux couvrir la diversité des situations rencontrées sur les territoires. Ils visent à développer des méthodes qui s'adaptent au mieux aux spécificités des différents sites et aux aléas auxquels ils sont confrontés. Cette mise à jour permet de mettre à disposition des acteurs de nouveaux outils et de nouvelles méthodes afin d'évaluer davantage de mesures.

En pratique, les principaux points de mise à jour sont les suivants :

- la clarification de divers points de la méthode existante,
- la présentation d'une méthode d'évaluation des projets de sécurisation d'ouvrage,
- la présentation d'une méthode pour estimer les coûts environnementaux des projets et les dommages liés aux interruptions du trafic routier,
- l'intégration de recommandations pour l'évaluation des projets de gestion des submersions marines,
- l'intégration de premiers éléments concernant les phénomènes torrentiels.

1.4 PORTÉE DE L'AMC INONDATION

La méthodologie présentée dans ce guide n'a pas vocation à intégrer l'ensemble des dimensions d'un projet (sociale, technique, politique, réglementaire...). Elle n'a donc pas pour objectif d'identifier le projet qui *a priori* :

- présente la meilleure acceptabilité pour les populations,
- est le plus simple à réaliser techniquement,
- est soumis aux contraintes réglementaires les moins fortes,
- bénéficie du portage politique le plus robuste ou le plus consensuel.

Ces différentes dimensions sont nécessairement prises en compte dans l'élaboration du projet, et selon les cas, peuvent être explicitées dans la démarche-projet. Elles ne sont néanmoins pas intégrées dans le guide.

L'AMC proposée est un outil d'évaluation socio-économique. Elle ne permet pas à elle seule d'évaluer tous les aspects d'un projet.

L'AMC présentée ici a pour objectif d'analyser le plus précisément possible les impacts d'un projet sur la réduction des conséquences des inondations. Ces impacts sont mis en perspective avec les coûts du projet. L'objectif d'un projet « bien dimensionné » reste donc de générer des bénéfices par la réduction des conséquences des inondations en limitant les coûts associés, et c'est ce que l'AMC cherche à mesurer.

L'AMC s'identifie donc à une démarche d'analyse coûts-bénéfices, à la différence près qu'elle intègre des impacts monétarisés et non monétarisés. L'AMC est donc à considérer comme une ACB « étendue » dans la mesure où elle ne repose pas sur la comparaison des coûts et des bénéfices sur la base d'un étalon commun (l'étalon monétaire) mais sur la base de différentes unités de comparaison : dénombrement d'enjeux, pourcentage d'enjeux, coût de dommages aux différents enjeux... .

2 Cadre d'application du guide

2.1 À QUI EST DESTINÉ CE GUIDE ?

Ce guide est destiné aux porteurs de projets de gestion des inondations (collectivités, établissements publics territoriaux de bassins), aux DREAL et aux DDT ainsi qu'aux bureaux d'étude qui travaillent avec eux. Il décrit la méthode AMC et donne des recommandations et des outils pour l'appliquer.

2.2 À QUOI S'APPLIQUE L'AMC ?

Il s'applique aux mesures structurelles de prévention des inondations. Le terme de « mesures structurelles » sera entendu au sens du cahier des charges des programmes d'actions de prévention des inondations (PAPI) de 2017, et regroupe les mesures de ralentissement dynamique (axe VI) et les ouvrages de protection hydraulique (axe VII). Cette nouvelle version du guide méthodologique AMC inondation s'applique également aux mesures de sécurisation d'ouvrages sans réhausse du niveau de protection.

L'inondation est définie ici comme une submersion temporaire, par l'eau, de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre, en théorie, les inondations dues aux crues des fleuves, des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens (débordements de cours d'eau) ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières (submersions marines). Des outils et des méthodes spécifiques sont fournis pour les submersions marines.

Le guide et les outils proposés ne s'appliquent pas aux crues torrentielles (rivières et torrents). Des travaux sont en cours pour développer une méthode et des outils adaptés à ce contexte particulier.

Introduction

Néanmoins, le présent guide reprend l'état de l'art des connaissances actuelles sur les phénomènes torrentiels afin de donner les premières orientations méthodologiques aux acteurs concernés.

Les inondations par remontées de nappes d'eau et par ruissellement rentrent difficilement dans le cadre de l'analyse présenté. L'analyse élémentaire pourra être menée sans difficulté, mais l'analyse synthétique est probablement délicate à mettre en œuvre, puisqu'elle nécessite de disposer d'une analyse fréquentielle des événements.

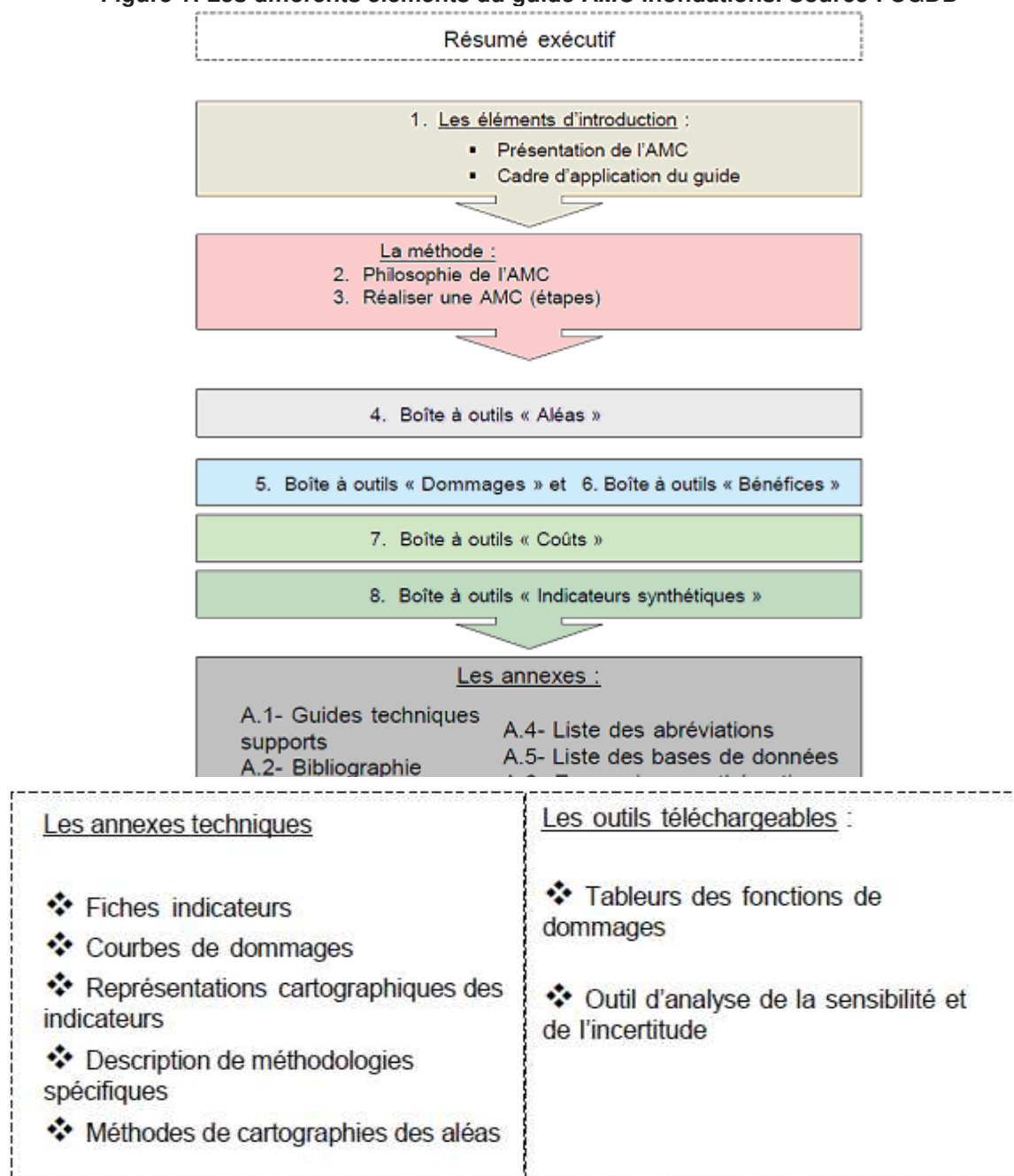
2.3 COMMENT UTILISER CE GUIDE ?

Le présent guide décrit les différentes étapes et, pour chacune d'elles, donne les méthodes permettant de mener à bien une AMC. Il intègre ainsi cinq « boîtes à outils » qui détaillent les démarches à suivre pour chacune des étapes de l'AMC.

Le guide s'accompagne d'Annexes techniques qui proposent des fiches méthodes pour calculer les indicateurs d'enjeux, des courbes de dommages, des éléments de cartographie et de sémiologie ainsi que des éléments précis de méthodologie. Des outils d'aide à la mise en œuvre de la méthode sont par ailleurs téléchargeables indépendamment (tableaux au format .xls notamment).

Enfin, le guide fait référence à des guides techniques et des notes méthodologiques rédigés dans le cadre des différents groupes de travail : leur lecture est recommandée pour ceux qui souhaitent comprendre en détail comment les travaux ont été menés et comment les résultats avancés dans ce guide AMC ont été obtenus. La liste de ces guides techniques supports est donnée en annexe A.1.

Figure 1: Les différents éléments du guide AMC inondations. Source : CGDD



2.4 AMC ET PROGRAMME D’ACTION DE PRÉVENTION DES INONDATIONS (PAPI 3)

Avec l’appel à projet « Programme d’action de prévention des inondations » (PAPI) de 2017 et son nouveau cahier des charges, l’AMC devient la méthode de référence dans la procédure de labellisation pour les projets de plus de 5 millions d’euros (M€). Le guide s’utilise alors en réponse au cahier des charges de l’AMC, qui décrit le contenu *a minima* attendu d’une AMC inondation. L’ACB doit toujours être utilisée pour les projets d’un montant compris entre 2 et 5 M€. Le guide s’utilise alors en réponse au cahier des charges de l’ACB.

Bien que le guide AMC inondation réponde principalement à la mise en œuvre du troisième appel à projet PAPI, la méthodologie développée peut plus largement être mobilisée pour évaluer tout type de projet.

Introduction

Partie 1

Philosophie générale de l'AMC inondation

Cette partie présente les principes généraux de l'AMC inondation. Dans un premier temps, elle rappelle le principe de l'évaluation par des indicateurs en distinguant les indicateurs de dommages monétaires et les indicateurs d'enjeux non monétaires ainsi que leur portée respective. Elle présente ensuite, en détail, les deux niveaux d'analyse de l'AMC : l'analyse élémentaire et l'analyse synthétique en rappelant, pour chacune d'elles, la liste des différents indicateurs à calculer pour l'analyse et le principe de leur construction.



1. Indicateurs de dommages monétaires et indicateurs d'enjeux non monétaires ?	23
1.1 LES INDICATEURS D'ENJEUX EN COMPLÉMENT DES INDICATEURS DE DOMMAGES MONÉTAIRES	23
1.2 PORTÉE DES INDICATEURS D'ENJEUX NON MONÉTAIRES ET DES INDICATEURS DE DOMMAGES MONÉTAIRES.....	26
2. Analyse d'un projet par des indicateurs élémentaires (analyse élémentaire).....	28
2.1 TABLEAU DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES	28
2.2 COMPRENDRE LA CONSTRUCTION DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES.....	29
2.3 INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES PRINCIPAUX ET INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES SECONDAIRES.....	30
2.4 DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES CALCULÉS POUR UN UNIQUE SCÉNARIO D'ALÉA	31
2.5 DES INDICATEURS QUI SCHÉMATISENT LA VULNÉRABILITÉ DES ENJEUX.....	31
2.6 DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES NON PONDÉRÉS.....	31
3. Analyse d'un projet par des indicateurs synthétiques (analyse synthétique).....	32
3.1 TABLEAU DES INDICATEURS SYNTHÉTIQUES	32
3.2 COMPRENDRE LA CONSTRUCTION DES INDICATEURS DE SYNTHÈSE.....	33
3.3 NÉCESSITÉ D'UNE APPROCHE MULTI-SCÉNARIOS	34

1. Indicateurs de dommages monétaires et indicateurs d'enjeux non monétaires ?

1.1 LES INDICATEURS D'ENJEUX EN COMPLÉMENT DES INDICATEURS DE DOMMAGES MONÉTAIRES

Les indicateurs de bénéfices mesurent les dommages évités grâce à la réalisation du projet. L'AMC complète, par des indicateurs non monétaires dits indicateurs d'enjeux, les indicateurs de dommages monétaires de l'ACB. L'ACB n'intègre, par construction, que les flux économiques (bénéfices et coûts) qu'il est possible de monétariser, c'est-à-dire les impacts du projet qu'il sera possible de traduire en termes monétaires.

On distingue les dommages tangibles et les dommages intangibles dans la qualification des impacts d'un projet (voir encadré 1).

ENCADRE 1. La typologie des dommages

Les dommages peuvent être tangibles ou intangibles du point de vue économique

- Les dommages tangibles correspondent à des effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire (dégradation de l'habitat, des entreprises...) ;
- Les dommages intangibles (stress, pollution...) sont causés à des biens pour lesquels il n'existe pas de marché ad hoc, et donc pas de système de prix.

Les dommages tangibles et intangibles peuvent être directs ou indirects

- Les dommages directs sont imputables à l'impact physique de l'inondation. Ils peuvent correspondre par exemple à des dégâts matériels (destruction, endommagement) ou à des dommages aux personnes (mortalité, morbidité) ;
- Les dommages indirects peuvent correspondre aux troubles de jouissance subis dans l'attente du remplacement des biens détruits. Ce sont, par exemple, les conséquences des dégâts matériels sur les activités et les échanges (perte d'exploitation d'une entreprise suite à la destruction de ses stocks, de l'outil de production ou de l'impraticabilité de ses voies d'accès, problèmes de santé consécutifs à la dégradation de l'état du logement post-inondation, perte de temps lié aux coupures des réseaux de transport...). Dans ce cas, le dommage peut se situer en dehors de la zone inondable.

Même si des outils et des méthodes de monétarisation existent pour certains effets des inondations, la quantification et la monétarisation restent complexes pour certaines catégories de bénéfices associés aux projets². L'illustration 1 montre ainsi que l'intérêt de certains programmes d'actions de prévention des inondations repose sur des avantages que l'on ne peut pas valoriser aujourd'hui en termes monétaires.

ILLUSTRATION 1. Exemples de bénéfices intangibles des PAPI (extraits choisis)

Bénéfices non monétaires du projet sur la santé humaine

« La digue [en projet] a un rôle au regard de la sécurité publique. Etant donné sa hauteur et la présence d'enjeux forts à l'arrière, la sécurité publique est engagée. En effet, suite à la tempête Xynthia, le secteur a été identifié comme « zone jaune » (zone présentant un risque pouvant être maîtrisé par des prescriptions complémentaires). En ce sens, les travaux sur cette zone apparaissent indispensables et justifiés. »

Bénéfices non monétaires du projet sur la mobilité des personnes et la continuité des activités

« Sur le secteur 1, la VAN apparaît légèrement négative, ce qui pourrait laisser penser que l'aménagement n'est pas pertinent. Cependant, il faut rappeler que la VAN n'est calculée qu'à partir de dommages directs et tangibles. Dans le cas présent, il conviendra de noter que la fermeture de la voie SNCF sur ce tronçon conduit à l'interruption générale du trafic ferroviaire (soit 40 à 50 trains par jour) sur cette ligne. Cette situation a bien entendu des conséquences économiques (non chiffrées) [...]. La submersion de la RD au nord conduit également à l'inaccessibilité routière par le Nord de la commune, ce qui peut gêner notamment l'intervention des secours en cas de besoin. Dans ces conditions et au regard des résultats de la V.A.N. (très faiblement négative), il apparaît donc pertinent de maintenir cette mesure ».

Attention, les coûts du projet aussi peuvent être tangibles (coûts d'investissement, coûts d'entretien) et intangibles (coûts supportés par l'environnement : biodiversité, paysage...).

L'ACB classique est donc complétée, dans l'AMC inondation, par des indicateurs d'enjeux. Elle s'assimile à une ACB étendue. L'objectif n'est pas d'agréger les indicateurs mais d'apporter de l'information sur l'ensemble des enjeux pouvant être impactés par les inondations. Le tableau 1 explicite la logique de l'extension de l'ACB à l'AMC par le recours à des indicateurs non monétaires.

²

Ces difficultés sont conjecturelles. Beaucoup ont vocation à disparaître avec des améliorations méthodologiques

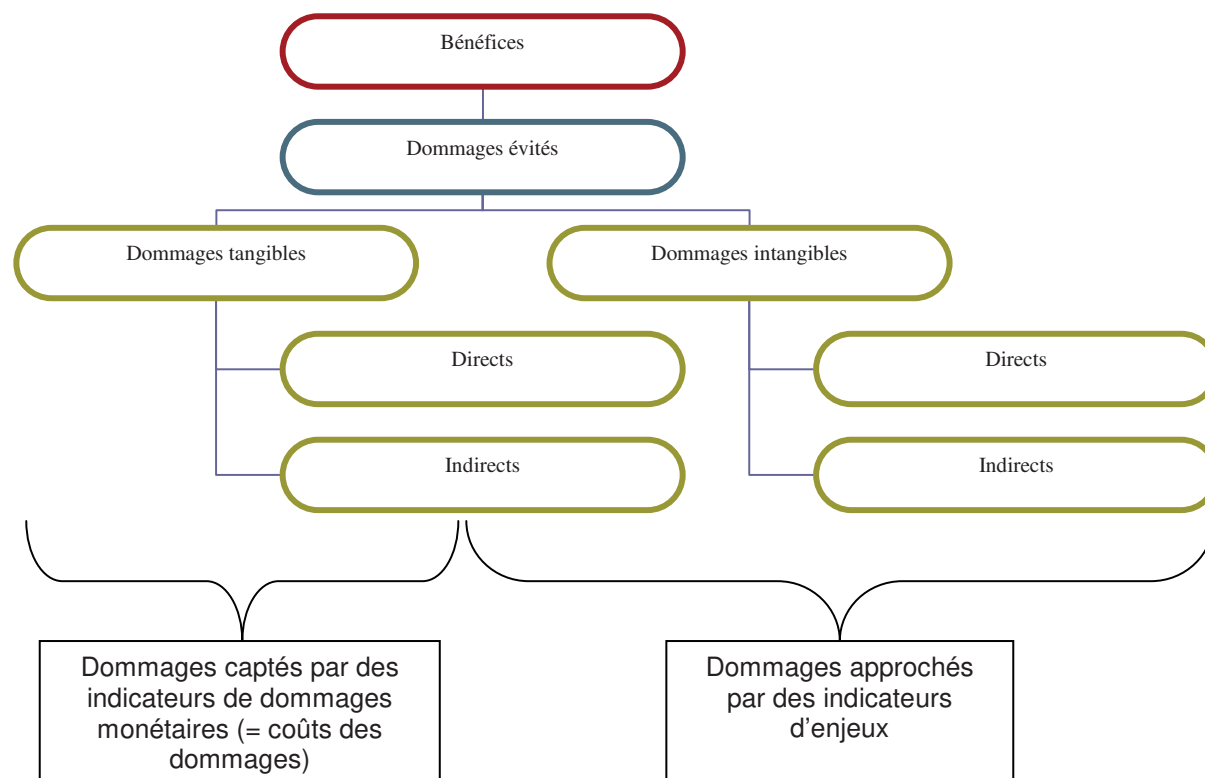
Tableau 1 : Dommages captés par l'ACB et par l'AMC inondation. Source CGDD

	Dommages tangibles		Dommages intangibles	
	Directs	Indirects	Directs	Indirects
ACB	X	(X)		
AMC	X	(X)	X	X
<i>Indicateurs monétaires</i>	X	(X)		
<i>Indicateurs non monétaires</i>			X	X

Le tableau 1 rappelle que l'ACB intègre des dommages tangibles (directs et certains indirects). Il montre que les indicateurs non monétaires sont nécessaires, à l'heure actuelle, pour prendre en compte les dommages intangibles.

La logique d'ensemble de l'évaluation des bénéfices est explicitée par la figure 2.

Figure 2 : Logique de l'évaluation des bénéfices, indicateurs de dommages et indicateurs d'enjeux. Source : CGDD



1.2 PORTÉE DES INDICATEURS D'ENJEUX NON MONÉTAIRES ET DES INDICATEURS DE DOMMAGES MONÉTAIRES

Les indicateurs de dommages permettent de capter directement le dommage (dégradation d'un bâtiment et coût de sa réparation par exemple). Il prend en compte la vulnérabilité de chaque enjeu face aux inondations.

Les indicateurs d'enjeux permettent uniquement d'approcher le dommage. Ils donnent une information concernant l'exposition de l'enjeu au risque d'inondation. Ils ne permettent pas d'informer sur la manière dont l'enjeu sera impacté ni sur l'importance de l'impact.

ILLUSTRATION 2. Indicateur P1 : « nombre de personnes habitant en zone inondable » - informations fournies par l'indicateur et limites

Les informations fournies par l'indicateur

L'indicateur « nombre de personnes en zone inondable » donne de l'information sur le nombre de personnes exposées au risque d'inondation. Il estime au maximum le nombre de personnes susceptibles d'être blessées ou tuées par une inondation. Ainsi, il permet d'approcher la mortalité et la morbidité potentiellement causées par une inondation.

Les limites de l'indicateur

L'indicateur « nombre de personnes habitant en zone inondable » n'a pas pour but d'anticiper le nombre de personnes réellement blessées suite à une inondation ou le nombre de décès. Il ne permet pas d'informer sur l'importance des blessures causées par un événement d'inondation et n'évalue pas un coût pour la société des impacts des inondations sur la santé humaine.

D'où viennent ces limites ?

Ce dommage n'est pas mesurable directement en l'état des connaissances. Le nombre potentiel de décès suite à une inondation dépend d'une multitude de facteurs tant physique que comportementaux : intensité de l'aléa, heure de survenance de l'évènement (jour/nuit), caractéristiques des bâtiments (avec/sans étages), capacité d'évacuation, alerte des populations, prise de risque des individus... Les données de retours d'expérience tirées de catastrophes ayant eu des conséquences mortelles commencent à peine à permettre des analyses statistiques permettant d'identifier les principaux déterminants de la surmortalité causée par les inondations dans certains pays. La caractérisation de la probabilité de décès associée à une inondation n'est pas encore possible, même de façon incertaine.

La finalité des différents indicateurs est synthétisée dans le tableau 2.

Partie 1 - Philosophie générale de l'AMC inondation

Tableau 2 : Finalité des indicateurs. Source : CGDD

Mode de traitement	Dommages tangibles				Dommages intangibles			
	Directs		Indirects		Directs		Indirects	
		Description		Description		Description		Description
Indicateurs de dommages	X	Dégâts matériels (logements, entreprises, activités agricoles, équipements)	X	Conséquences de l'interruption de fonctionnement des réseaux de transports				
Indicateurs d'enjeux			X	Conséquences de l'interruption de fonctionnement des réseaux électriques et de communication	X	Impacts sur la santé humaine (personnes vivant en ZI/ travaillant en ZI--> mortalité et morbidité directes), dommages à l'environnement (espaces naturels protégés), impact sur le tourisme (camping et hôtellerie), impacts sur le patrimoine culturel (musées, sites remarquables)	X	Pollution et impact sur l'environnement (STEP, déchets, ICPE), pollution et impact sur la santé (captage AEP), perturbation pour la gestion de crise (hébergements d'urgence, bâtiments participant à la GC, bâtiments abritant une population sensible), perturbation sur l'économie en sortie de crise (entreprises aidant à la reconstruction)

2. Analyse d'un projet par des indicateurs élémentaires (analyse élémentaire)

2.1 TABLEAU DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES

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

Objectifs	Sous-objectifs	Axes de la DI	N°	Indicateurs élémentaires
Générer des bénéfices...	Mise en sécurité des personnes	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.
			<i>Autres indicateurs secondaires : S1, S2</i>	
	Réduction des dommages aux biens (et réduction des pertes d'exploitation)	Économie	M1	Dommmages aux habitations
			M2	Dommmages aux entreprises
			M3	Dommmages aux activités agricoles
			M4	Dommmages aux établissements publics
			<i>Autres dommages monétarisables (dommmages indirects réseaux : M5(*))</i>	
	Amélioration de la résilience du territoire	Économie	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
			<i>Autre indicateur secondaire : S3</i>	
	Protection de l'environnement	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 zone inondable.
			<i>Autre indicateur secondaire S4</i>	
	Protection du patrimoine culturel "immatériel"	Patrimoine	P11	Nombre de bâtiments patrimoniaux et de sites remarquables en ZI.
			<i>Autre indicateur secondaire : S5</i>	
... à moindre coût			M6	Coûts d'investissement
			M7	Coûts annuels différés
			M8	Coûts environnementaux

2.2 COMPRENDRE LA CONSTRUCTION DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES

Les indicateurs élémentaires permettent de caractériser les coûts et les bénéfices potentiels d'un projet. Coûts et bénéfices sont étudiés au prisme des objectifs de la politique nationale et européenne de gestion du risque d'inondation. En effet, l'AMC a pour finalité de mesurer l'atteinte, par le projet, des objectifs fixés par la politique de gestion du risque d'inondation, et ce à moindre coût.

Politique nationale de gestion du risque d'inondation

Les indicateurs élémentaires ont été construits autour des objectifs-clé de la politique nationale de prévention des inondations portée par le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire. 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 objectifs sont actuellement portés par la démarche PAPI. « La démarche PAPI a pour objectif de réduire la vulnérabilité des territoires et de promouvoir les démarches de prévention du risque inondation »³.

Ces objectifs sont par ailleurs clairement identifiés dans la Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation : « La nouvelle politique nationale de gestion des inondations s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale de gestion des risques d'inondation et doit permettre d'en atteindre les objectifs :

- augmenter la sécurité des populations exposées,
- stabiliser sur le court terme, et réduire à moyen terme, le coût des dommages potentiels liés aux inondations (importance de la réduction de la vulnérabilité des enjeux existants),
- raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés ».⁴

Les indicateurs élémentaires sont répartis selon ces différents objectifs de la politique de gestion du risque d'inondation (cf. Tableau 3).

Politique européenne de gestion du risque d'inondation

La politique actuelle de gestion du risque inondation est encadrée, depuis 2007, par la Directive Inondations (directive 2007-1960/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et la gestion des risques d'inondation). Celle-ci définit « un cadre pour l'évaluation et la gestion des risques d'inondation, qui vise à réduire les conséquences négatives pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées aux inondations dans la Communauté ».⁵

³ Circulaire du 12 mai 2011 relative à la labellisation et au suivi des projets « PAPI 2011 »

⁴ DGPR/SRNI/BRM, SNGRI, juin 2013

⁵ Directive 2007-1960/CE

Les indicateurs élémentaires sont donc aussi répartis en fonction des quatre récepteurs de la Directive Inondations : santé humaine, environnement, patrimoine culturel et économie (cf. Tableau 3).

2.3 INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES PRINCIPAUX ET INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES SECONDAIRES

Deux catégories d'indicateurs élémentaires ont été identifiées : les indicateurs principaux et les indicateurs secondaires.

Indicateurs principaux

Les indicateurs principaux sont ceux listés, en gras, dans le Tableau 3. La liste comprend au total 18 indicateurs :

- 15 indicateurs pour caractériser les bénéfices du projet (voir aussi partie 2.2) :
 - 5 indicateurs de dommages monétaires (M1 à M5) correspondant essentiellement à des dommages directs. L'indicateur M5 est un indicateur principal uniquement dans certains cas (voir Partie 4 - §2.1.4.5) ;
 - 11 indicateurs d'enjeux (captant les dommages non monétaires ; P1 à P11), répartis sur les 4 axes de la Directive Inondations (santé humaine, économie, environnement et patrimoine culturel). Ces dommages correspondent essentiellement à des dommages indirects et/ou intangibles ;
- et 3 indicateurs pour caractériser les coûts du projet (M6, M7 et M8).

Indicateurs secondaires

L'analyse de ces indicateurs élémentaires principaux peut être complétée par celle d'indicateurs élémentaires secondaires dont la liste est donnée dans la partie 4 - §2.2.2. Ces indicateurs sont jugés secondaires :

- soit parce qu'ils correspondent à un objectif du projet jugé secondaire ;
- soit, en cohérence avec le principe de proportionnalité de la méthode AMC, parce que leur calcul nécessite un travail jugé trop lourd au regard de leur plus-value (par exemple le nombre annuel de visiteurs dans les musées).

Les indicateurs élémentaires sont ainsi soit monétaires (M1 à M8), soit non monétaires (P1 à P11). Les frontières entre indicateurs monétaires et non monétaires peuvent cependant bouger : en fonction de l'état des connaissances, certains dommages, actuellement difficiles à monétariser et donc captés par des indicateurs d'enjeux (non monétaires), pourront être évalués monétairement si les méthodes et outils adéquats sont développés. Par exemple, les dommages liés aux interruptions du trafic routier étaient initialement captés par un indicateur non monétaire. Une méthode est donnée dans ce guide pour estimer monétairement les impacts des coupures de réseaux routiers dans certaines situations (cf. Partie 4 - §2. Boîte à outil Dommages).

2.4 DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES CALCULÉS POUR UN UNIQUE SCÉNARIO D'ALÉA

L'analyse élémentaire permet de caractériser de façon détaillée les impacts (dommages évités) et les coûts du projet. Pour que cette analyse soit la plus complète possible, les dommages devraient être étudiés pour différents scénarios d'inondation, avant projet et après projet.

Afin d'alléger l'analyse, il est proposé que les dommages soient calculés avant projet et après projet pour un unique scénario d'inondation qui correspond au scénario de dimensionnement du projet.

Ce choix méthodologique implique qu'on étudie *in fine* les bénéfices maximaux générés par un projet, c'est-à-dire la situation où le projet fonctionne de façon optimale.

2.5 DES INDICATEURS QUI SCHÉMATISENT LA VULNÉRABILITÉ DES ENJEUX

Les indicateurs de dommages monétaires permettent d'apprécier, de façon précise, la vulnérabilité des enjeux exposés au risque inondation. En effet, les dommages monétaires calculés tiennent compte de l'intensité de l'aléa (hauteur d'eau, durée de submersion, etc.).

En revanche, les indicateurs d'enjeux caractérisent uniquement la présence d'un enjeu en zone inondable : l'enjeu est considéré en zone inondable dès qu'il est exposé à une hauteur d'eau $H > 0$. Par conséquent, la vulnérabilité d'un enjeu sera appréciée uniquement au regard de sa localisation (ou non) dans la zone inondable, ne reflétant ainsi que de façon très imparfaite sa vulnérabilité réelle.

2.6 DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES NON PONDÉRÉS

Les indicateurs élémentaires n'ont pas vocation à être pondérés. Ce choix de non-pondération repose sur deux constats :

- En premier lieu, les indicateurs proposés ne sont pas orthogonaux. Or, l'agrégation d'indicateurs repose sur le postulat que l'information qu'ils apportent est contrastée, indépendante et non redondante.

Dans le cas présent, ce n'est pas le cas. Par exemple, la présence d'enjeux humains en zone inondable (indicateurs sur la population P1 et P2) est liée à la présence d'enjeux économiques (indicateurs sur les logements ou les activités, de M1 à M4). L'information apportée par ces indicateurs n'est donc pas indépendante.

- En second lieu, l'agrégation d'indicateurs suppose de noter la pertinence du projet sur chaque indicateur. Cette notation s'avère réalisable lorsque l'enjeu consiste à comparer différentes alternatives (analyse de la pertinence relative d'un projet au regard d'un autre). Pour établir la pertinence absolue d'un projet sur un indicateur donné, il est nécessaire de disposer de valeurs seuils : par exemple, à partir de quel « nombre de personnes protégées » par un projet peut-on juger que celui-ci est pertinent ? Ces valeurs seuils sont délicates à identifier : elles dépendront nécessairement du caractère rural ou urbain du territoire.

3. Analyse d'un projet par des indicateurs synthétiques (analyse synthétique)

3.1 TABLEAU DES INDICATEURS SYNTHÉTIQUES

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

Objectifs	Indicateurs synthétiques	Notés dans la suite du texte...	
Efficacité	Nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet	NEMA habitants*	Indicateurs non monétaires
	Rapport du nombre (moyen annuel) d'habitants protégés par le projet sur le nombre (moyen annuel) d'habitants dans la zone inondable en situation de référence	NEMA habitants* / NMAhabitants.Sref	
	Nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet	NEMA emplois*	
	Rapport du nombre (moyen annuel) d'emplois protégés par le projet sur le nombre (moyen annuel) d'emplois dans la zone inondable en situation de référence	NEMA emplois* / NMAemplois.Sref	
	Rapport des dommages (moyens annuels) évités sur les dommages (moyens annuels) en situation de référence	DEMA / DMA.Sref	Indicateurs monétaires
Coût-efficacité	Coût (équivalent moyen annuel) du projet par habitant protégé grâce au projet	Cmoy / NEMA habitants	
	Coût (équivalent moyen annuel) du projet par emploi protégé grâce au projet	Cmoy / NEMA emplois	
Efficience	Valeur Actualisée Nette du projet	VAN	
	Ratio des bénéfices générés par le projet sur le coût du projet	B/C	

(*) Selon la situation spécifique sur le territoire, un ou deux autres enjeux prioritaires supplémentaires peuvent apparaître et justifier le calcul des indicateurs d'efficacité associés (NEMAenjeux, NEMAenjeux/NMAenjeux.Sref).

3.2 COMPRENDRE LA CONSTRUCTION DES INDICATEURS DE SYNTHÈSE

Les indicateurs synthétiques se complètent :

- les indicateurs d'efficacité synthétisent l'information sur les enjeux principaux protégés par le projet (population, emploi et biens) et, si la spécificité du territoire le justifie, sur un ou deux enjeux prioritaires supplémentaires⁶ ;
- 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 ;
- la VAN et le rapport B/C synthétisent l'information comparant les coûts aux bénéfices monétarisés. Ils donnent une mesure de la production de bien-être du projet pour la société.

Liens entre indicateurs élémentaires et indicateurs synthétiques

Les indicateurs synthétiques agrègent l'information jugée essentielle à partir des indicateurs élémentaires :

- l'information concernant la mise en sécurité des personnes via l'indicateur sur le nombre d'habitants protégés (indicateur élémentaire P1) ;
- l'information sur la résilience du territoire, via l'indicateur sur le nombre d'emplois protégés (indicateur élémentaire P7) ;
- l'information sur la protection d'un ou deux autres enjeux supplémentaires si la situation particulière du territoire le justifie via le ou les deux indicateurs synthétiques pertinents calculés à partir des autres indicateurs élémentaires, principaux ou secondaires ;
- l'information concernant la réduction des dommages aux biens (bénéfices monétarisés, indicateurs élémentaires M1 à M5) ;
- et l'information sur les coûts du projet (indicateurs élémentaires M6, M7 et M8).

⁶

En effet, les principaux objectifs d'un projet de prévention des inondations concernent la protection des populations, des emplois et des biens. Néanmoins certains territoires, compte tenu de leur spécificité, peuvent justifier la production de 1 ou 2 indicateurs d'efficacité supplémentaires.

3.3 NÉCESSITÉ D'UNE APPROCHE MULTI-SCÉNARIOS

Pour l'analyse synthétique de la pertinence du projet, il n'est plus possible de se limiter à une approche mono-scénario des dommages, à l'instar de l'analyse élémentaire qui repose sur le scénario de dimensionnement. Le porteur de projet doit nécessairement, pour cette phase d'analyse, évaluer, de façon plus complète, les impacts d'un projet, pour différents scénarios d'inondation.

La caractérisation des dommages sur plusieurs scénarios d'inondation peut être intégrée dans des indicateurs moyens annuels. Ces indicateurs permettent d'évaluer l'impact de plusieurs scénarios d'inondation pondérés par leur probabilité d'occurrence. On distingue trois catégories d'indicateurs moyens annuels :

- Le Dommage Moyen Annuel (DMA),
- Le Nombre Moyen Annuel d'habitants en zone inondable (NMA habitants),
- Le Nombre Moyen Annuel d'emplois en zone inondable (NMA emplois).

La définition précise de ces indicateurs synthétiques est donnée dans la partie 4- §5 « Boîte à outils Indicateurs synthétiques ».

Partie 2

Réaliser une AMC : les grandes étapes

Cette partie présente, dans l'ordre chronologique, les six étapes nécessaires pour réaliser une AMC depuis les études préliminaires jusqu'à l'interprétation des résultats. Ces étapes renvoient à des « boîtes à outils » destinées à faciliter leur mise en œuvre par le porteur de projet.



1	Logigramme de l'AMC	37
2	Étape 1 : Définir le problème et identifier les options pour y répondre	39
2.1	LE DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DU TERRITOIRE	39
2.2	LES DIFFÉRENTES OPTIONS POUR GÉRER LES INONDATIONS	40
3	Étape 2 : Identifier le périmètre d'étude	41
3.1	LE SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE	41
3.2	LA PORTÉE DE L'ANALYSE OU LE PROBLÈME DE « STATUT »	43
3.3	L'ÉCHELLE D'ANALYSE – LE PÉRIMÈTRE GÉOGRAPHIQUE	45
3.4	L'HORIZON TEMPOREL DE L'ÉTUDE.....	46
4	Étape 3 : Caractériser l'aléa sur le territoire	48
5	Étape 4 : Caractériser l'occupation du territoire	49
6	Étape 5 : Caractériser les coûts et les bénéfices d'un projet	50
6.1	LES COÛTS ASSOCIÉS À UN PROJET	50
6.2	LES BÉNÉFICES ASSOCIÉS À UN PROJET	50
6.3	VERS L'ANALYSE SYNTHÉTIQUE	51
7	Étape 6 : Interpréter les résultats.....	54
7.1	ANALYSE DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES	54
7.2	ANALYSE DES INDICATEURS SYNTHÉTIQUES.....	58
8	Étape 7 : Analyser l'incertitude et la sensibilité des résultats.....	62

1 Logigramme de l'AMC

La figure 3 montre les principales étapes de l'élaboration de l'AMC d'une mesure ou d'un ensemble de mesures d'un projet de protection contre les inondations. Ces étapes distinguent les phases d'analyses en amont de l'AMC, en particulier le diagnostic du territoire et l'élaboration des différents projets alternatifs, de l'AMC *stricto sensu* (en tant qu'évaluation socio-économique du projet).

En fonction du moment où l'AMC est réalisée, cette analyse peut avoir différents objectifs : soit la vérification de la pertinence d'un unique projet déjà finalisé (en phase d'études détaillées), soit la comparaison de différentes alternatives en vue de la sélection du « meilleur » projet (en phase d'études d'opportunité). Le schéma fait apparaître cette double finalité de l'outil :

- Une boucle itérative traduisant une démarche plus complexe de comparaison d'alternatives ;
- Un processus linéaire permettant d'analyser la pertinence d'un projet.

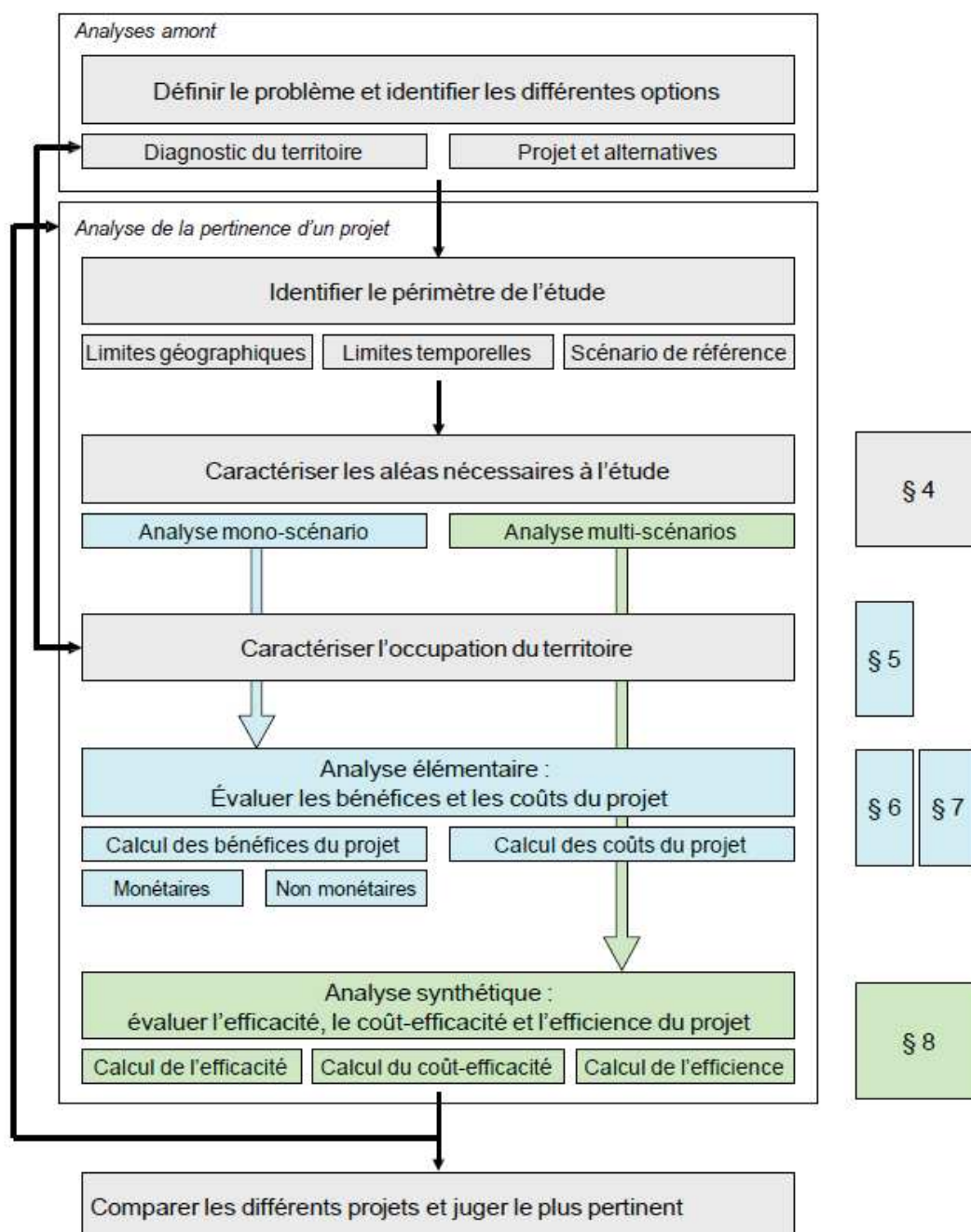
À l'instar de l'ACB, la réalisation d'une AMC nécessite de passer par différentes étapes d'analyse et différentes phases de calculs. Les grandes étapes de l'analyse sont décrites dans le présent paragraphe :

- Étape 1 : Définir le problème et identifier les différentes solutions (§2),
- Étape 2 : Identifier le périmètre de l'étude (§3),
- Étape 3 : Caractériser les aléas nécessaires à l'étude (§4),
- Étape 4 : Caractériser l'occupation du territoire (§5),
- Étape 5 : Caractériser les coûts et les bénéfices du projet (§6),
- Étape 6 : Analyser les résultats (§7),
- Étape 7 : Analyser l'incertitude et la sensibilité des résultats (§8).

Les méthodes de calcul sont détaillées dans la partie 4. Les différents paragraphes de la partie 4 sont à considérer comme des « Boîtes à outils » pour les bureaux d'études qui réalisent l'AMC.

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

Figure 3 : Les étapes de l'AMC et les "boîtes à outils" proposées pour les réaliser. Source : CGDD



2 Étape 1 : Définir le problème et identifier les options pour y répondre

2.1 LE DIAGNOSTIC DE VULNÉRABILITÉ DU TERRITOIRE

L'élaboration d'un projet de gestion des inondations sur un territoire (et dans le cas de ce guide, d'un projet de protection) implique de s'interroger au préalable sur la vulnérabilité du territoire. Celle-ci peut être appréhendée par une analyse des enjeux qui le constituent et de leur exposition aux inondations. La phase de diagnostic permet ainsi de définir le problème auquel le projet devra répondre.

La façon dont un diagnostic de territoire doit être mené dépasse le périmètre de ce guide. Il faut cependant noter que les indicateurs de la méthode AMC, en situation sans projet, permettent de caractériser de façon fine les enjeux du territoire et peuvent donc contribuer au diagnostic de vulnérabilité du territoire tant pour le scénario de dimensionnement du projet que pour le scénario extrême.

Quelques outils cartographiques, directement corrélés aux indicateurs produits dans le cadre de la méthode AMC, sont donc proposés pour aider au diagnostic du territoire. Ces cartes sont les suivantes : carte des enjeux de santé humaine, carte des enjeux économiques, carte des enjeux environnementaux et carte des enjeux patrimoniaux.

En fonction des enjeux étudiés dans l'AMC (principaux, secondaires), ces cartes peuvent être plus ou moins détaillées. Il semble *a minima* intéressant que les cartes synthétisent les informations des indicateurs principaux :

- Pour la carte des enjeux de santé humaine : logements, établissements sensibles¹⁸, bâtiments participants à la gestion de crise¹⁹ ; les captages en eau potable constituent un « plus » ;
- Pour la carte des enjeux économiques : bâtiments d'activité, industriels et commerciaux, entreprises, zones d'activité, bâtiments agricoles, gares, réseaux principaux (autoroutes, routes nationales, départementales, voies ferrées) ;
- Pour la carte des enjeux environnementaux : stations d'épurations, installations de traitement des déchets, sites dangereux et éventuellement espaces naturels protégés ;
- Une carte du patrimoine culturel : bâtiments patrimoniaux, sites remarquables et éventuellement musées.

¹⁸ Établissements sensibles : campings, établissements de santé, structures d'accueil pour personnes âgées ou personnes handicapées, établissement d'éveil, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement, établissements pénitentiaires.

¹⁹ Bâtiments participant à la gestion de crise : centre SDIS, gendarmeries, casernes militaires, préfectures (ou PC prévu au plan ORSEC), mairies (ou PC prévu au PCS), services techniques des mairies, centres routiers DIR, commissariats, polices municipales.

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

Ces enjeux pourront être cartographiés, *a minima*, pour le scénario de dimensionnement du projet sans aménagement

Une sémiologie est proposée dans les Annexes techniques, partie 3 (« Représentations cartographiques des enjeux du territoire »). Elle repose sur un format A3, dans une échelle suffisamment lisible, sur un fond IGN SCAN 25, avec représentation des contours des communes.

2.2 LES DIFFÉRENTES OPTIONS POUR GÉRER LES INONDATIONS

Si l'AMC permet de regarder s'il est pertinent de réaliser un projet, elle permet aussi d'identifier la meilleure alternative possible d'un projet. Les questions suivantes pourront utilement servir à identifier des « variantes » au projet :

- Est-il préférable d'opter pour une solution de protection hydraulique, de ralentissement dynamique ou un projet combinant les deux approches ?
- L'ensemble des ouvrages de protection ou des mesures de ralentissement dynamique constituant le projet est-il nécessaire/pertinent ?
- Le niveau de protection assuré par le projet est-il le plus pertinent ? N'est-il pas préférable de protéger plus... ou de protéger moins ?
- Le phasage des travaux prévus est-il adéquat ? N'est-il pas préférable d'adopter une solution provisoire, de retarder l'investissement afin de disposer de meilleures solutions techniques ?

ILLUSTRATION 3. De l'utilité de l'évaluation économique dans l'élaboration du projet

Mise en évidence de mesures non pertinentes

L'évaluation économique menée sur le projet a montré que ce dernier n'était pas rentable ($VAN < 0$). Une évaluation complémentaire a été réalisée pour déterminer les actions non pertinentes parmi l'ensemble de celles qui avaient été évaluées dans le scénario d'aménagement initial.

Cette évaluation complémentaire a montré que certaines mesures ne permettaient pas d'améliorer sensiblement les dommages évités sur le bassin versant, mais pesaient à plus de 30 % sur le coût total du projet.

Nécessité d'augmenter le niveau de protection au droit des poches d'enjeux

Le syndicat de rivière a étudié la pertinence de plusieurs scénarios d'aménagement. L'un reposait sur une protection contre les crues fréquentes (de périodes de retour inférieures à 20 ans) ; le second complétait cet aménagement par des mesures localisées permettant une réduction des dommages pour une large gamme de crues allant jusqu'à la bi-centennale.

L'évaluation économique a permis de mettre en lumière la pertinence du second scénario d'aménagement malgré son coût largement supérieur (augmentation de plus de 64 % du coût du premier scénario).

3 Étape 2 : Identifier le périmètre d'étude

3.1 LE SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE

Généralités

À l'instar de l'ACB, l'AMC des projets de protection contre les inondations repose sur une comparaison des bénéfices et des coûts d'un projet par rapport à un scénario de référence ou situation de référence aussi nommé option de référence²⁰. Ce scénario correspond à une évolution du territoire en l'absence du projet à évaluer. C'est cette comparaison entre un scénario avec projet sur le territoire et un scénario sans projet qui permet de mesurer la pertinence de la « nouvelle » action potentielle.

La comparaison de plusieurs projets s'obtient en généralisant ce procédé : les différents projets sont tous comparés au scénario de référence.

Le scénario de référence doit être distingué de la situation initiale :

- La situation initiale est une photographie à l'instant t d'un territoire caractérisé par une exposition à l'inondation et une vulnérabilité,
- Le scénario de référence correspond à une évolution prévisible du territoire sans nouveau projet. Les évolutions qui semblent irrémédiables doivent nécessairement être intégrées dans la projection (par exemple, difficultés prévisibles de maintien de certaines protections actuelles pour des raisons d'approvisionnement ou autres, accroissement prévisible de certains coûts, etc.).

Le scénario de référence ne correspond pas non plus à une décision d'absence d'investissement (scénario dit « do nothing »), « il doit comporter les opérations (d'investissements, d'exploitation ou autres) qui seraient éventuellement nécessaires si le projet n'est pas réalisé (option dite « do minimum ») »²¹.

Coûts d'entretien dans le scénario de référence

Tout système de protection existant sur le territoire nécessite de la maintenance et de l'entretien dont les coûts sont à prendre en compte dans ce scénario. Dans le cas où le rôle d'un ouvrage, présent sur le territoire initialement, est remis en cause (pour des questions principalement de sécurité pour un

²⁰ Nom retenu par France Stratégie.

²¹ Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP i.e France Stratégie), (2013). *Évaluation socioéconomique des investissements publics*. Rapport de la mission présidée par Emile Quinet

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

ouvrage dégradé) sans faire l'objet de mesures de sécurisation, alors le scénario de référence intègre le coût de déconstruction de cet ouvrage.

Hypothèses de défaillances des ouvrages existants

Lorsque, au moment de l'évaluation, le territoire possède déjà des ouvrages de protection, trois cas sont possibles et impliquent de prendre en compte, dans le scénario de référence, les considérations suivantes :

- **Si les ouvrages existants sont correctement entretenus**, alors les hypothèses de défaillances sont identiques à celles des ouvrages neufs ;
- **Si les ouvrages existants sont dégradés** :
 - **soit, les ouvrages ne sont pas l'objet de mesure de sécurisation**, ils sont alors à déconstruire. Le cas d'un ouvrage laissé à l'abandon n'est pas politiquement acceptable. Ils seront considérés comme transparents dans la modélisation et les coûts de déconstruction seront à intégrer dans l'analyse. Aucune probabilité de rupture n'est à définir pour ce type de situation.
 - **soit, ils sont l'objet d'une mesure de sécurisation** dans le cadre du projet à évaluer. La mesure de sécurisation d'ouvrage a pour objectif de réduire le risque de défaillance. Une approche probabiliste du risque doit alors être mise en œuvre. Une probabilité de rupture de l'ouvrage doit donc être définie pour chaque évènement d'aléa étudié en fonction de l'état de l'ouvrage.

Cas spécifique : définition du scénario de référence pour l'évaluation des mesures de sécurisation d'ouvrages

À la différence des autres mesures structurelles, les mesures de sécurisation d'ouvrages n'ont pas d'effet sur la ligne d'eau lors de la submersion. Seules les probabilités de rupture de l'ouvrage diffèrent entre le scénario de référence et le scénario d'aménagement. Ainsi, sur l'ensemble de l'horizon temporel, pour chaque évènement d'aléa, l'ouvrage a un risque de rompre. Le scénario de référence se définit alors par la réaction du gestionnaire face à cette rupture. Ces options définissent plusieurs scénarios de référence possibles :

- Scénario de référence 1 : lors de la rupture de l'ouvrage, des mesures d'urgence seront réalisées au coup par coup. Ces mesures ne permettent pas de réduire les probabilités de rupture qui restent identiques avant et après la rupture,
- Scénario de référence 2 : lors de la rupture de l'ouvrage, celui-ci est conforté, les probabilités de rupture de l'ouvrage sont réduites voire négligeables jusqu'au niveau de protection,
- Scénario de référence 3 : lors de la rupture de l'ouvrage, l'ouvrage est abandonné et les enjeux présents sont relocalisés.

Il est recommandé d'appliquer le scénario de référence 2. Les méthodes de calculs des dommages et des coûts associés à cette situation de référence sont données dans les boîtes à outils du guide et détaillées dans la partie 4 des Annexes techniques du guide. Les scénarios de référence 1 et 3 sont également envisageables. Ces choix devront cependant être justifiés par la description d'un scénario de référence plausible sur le territoire d'étude.

Une note méthodologique de l'IRSTEA détaille les méthodes de calcul des bénéfices et des coûts du scénario de référence en fonction du scénario choisi²². Il sera nécessaire de s'y référer dans le cas des scénarios de référence 1 ou 3.

3.2 LA PORTÉE DE L'ANALYSE OU LE PROBLÈME DE « STATUT »

L'AMC a pour objectif de mesurer les impacts du projet au regard de son coût. À l'instar de l'ACB, il faut partir du principe que l'ensemble des avantages générés par le projet (gains) et l'ensemble des inconvénients (pertes), qu'ils soient directs ou indirects, doivent être intégrés dans l'analyse. Cependant, une limite doit nécessairement être fixée pour déterminer ce qui doit être pris en considération dans l'analyse : en effet, en fonction de la portée que l'on donne à l'analyse, certains bénéfices peuvent être assimilés en réalité à des transferts, et donc devenir « transparents ». Cette difficulté est désignée généralement sous le terme de « problème de statut ».

Dans le cadre de l'ACB, 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 concerné »²³. L'analyse doit donc avoir, *a minima*, une portée nationale. Cette position repose sur l'hypothèse que les projets de protection contre les inondations n'ont pas d'impacts à l'échelle internationale. Pour les projets de protection transfrontaliers, cette hypothèse n'est bien sûr pas recevable et il s'avère alors pertinent de travailler à l'échelle des pays concernés.

C'est par ailleurs la base de toute évaluation économique que de s'intéresser à l'effet d'un projet sur le bien-être de la société dans son ensemble (cf. encadré 2).

²² F.Grelot, (IRSTEA), 2017. *Note méthodologique sur l'ACB inondation. Situation de référence en cas de confortement de digue.*

²³ Pearce, D et al, (2006). *Analyse coûts-bénéfices et environnement. Développements récents.* Editions OCDE

ENCADRE 2. Analyse économique et analyse financière

Analyse économique et analyse financière sont souvent confondues. Elles présentent cependant des objectifs spécifiques, qui se traduisent par des méthodologies de mise en œuvre différentes.

« L'analyse économique évalue la contribution du projet au bien-être économique de la région ou du pays. Elle est réalisée au nom de l'ensemble de la société (région ou pays) 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 alors que l'analyse économique intègre la valeur économique totale générée par le projet. Cette valeur économique intègre « des coûts et avantages sociaux [du projet] 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).

3.3 L'ÉCHELLE D'ANALYSE – LE PÉRIMÈTRE GÉOGRAPHIQUE

La définition du périmètre géographique de l'étude constitue une étape stratégique, de laquelle dépendront la signification et l'exploitation des résultats obtenus. Elle constitue une étape à part entière de la réflexion.

En fonction des dommages considérés dans l'analyse, deux périmètres géographiques peuvent en réalité être considérés : l'aire géographique concernée par les dommages directs et l'aire concernée par les dommages indirects.

Pour les dommages directs, la définition du périmètre géographique de l'analyse dépend de deux paramètres :

- l'aire géographique concernée par l'aléa : il est recommandé de retenir **le périmètre correspondant à l'aire concernée par l'emprise maximale de l'aléa pour les différentes inondations considérées**. Les délimitations amont et aval du périmètre géographique doivent correspondre aux limites auxquelles l'impact hydraulique des mesures considérées est nul (ou si faible qu'il n'est pas quantifiable). Si différentes alternatives de gestion du risque d'inondation sont comparées sur le territoire, les délimitations amont et aval du périmètre géographique doivent être les mêmes pour tous les projets, à savoir les limites maximales des différents projets. Il est enfin nécessaire de considérer tous les effets induits par la mesure, même ceux qui ne sont pas désirés (voir aussi à ce sujet la partie VII.2) :
 - les « dommages ajoutés » : pour certains scénarios d'aléa, l'inondation est localement plus sévère dans le scénario d'aménagement que dans le scénario de référence (par exemple du fait de phénomènes de sur-inondation). Ces effets induits pourront être évalués par la méthode des « dommages évités » ;
 - les impacts négatifs des mesures : il s'agit par exemple de ceux listés dans une étude d'impact. L'indicateur des coûts environnementaux (M8) requiert la prise en compte des coûts des mesures correctives des impacts négatifs sur l'environnement.
- l'analyse d'une mesure ou d'un ensemble de mesures : si plusieurs mesures sont prévues, il faut s'interroger sur l'interdépendance hydraulique potentielle de ces mesures.
 - Les mesures doivent être analysées dans leur ensemble et non indépendamment si elles sont interdépendantes du point de vue hydraulique, c'est-à-dire que la mise en œuvre d'une mesure modifie l'aléa au droit des autres mesures. L'ensemble de ces mesures fait donc l'objet d'une unique AMC.
 - Dans le cas contraire, chaque mesure fera l'objet d'une AMC indépendante.

ILLUSTRATION 4. Cas de l'indépendance hydraulique de mesures composant un PAPI

Le programme d'actions étudié est composé de huit actions qui modifient l'aléa. Chaque action est composée d'un ensemble de mesures structurelles. Les sept premières actions se situent dans la plaine de R.

L'action 8 porte sur un secteur situé à plus de 23 km de la plaine de R. Il est donc considéré que la mise en œuvre de ces travaux n'aura aucune incidence sur l'aléa au niveau de la plaine. Par ailleurs, le porteur de projet a fixé des objectifs de « non-aggravation » qui veillent à s'assurer que les aménagements n'induisent pas d'impact négatif en aval. Ces objectifs seront respectés.

Une AMC sera donc menée pour l'ensemble des actions 1 à 7. Une seconde AMC sera réalisée pour les actions 8.

Dans le cas où l'analyse porte aussi sur les dommages indirects, cette aire géographique peut être élargie. Certains dommages causés par une inondation peuvent en effet être situés en dehors de la zone inondée.

Par exemple, une inondation peut générer des dommages à des entreprises situées hors zone inondée mais dont l'activité est perturbée du fait d'une rupture dans la chaîne d'approvisionnement (routes coupées, fournisseurs directement inondés...). Des habitants peuvent être impactés par une inondation du fait de la perturbation des réseaux (électriques, de transport, etc.) alors qu'ils n'habitent pas dans la zone inondée.

Dans ce cas, et lorsque c'est pertinent, le périmètre d'étude dépasse l'emprise maximale des inondations considérées. Les dommages indirects sont généralement difficilement quantifiables²⁴. Pour les AMC réalisées pour une labellisation au titre des PAPI, il est indispensable de se mettre en lien avec les experts de l'AMC pour mener à bien l'évaluation de ces dommages.

3.4 L'HORIZON TEMPOREL DE L'ÉTUDE

« L'horizon temporel correspond à la durée sur laquelle sont considérés les flux de coûts et de bénéfices associés au projet. »²⁵

²⁴ Des recommandations sont données dans ce guide pour évaluer les dommages indirects liés aux coupures des réseaux de transport (partie 4. 2.1.4.5).

²⁵ Erdlenbruch K., et al. (2008). Une analyse spatialisée de la protection des inondations – Application de la méthode des dommages évités à la vallée de l'Orb. In : Ingénieries EAT, 2008, p 3-20.

L'horizon temporel ne correspond pas à la durée de vie maximale des ouvrages constituant le projet²⁶. Il doit plutôt s'appréhender comme la durée pour laquelle il est raisonnable de considérer l'impact du projet sans faire des hypothèses méthodologiques trop lourdes (par exemple sur la constance des enjeux sur le territoire ou sur la constance des aléas dans le cadre du changement climatique) : « les horizons temporels devraient être fixés en tenant compte de l'incertitude des estimations futures [...] ». L'argument avancé est que nul ne peut honnêtement prédire ce qui se produira dans 30 ou 40 ans et qu'il serait donc malhonnête de prétendre faire des estimations exactes à plus long terme »²⁷.

Dans le cadre des projets de protection contre les inondations, il est demandé de réaliser l'analyse sur un horizon temporel de 50 ans. La valeur résiduelle du projet au-delà de 50 ans est jugée négligeable. Cette recommandation suit celle de l'Union Européenne qui pose l'horizon de 50 ans comme durée de vie limite des investissements, et celle de l'INSEE qui réalise ses perspectives à 50 ans. Elle dépasse les recommandations de l'OCDE qui fixe pour les projets liés à l'eau un horizon temporel de 30 ans.

Dans le cas où l'AMC est utilisée pour comparer différentes alternatives de protection du territoire contre les inondations, il est important de se référer au même horizon temporel pour tous les projets étudiés.

²⁶ La notion de durée de vie d'un ouvrage n'a généralement pas de sens sauf dans certains cas (contournement d'un épi, affouillement engendrant la ruine...). La ruine d'un ouvrage dépend à la fois de son entretien et de la survenue d'un événement supérieur à l'événement de dimensionnement de l'ouvrage.

²⁷ Pearce, D et al, (2006). *Analyse coûts-bénéfices et environnement. Développements récents*. Editions OCDE

4 Étape 3 : Caractériser l'aléa sur le territoire

Pour mener à bien une AMC et d'après les recommandations qui seront exposées dans les sections suivantes, il est nécessaire de déterminer les caractéristiques de l'aléa pour différents événements d'inondation, voir aussi la « boîte à outils Aléas » (partie 4. §1).

Selon les types d'aléas et les outils mobilisés dans la suite de l'analyse (courbes de dommages), il peut être nécessaire de déterminer différentes caractéristiques : étendue spatiale, hauteurs de submersion, vitesses d'écoulement, durée de la submersion...

Une étude hydraulique est dans tous les cas indispensable et peut s'appuyer sur une modélisation numérique dont on précisera la nature (modèle, version, source, etc). La période de retour des événements d'aléa est, par ailleurs, une donnée indispensable pour l'analyse (étude hydrologique). Au-delà de la définition des paramètres de l'aléa, il est important de définir et de préciser leurs incertitudes et d'en relever les sources. En effet, chacun des paramètres d'entrée a un impact sur les résultats finaux de l'analyse. Il est donc nécessaire de connaître dès le départ les incertitudes qui pèseront sur ces résultats.

5 Étape 4 : Caractériser l'occupation du territoire

Voir sur ce point la partie « diagnostic de vulnérabilité du territoire » (partie 3 - §2.1)

6 Étape 5 : Caractériser les coûts et les bénéfices d'un projet

L'AMC caractérise le projet en s'intéressant à deux de ses caractéristiques : les coûts que sa mise en œuvre implique et les bénéfices qu'il génère. Coûts et bénéfices sont étudiés grâce à des indicateurs élémentaires qui serviront de base pour l'analyse synthétique.

6.1 LES COÛTS ASSOCIÉS À UN PROJET

Les coûts d'un projet doivent être identifiés et quantifiés. Ils comprennent les coûts financiers directs et les coûts des impacts négatifs du projet. Ils seront nécessairement revus et ajustés avec l'avancement des études relatives au projet (études détaillées). Tous les coûts ne sont pas supportés la même année, la mise en œuvre de l'AMC nécessite de préciser les échelonnements dans le temps des différents coûts.

La méthodologie précise pour l'évaluation des coûts par les indicateurs élémentaires est détaillée dans la « boîte à outils coûts » (partie 4 - §4).

6.2 LES BÉNÉFICES ASSOCIÉS À UN PROJET

L'identification et la caractérisation des bénéfices d'un projet impliquent deux étapes d'analyse :

- Première étape : localisation des enjeux et croisement avec la zone inondable

Cette étape consiste à caractériser l'efficacité globale du projet par l'analyse des enjeux protégés grâce au projet, pour l'événement de dimensionnement du projet. Ce travail implique de recenser les enjeux potentiellement touchés par cet aléa, en situation avant projet et en situation après projet. Cette étape permet uniquement d'approcher le dommage : on regarde simplement si l'enjeu est ou n'est pas dans la zone inondable. Le bénéfice est assimilé au nombre d'enjeux « sortis » de la zone inondable (= indicateurs de bénéfices non monétaires).

- Deuxième étape : caractérisation des dommages monétaires

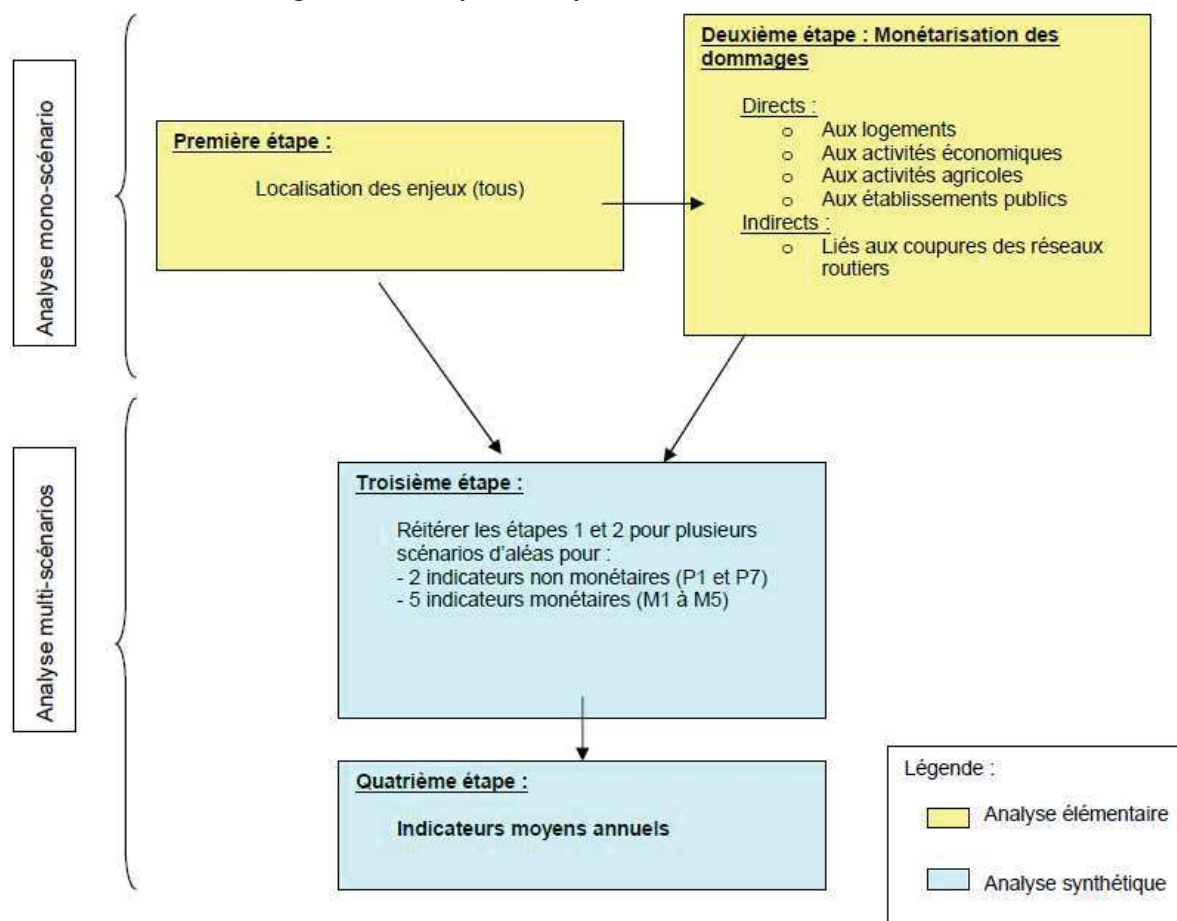
Cette étape va plus loin dans l'analyse du dommage. Elle consiste à traduire monétairement les dommages matériels causés par les inondations aux enjeux logements, entreprises, activités agricoles, établissements publics et les dommages indirects liés aux coupures des réseaux de transports routiers pertinents. Le bénéfice est alors le montant du dommage évité grâce soit à la sortie de l'enjeu de la zone inondable, soit à l'abaissement de la ligne d'eau au droit de l'enjeu. Pour obtenir

ces indicateurs de bénéfices monétaires, il est nécessaire de s'appuyer sur des fonctions de dommages.

6.3 VERS L'ANALYSE SYNTHÉTIQUE

À partir de ces deux étapes d'analyse, le dernier travail consiste à éclairer plus précisément l'impact du projet en analysant son efficacité face à plusieurs scénarios d'aléas. Il s'agit donc de recenser certains enjeux non plus pour un scénario d'aléa (avant et après projet) mais pour plusieurs scénarios d'aléa (toujours avant et après projet). Cette « troisième » étape, potentiellement lourde en termes de collecte de données, est nécessaire pour les indicateurs qui seront utilisés dans l'analyse synthétique, c'est-à-dire : les indicateurs sur le nombre d'habitants et le nombre d'emplois en zone inondable (indicateurs non monétaires, cf. première étape – partie 3 - §6.2) et les indicateurs sur les dommages directs aux logements, aux entreprises, aux activités agricoles, aux établissements publics et indirects aux réseaux routiers lorsque cela est pertinent (indicateurs monétaires, cf. deuxième étape – partie 3 - §6.2). Enfin, la « quatrième » étape permet de regarder l'impact du projet pour tous les scénarios d'inondation et de prendre en compte la probabilité d'occurrence de ces scénarios. Il s'agit ainsi de calculer des indicateurs moyens annuels.

Figure 4 : Les étapes d'analyse des bénéfices. Source: CGDD



Ces étapes d'analyse permettent d'obtenir un tableau d'indicateurs, qui éclaire les points forts et les points faibles du projet. Ce tableau regroupe à la fois des indicateurs d'enjeux et des indicateurs de dommages ; ces indicateurs sont soit calculés sur un événement (approche mono-scénario utile à l'analyse élémentaire), soit calculés sur plusieurs événements pour ceux qui sont utilisés par la suite dans l'analyse synthétique (approche multi-scénarios).

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

Tableau 5 : Les bénéfices monétaires et non monétaires et les scénarios à étudier.
Source : CGDD

		Axes de la DI	Indicateurs	Scénarios étudiés (avant ET après aménagement)	
Bénéfices	Non monétaires	Santé humaine	P1	au moins 4, dont évènement de dimensionnement	Alimente l'analyse synthétique (NMA habitants)
			P2 à P4 ; S1 et S2	évènement de dimensionnement	
		Economie	P5 et P6 ; S3	évènement de dimensionnement	
			P7	au moins 4, dont évènement de dimensionnement	Alimente l'analyse synthétique (NMA emplois)
		Environnement	P8 à P10 ; S4	évènement de dimensionnement	
		Patrimoine	P11 ; S5	évènement de dimensionnement	
	Monétaires	Economie	M1 à M4 ; M5	au moins 4, dont évènement de dimensionnement	Alimentent l'analyse synthétique (DMA)

La méthodologie précisant l'évaluation des dommages pour chaque enjeu (associé aux indicateurs élémentaires) est détaillée dans la « boîte à outils Dommages » (partie 4. - §2) et la méthodologie précisant le calcul des indicateurs élémentaires (bénéfices relatifs à chaque enjeu) est détaillée dans la « boîte à outils Bénéfices » (partie 4. - §3). La construction d'indicateurs synthétiques à partir des indicateurs élémentaires est détaillée dans la « boîte à outils Indicateurs synthétiques » (partie 4. - §5).

7 Étape 6 : Interpréter les résultats

7.1 ANALYSE DES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES

Les indicateurs élémentaires aident le porteur de projet à s'intéresser aux impacts positifs et négatifs de son projet sur la réduction du risque d'inondation. Ces indicateurs soulèvent les interrogations suivantes :

- La répartition des bénéfices par grands secteurs repose sur les indicateurs monétaires : le projet bénéficie-t-il davantage aux logements, aux entreprises, au secteur agricole ou au secteur public ?

Exemple de tableau de comparaison des bénéfices entre secteurs

Secteurs	Calcul avant projet	Calcul après projet	Δ
Habitat (M1)			
Activités économiques (M2)			
Agriculture (M3)			
Équipements publics (M4)			
...			

- La répartition des bénéfices par commune peut reposer sur les deux types d'indicateurs : quelle commune bénéficie le plus du projet ?

Exemple de tableau de comparaison géographique des bénéfices

Indicateurs	Communes	Calcul avant projet	Calcul après projet	Δ
Indicateur P1	Commune 1			
	Commune 2			
	Commune 3			
Indicateur P2	Commune 1			
	Commune 2			
	Commune 3			
Indicateur ...	...			

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

- Les éventuels transferts de risque (bénéficiaires réels et surdommages éventuels) : qu'est ce qui est impacté négativement par le projet ? L'analyse repose sur l'ensemble des indicateurs.

Exemple de tableau de comparaison des transferts de risque

Indicateurs	Impacts >0 (enjeux protégés grâce au projet)	Impacts <0 (enjeux exposés à cause du projet)	Δ
Indicateur P1			
Indicateur P2			
...			

Il faut cependant noter que les indicateurs, calculés sur un unique scénario d'aléa, ne donnent qu'une vision partielle et maximaliste des bénéfices d'un projet.

Dans certaines situations, notamment lorsqu'un projet intègre des mesures qui ne présentent pas le même niveau de dimensionnement, il peut être pertinent d'analyser ces indicateurs sur différents scénarios d'inondation (cf. partie 4 - §1.2.5).

Certains éléments d'analyse des indicateurs élémentaires sont illustrés dans l'exemple présenté dans les deux pages suivantes (illustration 5). L'exemple a la particularité de s'appuyer sur l'étude de trois scénarios d'inondation et non uniquement sur le scénario de dimensionnement.

Pour aller plus loin dans l'interprétation des indicateurs élémentaires, le porteur de projet pourra utilement apporter des informations qualitatives pour développer la réflexion sur l'impact du projet sur la réduction des conséquences des inondations. Quelques exemples sont donnés ci-dessous :

- Effets induits sur les bâtiments participant à la gestion de crise situés en zone inondable : niveau d'importance des bâtiments participant à la gestion de crise, non soustraits à l'inondation, fonction de l'instance concernée dans l'organisation avant, pendant et après inondation ;
- Données qualitatives sur les captages en eau potable : préciser si, parmi les captages situés en zone inondable, certains figurent dans la liste des 500 captages « prioritaires Grenelle »²⁸. Par ailleurs, à titre qualitatif, il peut être intéressant d'identifier si ces captages peuvent être relayés par d'autres captages hors zone inondable (réseaux maillés) ;
- Importance particulière de certains musées et bâtiments patrimoniaux : au-delà de l'indicateur du nombre de bâtiments patrimoniaux et de sites remarquables, il est intéressant de pouvoir apprécier l'importance de ces sites en donnant, par exemple, le nombre annuel de visiteurs ;
- Impact du dysfonctionnement des réseaux sur l'économie locale : les différents réseaux touchés par l'inondation sont susceptibles d'avoir des conséquences au-delà de la zone inondable (interruption de service). Ce phénomène peut notamment être amplifié par les interdépendances

28

Voir liste sur : <http://www.onema.fr/le-centre-de-ressources-captages>

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

entre les différents réseaux (effets domino) et les phénomènes de saturation des flux en période de crise. En sens inverse, le maillage de certains réseaux peut permettre d'atténuer l'effet de propagation des dysfonctionnements en dehors de la zone inondée. Il s'agit donc ici d'estimer et de préciser dans quelle mesure ces mécanismes participent à la perturbation de l'économie locale ou à une échelle supérieure.

ILLUSTRATION 5. Quelques exemples d'analyse des indicateurs élémentaires d'un projet

Répartition des bénéfices par grand secteur

Exemple chiffré de répartition des bénéfices par secteur

Typologie d'enjeu	T=30ans		T=83ans		T=500ans	
	Actuel	Aménagé	Actuel	Aménagé	Actuel	Aménagé
Habitat	48.95	7.53	65.85	23.88	86.52	43.76
Activités économiques ⁺	24.47	3.77	32.93	11.94	43.26	21.88
Agriculture	1.51	0.58	2.28	1.97	3.10	3.33
Equipements publics	1.30	0.00	1.38	0.05	1.56	0.31
Voiries	0.63	0.20	0.93	0.65	1.23	1.01
Total:	76.86 M€	12.07 M€	103.36 M€	38.49 M€	135.66 M€	70.29 M€

« Dans tous les cas (actuel et aménagé) et pour toutes les périodes de retour, on constate que l'habitat représente plus de 60 % du montant global de dommages (et donc plus de 30 % pour les activités économiques).

Les autres catégories d'enjeux sont nettement minoritaires avec un maximum de 5 % du total pour les cultures et de 1 à 2 % pour les équipements publics et les voiries.

D'une manière générale, tous les montants de dommages sont réduits en état aménagé sauf pour l'agriculture pour l'évènement extrême (T=500 ans) ».

Répartition des bénéfices par commune

Cas de la population habitant en zone inondable (indicateur P1) :

« On note une très nette amélioration de la protection de la population de la commune 2 au terme des aménagements prévus : environ 7 600 personnes sont protégées pour un évènement de période de retour 500 ans et plus de 5 800 pour un évènement trentennal pour lequel il ne demeure que 4 % de la population en zone inondable.

Pour tous les scénarios considérés, le territoire de la commune 2 représente entre 70 et 80 % des personnes exposées aux inondations sur le périmètre d'étude.

.../...

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

Exemple chiffré de répartition géographique des bénéfices

Nombre de personnes habitant en zone inondable	Population communale totale	T=30ans				T=83ans				T=500ans			
		Actuel		Aménagé		Actuel		Aménagé		Actuel		Aménagé	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Commune 1	4699	305	6.5	0	0	492	10.5	374	7.9	1377	29.3	1035	22.0
Commune 2	25204	6117	24.3	269	1.1	8174	32.4	1105	4.4	8930	35.4	1327	5.3
Commune 3	3346	11	0.3	0	0	62	1.8	11	0.3	94	2.8	64	1.9
Commune 4	19440	407	2.1	274	1.4	571	2.9	516	2.7	<u>985</u>	<u>5.1</u>	<u>1317</u>	<u>6.8</u>
Commune 5	1748	0	0	0	0	54	3.1	64	3.6	264	15.1	223	12.8
Commune 6	8273	361	4.4	67	0.8	468	5.7	427	5.2	<u>518</u>	<u>6.3</u>	<u>598</u>	<u>7.2</u>
Commune 7	4204	123	2.9	38	0.9	369	8.8	297	7.1	466	11.1	327	7.8
TOTAL	66 914	7 325	10.9%	648	1%	10 189	15.2%	2 793	4.2%	12 634	18.9%	4 890	7.3%

Il faut également noter une incidence négative [du projet] :

Sur les communes 4 et 6, on constate une augmentation de la population en zone inondable pour l'évènement extrême de période de retour 500 ans uniquement. Ainsi on estime à 80 personnes le nombre de riverains supplémentaires exposés aux inondations sur la commune 6 (soit 15 %) et à 332 sur la commune 4 (soit 34 %). Cette incidence, définie uniquement pour une crue rare est due au principe d'aménagement retenu qui consiste à sécuriser sans empêcher les débordements sur la rive droite du cours d'eau.

De plus, on peut déduire du tableau de résultats le nombre de personnes protégées pour chaque période de retour :

- Pour T = 30 ans : 6 677 personnes protégées,
- Pour T = 83 ans : 7 396 personnes protégées,
- Pour T = 500 ans : 7 744 personnes protégées».

7.2 ANALYSE DES INDICATEURS SYNTHÉTIQUES

Les indicateurs synthétiques permettent au porteur de projet de qualifier son projet sur la base de critères indépendants du niveau de protection choisi (voir boîte à outils « Indicateurs synthétiques »). Ils permettent de s'interroger sur :

- Le nombre d'habitants et d'emplois et, si le territoire le justifie, un ou deux autres enjeux, protégés par le projet (prise en compte des probabilités d'occurrence),
- Le pourcentage de réduction des dommages grâce à la réalisation du projet,
- Le coût du projet par habitant protégé ou par emploi protégé,
- Le montant des dommages économisés par la société (déduction faite des coûts) grâce à l'investissement,
- Le montant de dommages évités par euro investi dans le projet.

Une illustration de l'utilisation de ces indicateurs synthétiques est donnée dans l'encadré ci-après et repose sur le cas d'étude déjà présenté dans la partie précédente « analyse des indicateurs élémentaires ».

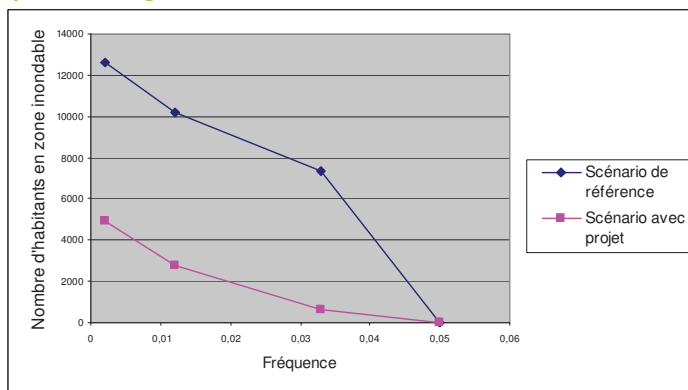
Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

ILLUSTRATION 6. Analyse et interprétation des indicateurs synthétiques d'un projet

L'analyse porte sur un projet dont le coût d'investissement est de 23 M€ et dont les coûts annuels sont estimés à près de 700 k€/an. L'ensemble des dommages ou des coûts est donné en M€ dans les tableaux.

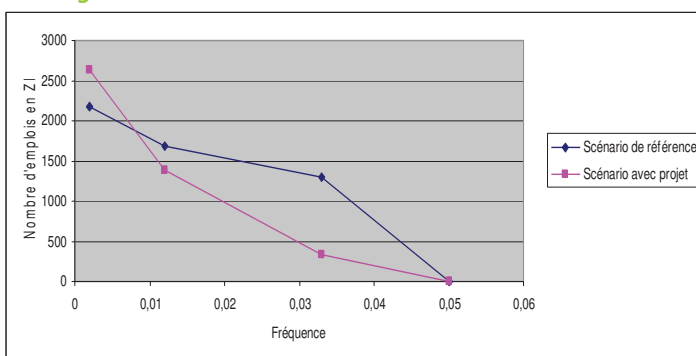
Habitants en ZI (P1)		Scénario de référence	Scénario avec projet
T20	0,05	0	0
T30	0,033	7 325	648
T83	0,012	10 189	2 793
T500	0,002	12 634	4 890
NMA habitants		363	81
NEMA habitants		282	

Exemple de courbes nombre d'habitants-fréquence avant et après aménagement. Source : CGDD



Emplois en ZI (P7)		Scénario de référence	Scénario avec projet
T20	0,05	0	0
T30	0,033	1 302	340
T83	0,012	1 692	1 392
T500	0,002	2 179	2 625
NMA		63	42
NEMA emplois		21	

Exemple de courbes nombre d'emplois-fréquence avant et après aménagement. Source : CGDD



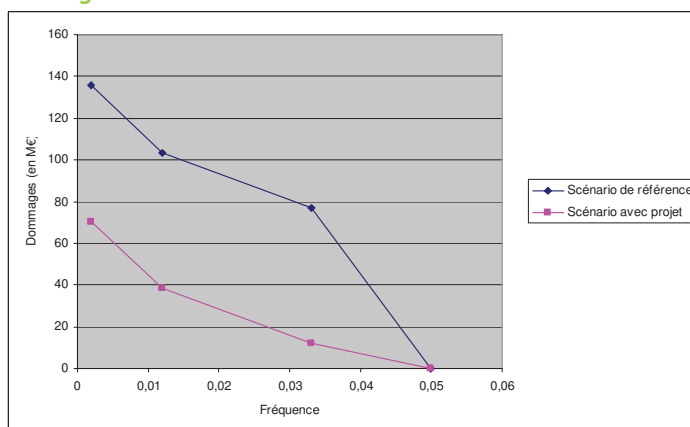
.../...

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

.../...

Dommages (M1 à M4)		Scénario de référence	Scénario avec projet
T20	0,05	0	0
T30	0,033	76,86	12,07
T83	0,012	103,36	38,49
T500	0,002	135,66	70,29
DMA		3,76	1,19
DEMA		2,57	

Exemple de courbes dommages-fréquence avant et après aménagement. Source : CGDD



Hypothèses	
Taux d'actualisation	2,50%
Horizon temporel	50 ans

Calculs intermédiaires	
B (actualisé)	73
C (actualisé)	43

Résultats	
Nombre d'habitants protégés des inondations (en moyenne annuelle)	282
Nombre d'emplois protégés des inondations (en moyenne annuelle)	21
Dommages évités en moyenne chaque année/ Dommages (moyens annuels) du scénario de référence	0,68
Coûts annualisés du projet / Nombre d'habitants protégés des inondations (en moyenne annuelle)	5 000 €
Coûts annualisés du projet / Nombre d'emplois protégés des inondations (en moyenne annuelle)	70 000 €
Valeur actuelle nette	30 M€
Bénéfices totaux du projet / coûts totaux du projet	1,70

.../...

Partie 2 - Réaliser une AMC : les grandes étapes

.../...

Interprétation

Le projet permet de protéger 282 habitants en moyenne par an. Il réduit donc le nombre de personnes inondées en moyenne chaque année de 78 %. Il protège 21 emplois en moyenne par an.

Les dommages monétaires moyens annuels sont réduits de 68 %.

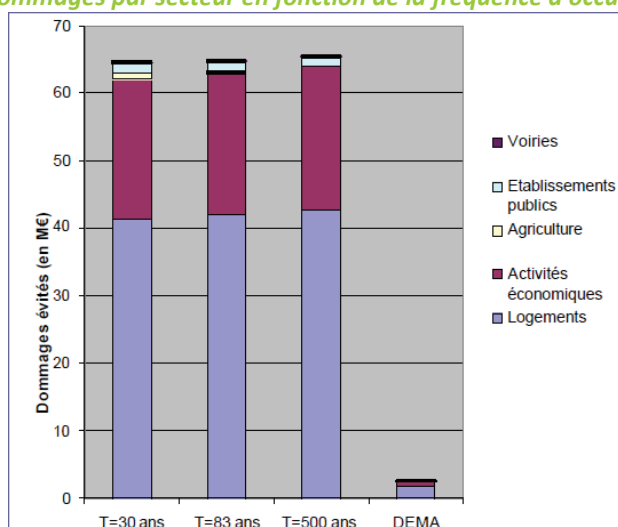
L'objectif principal du projet est de protéger les habitants présents sur la zone ciblée. Cet objectif est atteint pour un coût de 5000€ par habitant protégé en moyenne par an. Les 21 emplois protégés en moyenne par an peuvent être vus comme un co-bénéfice, un bénéfice secondaire du projet qui ne fait pas augmenter les coûts. En effet, le territoire est constitué d'un tissu plus résidentiel qu'économique.

Si la zone à sauvegarder avait été une zone d'activités, alors l'objectif principal aurait été la protection des emplois. Dans ce cas, c'est le rapport coût par emploi protégé qui permettrait d'évaluer le « coût-efficacité » et les habitants protégés seraient considérés comme des co-bénéfices du projet.

Le projet permet d'économiser sur 50 ans 30 M€ à la société (déduction faite des coûts). Pour chaque euro investi dans le projet, 1,7 € de dommages est économisé.

Notons enfin que le projet bénéficie davantage aux habitants qu'aux emplois, ce qui est confirmé par l'analyse des dommages évités (voir diagramme de répartition des dommages évités par secteurs ci-dessous).

Exemple de répartition des dommages par secteur en fonction de la fréquence d'occurrence des aléas. Source : CGDD



8 Étape 7 : Analyser l'incertitude et la sensibilité des résultats

On distingue classiquement les analyses d'incertitude qui décrivent l'influence de l'incertitude des paramètres d'entrée sur le résultat global et l'analyse de sensibilité qui identifie les paramètres qui influencent le plus cette incertitude (paramètres les plus « importants », « sensibles »). La robustesse, quant à elle, vérifie qu'une faible variation du paramètre d'entrée ne provoque pas de changement majeur et disproportionné du résultat par effet de seuil, par exemple. (Cf. partie 4. - §5.4).

Partie 3

Les boîtes à outils de l'AMC

La mise en œuvre des 6 étapes de l'AMC nécessite l'utilisation de méthodes de caractérisation des aléas, d'évaluation des dommages et des bénéfices ainsi que l'estimation des coûts des projets. Ces méthodes sont décrites dans chacune des boîtes à outils de l'AMC. Les méthodes et outils présentés sont adaptés aux différents territoires présentant des enjeux variés et des aléas divers.



1	« Boîte à outils aléas » - Comment caractériser les scénarios d'aléas pour l'AMC ?	67
1.1	L'ANALYSE MONO-SCÉNARIO	67
1.2	L'ANALYSE MULTI-SCÉNARIOS : LES SCÉNARIOS D'ALÉA POUR L'ANALYSE DES INDICATEURS MOYENS ANNUELS	67
1.2.1	Principe de construction des courbes dommages-fréquences (ou enjeux-fréquences).....	67
1.2.2	Les scénarios d'aléa à étudier	70
1.2.3	Le scénario de premiers dommages	72
1.2.4	Caractérisation des incertitudes concernant les périodes de retour	74
1.2.5	Les cas particuliers	75
1.3	HYPOTHÈSES SUR LA RUPTURE DES OUVRAGES ASSOCIÉES AUX SCÉNARIOS	76
1.3.1	Hypothèses de rupture des ouvrages dans le scénario de référence	76
1.3.2	Hypothèses de rupture des ouvrages en situation aménagée (ouvrages neufs ou sécurisés)	77
1.4	PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA CARTOGRAPHIE DES ALÉAS	78
1.4.1	Méthodes de cartographie.....	78
1.4.2	Paramètres de l'aléa à cartographier pour l'évaluation des indicateurs	78
1.4.3	Analyse de l'incertitude des paramètres issus de la caractérisation des aléas.....	78
1.5	SPÉCIFICITÉS LIÉES À LA CARTOGRAPHIE DES ALÉAS INONDATION DE PLAINE.....	79
1.5.1	Les caractéristiques de l'aléa à cartographier pour les indicateurs de dommages monétaires ...	79
1.5.2	Méthodes de cartographie de l'aléa	79
1.6	SPÉCIFICITÉS LIÉES À LA CARTOGRAPHIE DES ALÉAS LITTORAUX.....	80
1.6.1	Cadre d'application de l'AMC en cas d'interaction entre submersions marines et érosion	80
1.6.2	Détermination du recul du trait de côte	81
1.6.3	Les caractéristiques de l'aléa submersion marine à cartographier pour les indicateurs de dommages monétaires.....	81
1.6.4	Méthodes de cartographie de l'aléa submersion marine	81
1.6.5	Prise en compte du changement climatique.....	82

1.7	SPECIFICITÉS LIÉES À LA CARACTÉRISATION DES PHÉNOMÈNES À CARACTÈRE TORRENTIEL (TRAVAUX EN COURS).....	83
2	« Boîte à outils Dommages » : comment évaluer les dommages liés à une inondation ?.....	86
2.1	CONSTRUCTION DES INDICATEURS MONÉTAIRES : ÉVALUATION DES DOMMAGES MONÉTAIRES.....	86
2.1.1	Les outils de l'évaluation monétaire : les fonctions de dommages	86
2.1.2	Quid des données de sinistralité dans l'évaluation des dommages monétaires ?	89
2.1.3	Méthode d'utilisation des fonctions de dommages.....	90
2.1.4	Fonctions de dommages aux enjeux pour les inondations de plaines.....	92
2.1.5	Fonctions de dommages aux enjeux pour les submersions marines.....	112
2.1.6	Fonctions de dommages aux enjeux pour les crues torrentielles.....	113
2.1.7	Autres dommages qui peuvent être intégrés dans l'analyse monétaire	113
2.1.8	La question des transferts : les dommages à ne pas intégrer dans l'analyse	113
2.2	CONSTRUCTION DES INDICATEURS D'ENJEUX : ÉVALUATION DES DOMMAGES NON MONÉTAIRES.....	115
2.2.1	Indicateurs d'enjeux principaux	115
2.2.2	Indicateurs d'enjeux secondaires.....	116
2.2.3	Modalités de calcul et représentation cartographique des indicateurs d'enjeux.....	116
2.3	COMPLÉTER L'ÉVALUATION DES BÉNÉFICES PAR LA CARTOGRAPHIE DES ENJEUX AVANT ET APRÈS AMÉNAGEMENT	118
3	« Boîte à outils Bénéfices » : comment évaluer les bénéfices d'un projet ?.....	119
3.1	L'ÉVALUATION DES BÉNÉFICES POUR L'ANALYSE ÉLÉMENTAIRE.....	119
3.2	L'ÉVALUATION DES BÉNÉFICES POUR L'ANALYSE SYNTHÉTIQUE	120
3.2.1	Le calcul des dommages moyens annuels (DMA) causés par les inondations	120
3.2.2	Le calcul du nombre d'enjeux moyen impactés par les inondations (NMA).....	121
3.2.3	Cas particulier : le calcul des DMA et NMA pour le scénario de référence relatif aux mesures de sécurisation d'ouvrage	121
3.2.4	Le calcul des dommages évités moyens annuels (DEMA) grâce au projet	122
3.2.5	Le calcul du nombre moyen annuel d'enjeux protégés (NEMA) par le projet	123

4	« Boîte à outils coûts » : comment évaluer les coûts d'un projet ?	124
4.1	TYPOLOGIE DES COÛTS ASSOCIÉS À UN PROJET	124
4.1.1	Coûts d'investissement	124
4.1.2	Coûts environnementaux	124
4.1.3	Coûts d'entretien	126
4.1.4	Coûts de réparation	128
4.2	SYNTHÈSE DES COÛTS ET MISE EN GARDE : « COÛTS ÉCONOMISÉS » ET « DOMMAGES AJOUTÉS »	130
4.2.1	Coûts économisés (coûts négatifs)	130
4.2.2	Dommages ajoutés (bénéfices négatifs)	131
4.3	FORMALISATION DES COÛTS DANS LES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES	132
4.4	CAS PARTICULIER : ÉVALUATION DES COÛTS DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE POUR LES MESURES DE SÉCURISATION D'OUVRAGE	132
5	« Boîte à outils Indicateurs synthétiques » : comment calculer les indicateurs de l'analyse synthétique ?	133
5.1	CALCUL DES INDICATEURS SYNTHÉTIQUES	133
5.1.1	Mesure de l'efficacité du projet	134
5.1.2	Mesure du rapport coût-efficacité du projet	135
5.1.3	Mesure de l'efficience du projet	136
5.2	CONSIDÉRATIONS LIÉES À L'ÉCHÉANCIER DE RÉALISATION DES TRAVAUX	139
5.2.1	Répartition des flux économiques sans connaissance de l'échéancier des travaux	139
5.2.2	Répartition des flux économiques avec connaissance de l'échéancier des travaux	140
5.3	ANALYSE DE SENSIBILITÉ ET D'INCERTITUDE DES INDICATEURS SYNTHÉTIQUES	142
5.4	EXEMPLE D'APPLICATION À UN CAS CONCRET	145
5.4.1	Présentation et interprétation des indicateurs synthétiques d'un projet	145
5.4.2	Comparaison de projets à l'aide des indicateurs synthétiques	149

1 « Boîte à outils aléas » : Comment caractériser les scénarios d'aléas pour l'AMC ?

1.1 L'ANALYSE MONO-SCÉNARIO

Le scénario de dimensionnement du projet correspond au scénario associé au niveau de protection de l'ouvrage. Il s'agit du niveau en deçà duquel le projet assure l'innocuité des entrées d'eau. Il est défini par le gestionnaire.

Dans le cas de l'évaluation d'un système de protection (c'est-à-dire d'un ensemble cohérent de mesures interdépendantes du point de vue hydraulique), le niveau de protection du système correspond au niveau de protection de l'ouvrage limitant (c'est-à-dire le plus petit niveau de protection des ouvrages constitutifs du système de protection).

Le choix du scénario d'aléa correspondant au niveau de protection maximise les bénéfices affichés par les indicateurs élémentaires.

1.2 L'ANALYSE MULTI-SCÉNARIOS : LES SCÉNARIOS D'ALÉA POUR L'ANALYSE DES INDICATEURS MOYENS ANNUELS

1.2.1 Principe de construction des courbes dommages-fréquences (ou enjeux-fréquences)

Principe général

Le calcul des indicateurs moyens annuels (NMA habitants, NMA emplois et DMA) s'appuie sur des courbes enjeux- fréquences ou dommages-fréquences (voir aussi partie 4 §3.2).

Une courbe dommages-fréquences (respectivement enjeux-fréquences dans la suite de cette partie 4) caractérise la vulnérabilité d'un territoire, aménagé ou non ; elle doit permettre de caractériser la situation de référence et la situation avec projet.

Pour chaque courbe, avant projet et après projet, les points d'inflexion vont correspondre :

- soit à une modification du comportement hydraulique de la zone protégée (fonction de la topographie et de la morphologie),
- soit à une modification de l'occupation du territoire (modifications des enjeux sur la zone),
- soit enfin à une modification du comportement du système de protection (défaillance fonctionnelle ou structurelle).

Dans les cas où une augmentation brusque des impacts est soupçonnée pour une fréquence particulière (ex : débordement subi par-dessus une digue non équipée de déversoir), il peut être pertinent de sélectionner certains points encadrant cette fréquence plutôt que de choisir d'étudier des points régulièrement répartis sur la courbe dommages-fréquences. La description résultant d'une courbe indiquant les points de rupture dans la probabilité des dommages est, en effet, plus réaliste qu'une courbe lissée.

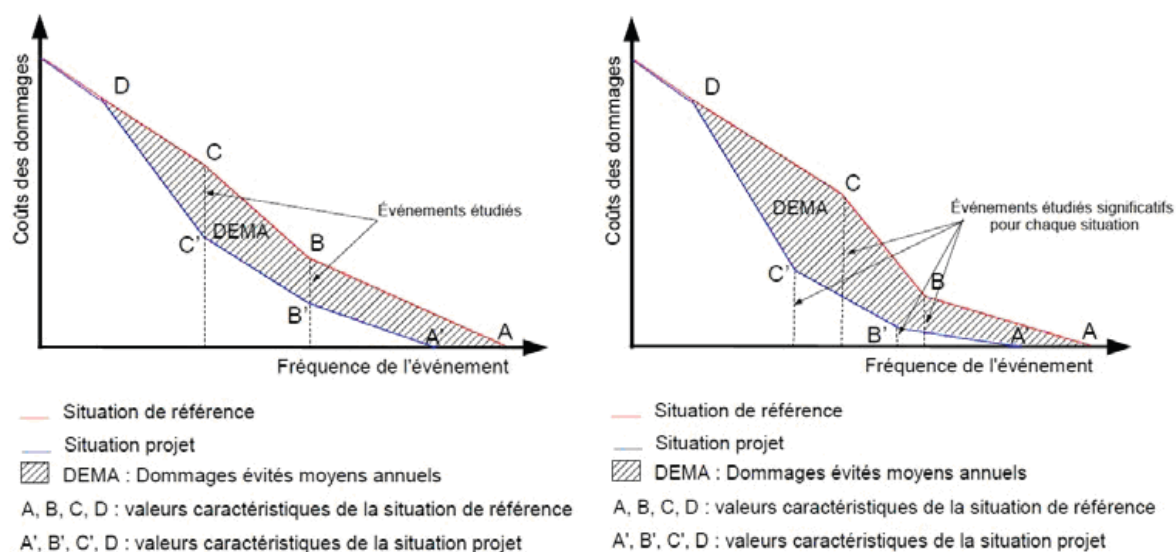
Choisir les scénarios d'aléa revient à choisir les points qui composeront cette courbe. Plus les points sont nombreux et plus la courbe reflétera de façon fidèle la vulnérabilité du territoire. Le choix de ces scénarios doit donc être finement réfléchi afin que la courbe dommages-fréquences soit la plus représentative possible du fonctionnement du site.

Choix des événements étudiés en fonction du scénario de référence et du scénario avec projet

Une courbe dommages-fréquences étant caractéristique d'une situation, les scénarios d'aléa à étudier seront généralement différents pour le cas du scénario de référence et le cas du scénario avec projet. Deux cas peuvent être distingués :

- le territoire, en situation de référence, est caractérisé par l'absence de toute protection : les événements à étudier dans le scénario de référence et le scénario avec projet pourront être les mêmes, à l'exception éventuelle du scénario générant les premiers débordements (voir 5, à gauche).
- le territoire, dans le scénario de référence, bénéficie d'un système de protection existant (en bon état ou en mauvais état et, dans ce cas, le projet cherche à l'améliorer/ le conforter) : les événements à étudier dans la situation de référence et la situation avec projet sont alors différents dans la mesure où le comportement hydraulique du système de protection existant diffère nécessairement de celui projeté (voir la figure 1, à droite).

Figure 5 : Représentation de la courbe dommages-fréquences en fonction des scénarios de référence : "milieu naturel" (à gauche) et système de protection existant (à droite)
Source : CEREMA



Événement historique ou théorique ?

Les événements à retenir pour la construction des courbes dommages-fréquences sont donc plutôt des événements théoriques que des événements historiques.

L'étude des aléas peut s'appuyer sur des événements historiques pour caler les outils utilisés et pour améliorer de façon générale la courbe dommages-fréquences. **Néanmoins, la construction de la courbe dommages-fréquences ne peut pas se baser sur les événements historiques** car ils ne correspondent généralement pas aux points d'inflexion de la courbe.

En revanche, **l'évaluation des dommages ne doit pas s'appuyer sur des événements historiques**. En effet, ceux-ci sont représentatifs de l'occupation du territoire à un instant donné, parfois ancien (Cf. Partie 4 §2.1.2 Quid des données de sinistralités dans l'évaluation des dommages monétaires).

Courbe dommages-fréquences, courbe enjeux-fréquences ?

Pour le scénario de référence, les scénarios d'aléa étudiés seront identiques pour les courbes dommages-fréquences et enjeux-fréquences. C'est également le cas pour la situation avec projet.

1.2.2 Les scénarios d'aléa à étudier

Pour construire la courbe dommages-fréquences associée au scénario de référence et au scénario aménagé, plusieurs scénarios d'aléa sont à étudier. Il est recommandé d'étudier au minimum quatre scénarios d'inondation :

- le scénario d'aléa de premiers dommages (cf. Partie 4 §1.2.3) ;
- 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 Inondations²⁹.

Il est nécessaire de préciser davantage la courbe dommages- fréquences / enjeux-fréquences si la période de retour du scénario de premiers dommages est très différente de la période de retour du niveau de dimensionnement. On peut alors étudier :

- un scénario d'aléa d'une probabilité fréquente ou moyenne, de période de retour inférieure à la période de retour de l'événement de dimensionnement ;
- le scénario correspondant au niveau de sûreté de l'ouvrage ou du système (scénario surtout intéressant dans le cas de submersions marines), c'est-à-dire le niveau au-delà duquel la tenue de la structure de l'ouvrage n'est plus assurée et est susceptible de ruine à tout instant. Il est alors recommandé de s'appuyer sur le guide ad hoc du CEREMA³⁰ (« analyse affinée de l'aléa submersion marine »).

Sans ces précisions, les dommages seront surestimés (cf illustration 7).

Une étude hydrologique/ hydraulique est indispensable pour déterminer les scénarios hydrologiques associés aux différentes probabilités d'occurrence des scénarios d'aléas de la courbe dommages-fréquences / enjeux-fréquences.

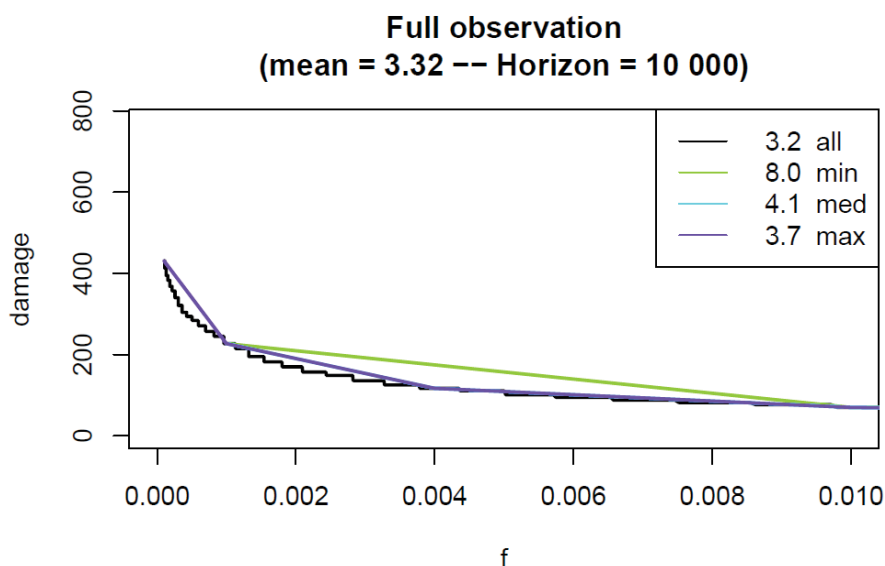
Pour le calcul des enjeux protégés et des dommages évités par le projet, le scénario d'aléa extrême n'est pas utile. En effet, les dommages (respectivement les enjeux exposés aux inondations) du scénario extrême sont identiques en situation de référence et en situation avec projet. En effet, en cas d'événement extrême, l'impact hydraulique du projet est négligeable, voire nulle. Cependant, les dommages liés à ce scénario ont un impact sur le dommage moyen annuel et donc sur l'indicateur synthétique DEMA/DMA sc. de référence.

²⁹ 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.

³⁰ Pérhélin, C. (2015). Analyses coûts bénéfices littorales. Recommandations sur l'étude des aléas littoraux préalable à l'élaboration d'une ACB. Rapport CEREMA

ILLUSTRATION 7. Impacts du nombre de scénarios d'aléas étudiés sur la courbe dommages-fréquence

Le graphe suivant montre que la précision de cette courbe et donc de l'évaluation des dommages moyens annuels dépend du nombre de scénario étudié.



Impact du nombre de scénarios d'aléas étudiés sur la précision des dommages moyens annuels.
Source : IRSTEA

La courbe noire (« all ») présente la courbe-dommage fréquence du territoire basée sur une série de 200 événements pour lesquels les dommages sont connus. Le dommage moyen annuel calculé est de 3,2 M€. Il s'agit de la courbe la plus précise qu'il est possible d'avoir sur ce territoire.

La courbe verte présente la courbe dommage-fréquence pour le même territoire mais construite à partir de l'estimation des dommages pour 2 scénarios d'aléas (l'aléa décennal et l'aléa centennal). Le dommage moyen annuel calculé à partir de cette courbe est de 8 M€. L'utilisation de la courbe verte conduit donc à des dommages estimés de 2,5 fois supérieurs aux dommages réels.

La courbe violette présente la courbe dommage-fréquence pour le même territoire mais construite à partir de l'estimation des dommages pour 4 scénarios d'aléas. Le dommage moyen annuel calculé à partir de cette courbe est de 3,7 M€. L'utilisation de la courbe violette conduit donc à des dommages supérieurs de 15 % seulement aux dommages réels.

1.2.3 Le scénario de premiers dommages

L'évènement le plus intense ne provoquant pas de dommages est appelé « scénario de premiers dommages ».

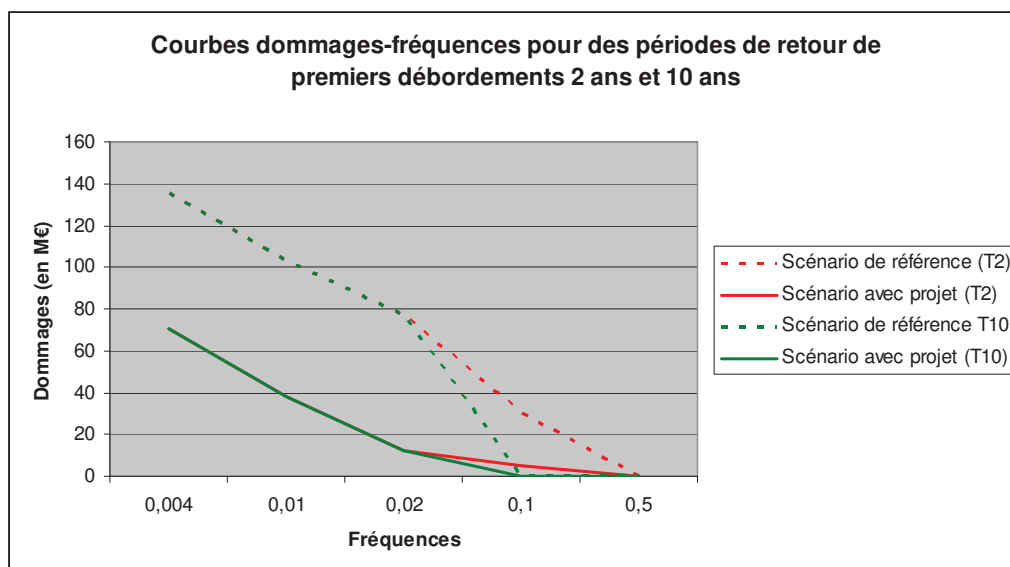
Du fait de la pondération des dommages (respectivement du nombre d'enjeux en zone inondable) par la probabilité d'occurrence de l'évènement générateur de ces dommages, ce sont les évènements fréquents qui ont le plus de poids dans les indicateurs moyens annuels (cf. 3.2). Ainsi, les efforts de l'évaluation doivent porter sur la définition et la caractérisation la plus précise possible des scénarios d'aléas fréquents ou moyens et notamment sur le scénario de premiers dommages. Celui-ci doit être choisi avec une attention particulière. Il doit être systématiquement évalué avec le plus de soin possible. Il est important de relever et d'estimer les différentes incertitudes relatives à sa définition (liées aux modèles, aux manques de données de calage...). Enfin, il est nécessaire d'intégrer la période de retour de la crue générant les premiers débordements à l'analyse de sensibilité et d'incertitude des résultats de l'analyse synthétique.

ILLUSTRATION 8. Interprétation d'une période de retour de premiers débordements de 2 ans

Afin d'évaluer un projet de protection contre les inondations d'une route de montagne, le porteur de projet a réalisé une ACB dont la période de retour de l'évènement de premiers débordements a été estimée à 2 ans. Cela signifie qu'en moyenne, la route est inondée une année sur deux (i.e que la route a 50 % de risque d'être inondée chaque année). Cette définition s'est essentiellement basée sur un retour d'expérience sommaire des acteurs locaux.

Pour justifier le choix de cette fréquence importante des inondations, le territoire aurait dû s'appuyer sur une modélisation hydraulique des événements, complétée par une analyse des événements historiques (à l'aide d'articles dans les médias, des retours d'expériences techniques...).

La définition de cette période de retour biennale pour une crue de premiers débordements souffre *a fortiori* d'importantes incertitudes. Il est nécessaire de les prendre en compte dans l'évaluation des dommages, en réalisant des analyses de sensibilité. Comme le montre la figure ci-dessous, le choix d'une période de retour biennale pour la crue de premiers dommages peut avoir un impact important sur la courbe dommages-fréquences et donc sur l'évaluation des dommages.



1.2.4 Caractérisation des incertitudes concernant les périodes de retour

Caractériser les incertitudes liées aux périodes de retour des crues fluviales

Les incertitudes sur les périodes de retour des crues peuvent être importantes. Elles proviennent principalement de la surveillance ou non des bassins versants et de la date à partir de laquelle le bassin a commencé à être surveillé. Ainsi, pour caractériser les incertitudes sur les périodes de retour, il sera important de savoir si le bassin versant est surveillé, de connaître la taille de la chronique de débits (le nombre d'années depuis le début du suivi).

Ces incertitudes doivent être systématiquement évaluées et intégrées dans l'analyse de sensibilité (voir partie 4 §5.3).

Caractériser les incertitudes liées aux périodes de retour des submersions marines et des crues torrentielles

La caractérisation des aléas marins et torrentiels est plus récente et moins bien maîtrisée que l'étude des aléas fluviaux qui sont aujourd'hui raisonnablement bien connus. Si l'aléa fluvial est principalement caractérisé par le débit de pointe des différentes crues, les aléas marins et torrentiels sont généralement décrits par des variables multiples (surcotes marines, hauteurs et fréquences des houles dans le cas de l'aléa submersion marine et, débits de pointe, volumes des hydrogrammes et du transport solide, hauteur de dépôt, profondeur d'érosion et typologie des écoulements dans le cas du torrentiel).

Concernant l'aléa submersion marine, les retours d'expériences et les statistiques des événements météo-marins ne sont pas assez anciens et ne sont pas en nombre suffisant pour permettre de déterminer la fréquence des événements avec autant de précision que dans le cas des cours d'eau. Il sera donc important de connaître la taille de la chronique des événements (niveau marin/houle).

Ces imperfections de l'information³¹ doivent être prises en compte dans l'analyse d'incertitude et de sensibilité des résultats de l'analyse synthétique.

Concernant le contexte torrentiel, la caractérisation des phénomènes torrentiels eux-mêmes ne peut être univoque. Un même cours d'eau peut provoquer des crues de nature très variée ; eau claire, charriage plus ou moins intense, production/transport variable de flottants et parfois épisodique de laves torrentielles. Ces phénomènes nécessitent de prendre en compte à la fois l'hydraulique plus ou moins complexe des écoulements, les modifications de niveau du lit par érosion/dépôt ainsi que des phénomènes plus mécaniques d'obstruction des ponts et ouvrages par les blocs et flottants. Les phénomènes torrentiels sont ainsi divers et ne répondent pas uniquement au principe de fréquence d'occurrence des crues liquides, mais également de la fréquence d'occurrence des transports solides (voir partie 4 §1.7). Certains phénomènes tels que les laves torrentielles peuvent par ailleurs être très

³¹ En toute rigueur, il peut s'agir en fait de différentes formes d'imperfection ; le conflit, l'imprécision, l'incomplétude, l'incertitude aléatoire, épistémique.

spécifiques à un petit bassin versant et les archives historiques n'ont pas toujours gardé des traces claires de la typologie des épisodes passés.

Les périodes de retour des événements torrentiels dépendent du phénomène torrentiel qui sera considéré. La définition des phénomènes considérés à l'origine des dommages sur le territoire devra être spécifiquement précisée avec la caractérisation de leur fréquence et de leurs incertitudes.

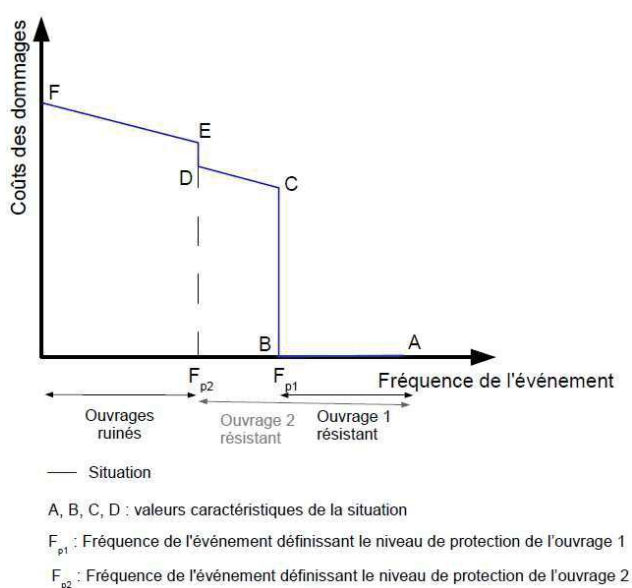
1.2.5 Les cas particuliers

Projet composite et niveaux de protection hétérogènes

Dans le cas d'un système de protection composé de différents ouvrages ne présentant pas tous le même niveau de protection, il est intéressant d'étudier le scénario correspondant au niveau de protection de chaque ouvrage, et de ne pas se limiter à l'analyse du scénario correspondant au niveau de protection de l'ouvrage limitant. En effet, ces configurations peuvent fortement impacter la forme de la courbe dommages-fréquences (ou enjeux-fréquences).

La figure 6 donne un exemple de construction d'une courbe dommages-fréquences en situation avec projet, pour un système de protection comprenant deux ouvrages n'ayant pas le même niveau de protection.

Figure 6 : Courbe dommages-fréquences dans le cas d'un système de protection comprenant deux ouvrages de niveaux de protection différents.
Source CEREMA



Aléa débordement de cours d'eau : variabilité des périodes de retour sur le territoire d'étude

Sur un secteur d'étude étendu où le cours d'eau principal reçoit plusieurs affluents, la période de retour des crues du cours d'eau principal est susceptible de varier de l'amont vers l'aval en fonction de l'importance de la contribution de chacun des affluents et des hypothèses de concomitance des débits de pointe. Il est alors nécessaire de découper le secteur d'étude en plusieurs zones hydrologiquement homogènes (le plus souvent les tronçons du cours d'eau principal situés entre les plus « gros » affluents). Ainsi, il convient de considérer un scénario composite (utilisant les différentes fréquences de crues de ces affluents) pour l'ensemble du bassin étudié.

1.3 HYPOTHÈSES SUR LA RUPTURE DES OUVRAGES ASSOCIÉES AUX SCÉNARIOS

Le guide « PPR torrents » en cours d'élaboration aborde certains aspects de l'accidentologie des ouvrages.

1.3.1 Hypothèses de rupture des ouvrages dans le scénario de référence

Dans le cas de mesures de construction d'ouvrage, il n'y a pas d'ouvrage en situation initiale donc il n'y a pas de rupture possible.

Dans le cas de mesures de sécurisation d'ouvrage, l'ouvrage est considéré comme suffisamment dégradé pour qu'il soit nécessaire d'intervenir. Des ruptures sont possibles en dessous du niveau de protection initial de l'ouvrage. Les recommandations sont alors les suivantes (cf. partie 3 §3.1. Le scénario de référence).

Tableau 6 : Probabilités de défaillance des ouvrages dégradés à conforter.

Source : CGDD

Fréquence d'occurrence	$F > F_p(^*)$	$F_p(^*)$	$F < F_p(^*)$
Probabilité de rupture des ouvrages dégradés à conforter	$r_i(^*)$	$r_p(^*)$	$r_j(^*)$

* F_p est la fréquence de l'évènement de dimensionnement du projet

*¹ r_i , r_p et r_j sont compris dans $]0;1]$

Il est nécessaire de définir une probabilité de rupture des ouvrages pour chaque scénario d'aléa étudié.

NB : La qualification des probabilités de rupture n'est pas aisée. Les retours d'expérience sur les ruptures d'ouvrages ne permettent pas d'établir des statistiques sur la probabilité d'occurrence de ces ruptures. La pratique est de qualifier ces probabilités à dire d'expert et en s'appuyant sur les informations données par les études de dangers lorsque celles-ci ont été réalisées.

1.3.2 Hypothèses de rupture des ouvrages en situation aménagée (ouvrages neufs ou sécurisés)

Il est recommandé de suivre les hypothèses méthodologiques suivantes concernant le risque de défaillance structurelle des ouvrages ou des systèmes de protection (« rupture ») :

- Pour les scénarios d'aléa de période de retour inférieure à la période de retour du scénario de dimensionnement, la probabilité de rupture est jugée négligeable. Cette hypothèse est posée à la fois pour les ouvrages projetés et les ouvrages existants, dans la mesure où on considère que ces derniers sont bien entretenus. Dans la situation de référence, les coûts d'entretien et de réparation des ouvrages existants devront alors être pris en compte.
- Pour les scénarios d'aléa de période de retour supérieure à la période de retour du scénario de dimensionnement, l'ouvrage ou le système de protection sera considéré successivement comme soumis à des entrées d'eau puis à des ruptures.

Tableau 7 : Probabilités de défaillance des ouvrages neufs, existants jugés bien entretenus.
Source : CGDD

Fréquence d'occurrence	$F > F_p^*$	F_p^*	$F < F_p^*$
Probabilités de rupture	négligeables	négligeables	Surverses / défaillances $0 < p \leq 1$

* Fréquence d'occurrence de l'évènement de dimensionnement du projet

NB : Les probabilités de rupture pour les événements intenses dépendront, entre autres, des types d'ouvrages. Par exemple, les ouvrages avec organisation de la surverse auront des probabilités de rupture plus faibles que les ouvrages sans organisation de la surverse.

1.4 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA CARTOGRAPHIE DES ALÉAS

1.4.1 Méthodes de cartographie

Différentes méthodes de cartographie sont disponibles³². Le choix de la méthode dépendra principalement du type et de l'ampleur de l'évènement que l'on cherche à caractériser et du territoire considéré. Il sera ainsi nécessaire de spécifier le(s) rôle(s) des mesures à évaluer et le(s) aléa(s) pour le(s)quel(s) elles sont mises en place.

L'homogénéité des méthodes de cartographie utilisée pour les différents évènements est importante. Tous les évènements étudiés doivent être étudiés de la même manière afin d'assurer une cohérence dans l'évaluation des dommages.

Il sera utile de préciser le choix des modèles et des hypothèses méthodologiques réalisés. Notamment, l'utilisation de modèles distincts pour les différents évènements étudiés pourra être précisée et justifiée.

1.4.2 Paramètres de l'aléa à cartographier pour l'évaluation des indicateurs

Les paramètres de l'aléa à cartographier dépendent du type d'indicateurs : indicateurs d'enjeux (non monétaires) ou indicateurs de dommages (monétaires).

Pour les indicateurs d'enjeux (non monétaires)

Concernant le calcul des indicateurs d'enjeux, l'unique caractérisation de l'aléa nécessaire est l'emprise de la zone inondable, puisque ces indicateurs mesurent la présence ou non des enjeux en zone inondable.

Pour les indicateurs de dommages (monétaires)

Concernant le calcul des indicateurs de dommages, les paramètres de l'aléa à caractériser dépendent directement des fonctions de dommages utilisées (cf. partie 4 § 1.5.1).

1.4.3 Analyse de l'incertitude des paramètres issus de la caractérisation des aléas

Une attention particulière doit être portée à la définition des données de forçages (connaissance des débits, données pluviométriques³³, niveaux extrêmes et surcotes, caractéristiques des matériaux en cas de prise en compte des érosions/dépôts). En effet, ces données impactent fortement le niveau de précision des résultats. Une analyse de sensibilité aux forçages est nécessaire pour analyser les incertitudes et relativiser les calculs d'aléas, base de calculs des indicateurs.

³² Cf : Annexes techniques partie 5.

³³ Au sujet des études hydrologiques, voir *Ibid*

Un niveau de fiabilité des paramètres de l'aléa pourra être estimé qualitativement notamment pour la définition des hauteurs d'eau et l'expansion de la zone inondable pour chacun des scénarios d'aléa étudiés. Cette estimation permettra de mieux évaluer les intervalles de confiance utilisés dans les analyses de sensibilité et d'incertitude des indicateurs (voir 8.3).

1.5 SPÉCIFICITÉS LIÉES À LA CARTOGRAPHIE DES ALÉAS INONDATION DE PLAINE

1.5.1 Les caractéristiques de l'aléa à cartographier pour les indicateurs de dommages monétaires

Pour les projets de gestion des crues de plaine, il est nécessaire de connaître la hauteur de submersion par rapport au terrain naturel, la durée de submersion et plus rarement les vitesses d'écoulement ou de montée des eaux (cf. encadré 3 et partie 4 § 2.1.3 Méthode d'utilisation des fonctions de dommages).

ENCADRE 3. Paramètres de l'aléa nécessaires en fonction des enjeux

Le calcul des dommages par les fonctions de dommages préconisées dans ce guide nécessitent 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).

Certaines fonctions de dommages disponibles dans la littérature nécessitent par ailleurs de qualifier la cinétique de l'inondation (crue rapide, crue lente...) qui peut être appréciée grâce au paramètre « temps d'arrivée de l'onde » par exemple.

1.5.2 Méthodes de cartographie de l'aléa

Les principales méthodes de cartographie sont brièvement rappelées dans les annexes techniques.

1.6 SPÉCIFICITÉS LIÉES À LA CARTOGRAPHIE DES ALÉAS LITTORAUX

Les projets de gestion des submersions marines ont de fortes particularités. L'espace littoral sur lequel ils sont implantés est mobile d'un point de vue hydro-sédimentaire. Les phénomènes météorologiques, associés aux différentes configurations de côtes, peuvent engendrer à la fois des aléas de submersion marine et de recul du trait de côte.

La partie 6 des Annexes Techniques précise les méthodes de caractérisation et de cartographie des aléas littoraux.

1.6.1 Cadre d'application de l'AMC en cas d'interaction entre submersions marines et érosion

La méthode présentée dans ce guide permet d'évaluer les projets de gestion des submersions marines. L'aléa submersion marine peut être fortement lié aux phénomènes de recul du trait de côte, particulièrement dans le cas des côtes basses meubles. Lorsque ces deux aléas sont conjoints, ils doivent être étudiés simultanément. Ainsi, le phénomène de recul du trait de côte amène de l'incertitude à la fois sur l'évolution dans le temps des aléas de submersions marines (du fait de la topographie littorale) et sur l'évaluation des dommages.

Incertitudes sur la caractérisation des aléas

La mise en place d'un ouvrage amène une modification du fonctionnement hydro-sédimentaire qui participe à l'intensité des aléas littoraux : submersions marines et érosion. Ces deux phénomènes sont interdépendants. L'aléa recul du trait de côte devra être étudié en premier. Il permettra par la suite d'avoir une première appréciation de l'incertitude liée au recul du trait de côte dans la caractérisation de l'aléa submersion marine.

Sous-estimation des dommages évités

Certains ouvrages ont un double emploi et permettent à la fois de protéger contre les submersions marines et de limiter le recul du trait de côte. Or, il n'existe pas de méthode d'évaluation des dommages liés à l'érosion suffisamment stabilisée pour être utilisée dans le cadre de l'AMC. Ainsi, les bénéfices supplémentaires liés à la réduction des effets du recul du trait de côte ne peuvent pas être intégrés dans l'évaluation.

Il est donc nécessaire dans l'analyse de spécifier le(s) rôle(s) de l'ouvrage.

La caractérisation de l'intensité du recul du trait de côte permet de mesurer qualitativement l'importance des incertitudes sur les dommages liés à l'érosion évités grâce à la mise en place de la mesure.

1.6.2 Détermination du recul du trait de côte

Le recul du trait de côte est défini à partir du recul estimé à l'horizon temporel considéré. La cartographie des zones exposées au recul du trait de côte nécessite à minima le calcul de deux paramètres :

- Un taux de recul moyen annuel,
- Un recul ponctuel, lié à un évènement tempétueux majeur.

Le taux de recul moyen annuel se détermine sur la base des données historiques de recul du trait de côte sur le périmètre de l'étude³⁴.

Dans le cadre de l'AMC, la définition du périmètre soumis à l'érosion à l'horizon temporel de l'étude et le taux de recul moyen annuel sont suffisants pour caractériser qualitativement l'incertitude due à l'aléa érosion.

1.6.3 Les caractéristiques de l'aléa submersion marine à cartographier pour les indicateurs de dommages monétaires

Les fonctions de dommages liés aux submersions marines sont basées sur les mêmes caractéristiques de l'aléa que les fonctions de dommages liés aux inondations de plaine (voir partie 4 – §1.5.1- les caractéristiques de l'aléa à cartographier).

1.6.4 Méthodes de cartographie de l'aléa submersion marine

La construction des courbes dommages-fréquences et les scénarios d'aléas à étudier sont similaires à l'inondation de plaine. Cependant, les modes de fonctionnement hydrauliques et les modes de rupture des ouvrages sont liés à des sollicitations spécifiques au milieu littoral associées, entre autres, à l'effet des vagues. Il est donc important de considérer les phénomènes de franchissement en sus des phénomènes de débordements et de rupture d'ouvrage.

Des paramètres spécifiques sont à estimer. Le niveau marin à la côte doit être pris en compte. Il intègre, au niveau moyen de la mer :

- L'effet de la marée astronomique,
- Les effets liés aux vagues,
- La surcote météorologique.

Le niveau moyen à la mer intégrera les effets liés au changement climatique (cf. partie 4 §1.6.5) dans le cadre de l'analyse des incertitudes et de sensibilité.

Un scénario d'aléa correspondant aux franchissements seuls peut être étudié pour affiner les courbes dommages-fréquences³⁵.

³⁴ Pour plus de précisions sur les méthodes de caractérisation et de cartographie du recul du trait de côte voir Annexes techniques Partie 6.

À noter : Lorsque la méthode est utilisée dans le cadre des études amont d'élaboration du projet de gestion des risques littoraux, dans certaines configurations, une analyse simplifiée peut-être envisagée pour ne retenir que les débordements et ne pas prendre en compte les franchissements. La cartographie se base alors sur une identification topographique des zones localisées en dessous du niveau moyen à la côte ou sur une modélisation de répartition des volumes entrants par débordements (estimation des volumes entrants par débordement).

Attention, dans certains cas, les franchissements peuvent représenter une partie importante des volumes entrants et donc des dommages importants voire la totalité des dommages. Dans ces cas là, les résultats de l'analyse « simplifiée » seront insuffisants, il sera alors nécessaire de prendre en compte l'ensemble des phénomènes.

1.6.5 Prise en compte du changement climatique

Le changement climatique va avoir pour impact une augmentation du niveau moyen de la mer. Il est fortement recommandé de réaliser une analyse des incertitudes et de sensibilité des résultats de l'évaluation à cette élévation du niveau de la mer. Il sera donc nécessaire d'évaluer le projet en considérant que le niveau moyen à la mer va augmenter en fin d'horizon temporel.

Il est donc recommandé dans le cadre de l'analyse des incertitudes, d'évaluer les dommages pour le scénario de référence et pour le scénario d'aménagement en tenant compte de l'élévation du niveau moyen de la mer recommandé par l'ONERC³⁶.

Les indicateurs synthétiques pourront alors être testés en intégrant l'élévation du niveau moyen de la mer dans l'évaluation des dommages évités, à partir de l'horizon temporel 30 ans et 40 ans, et comparés aux résultats des indicateurs synthétiques qui ne tiennent pas compte de cette élévation due au changement climatique.

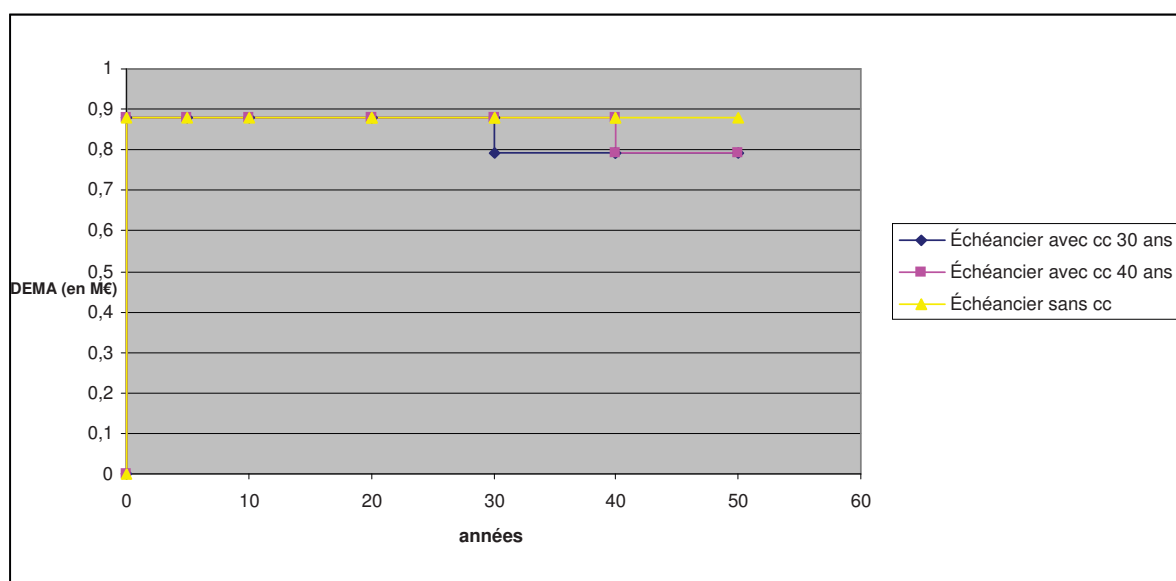
Exemple : si un projet est mis en place en 2020, l'élévation du niveau moyen à la mer attendu en 2070 (c'est-à-dire au bout de l'horizon temporel de 50 ans) est de 30 cm. Une évaluation des dommages sera réalisée pour le scénario de référence et pour le scénario aménagé et ce pour les différents scénarios d'aléas étudiés en tenant compte de cette élévation afin de calculer les bénéfices du projet avec l'élévation du niveau moyen à la mer.

La figure 6 illustre la répartition annuelle des bénéfices en fonction de l'année à partir de laquelle on intègre dans l'analyse l'élévation du niveau moyen à la mer.

³⁵ Pour plus de précisions sur les méthodes de cartographie des submersions marines voir Annexes Techniques.

³⁶ Des recommandations sont données dans les Annexes Techniques partie 5.

Figure 7 : Echancier des bénéfices en fonction de l'élévation du niveau moyen à la mer
Source : CGDD



Les indicateurs synthétiques pourront donc être estimés en tenant compte de ces échéanciers afin d'évaluer l'impact du changement climatique sur les résultats de l'AMC.

Dans le cas précédent, la VAN avec l'élévation du niveau moyen à la mer à partir de la trentième année est de 17,5 M€ tandis que la VAN sans tenir compte du changement climatique est de 18,2 M€.

Comparaison des VAN du projet en considérant le changement climatique ou non. Source : CGDD

VANcc (30ans)	17,5
VANcc (40ans)	17,88
VAN	18,2

1.7 SPÉCIFICITÉS LIÉES À LA CARACTÉRISATION DES PHÉNOMÈNES À CARACTÈRE TORRENTIEL (TRAVAUX EN COURS)

La caractérisation des phénomènes torrentiels est difficile du fait de la complexité et de la diversité de ces phénomènes. La physique détaillée des phénomènes torrentiels est moins bien connue que celle des crues de plaines étudiées depuis plusieurs siècles. Des verrous importants demeurent pour atteindre le même niveau de précision que celui de la caractérisation des crues de plaines.

Les différents phénomènes « torrentiels » ou à caractère torrentiel

Dans la langue française, de nombreux phénomènes sont qualifiés de « torrentiels » : les crues de torrents de montagnes, les crues éclairs et cévenoles en particulier, les crues de rivières torrentielles, les écoulements engendrés par une rupture de barrage/digue... . Tous ces phénomènes n'ont cependant pas les mêmes caractéristiques. D'un événement à l'autre, l'endommagement pourra se manifester de manière relativement différente induisant des dommages spécifiques.

La cause principale du développement d'un écoulement torrentiel reste la pente due au relief. Elle donne au cours d'eau son énergie, lui permettant de mobiliser des volumes solides importants par érosion, creusement du lit, des berges. Les dépôts de ces volumes solides transportés ainsi que l'érosion engendrée par le cours d'eau sont les principales causes d'endommagement des enjeux. La capacité d'un torrent à transporter des volumes solides définira son niveau de torrentialité (ou caractère torrentiel) et justifiera l'utilisation des fonctions de dommages spécifiques. De même, les modèles hydrauliques classiques (conçus pour des écoulements d'eau claire) ne fonctionneront pas dans des contextes de fort transport solide : une attention particulière doit ainsi être portée à la pertinence des outils susceptibles d'être utilisés lors de l'analyse des résultats.

Des travaux sont en cours pour apporter prochainement des précisions sur les types de phénomènes à retenir dans la catégorie « torrentiel » de l'analyse multicritère en prenant en compte l'état du niveau de connaissances disponibles.

Les spécificités de la caractérisation des phénomènes torrentiels

Plusieurs paramètres des phénomènes torrentiels sont à l'origine des dommages³⁷ :

- Plus que l'eau elle-même, le transport solide (blocs, sédiments...) est le principal moteur de l'endommagement. Des typologies de transport solide peuvent être construites en fonction de la densité et de la granulométrie (taille) des sédiments : charriage, lave torrentielle, flottants... . Le transport solide provoque des dommages soit par impact (blocs, flottants), soit par engravement/dépôt (sédiments), soit par affouillement : l'érosion d'une fondation d'un ouvrage/d'une infrastructure entraîne, en effet, la suppression des appuis et conduit généralement rapidement à la ruine. Les phases de dépôt et d'érosion peuvent d'ailleurs se succéder en un même point au cours d'une crue. Un bâtiment engravé en fin de crue peut ainsi avoir été détruit par affouillement momentané lors de l'évènement ;
- Les conditions d'écoulement liquide et du transport solide pour un évènement de même période de retour (probabilité de changement de lit d'un cours d'eau) peuvent être extrêmement variables :
 - le transport de flottants peut, par exemple, provoquer des embâcles et des scénarios d'écoulements liquides différents pourront alors être constatés pour une même période de retour ;

³⁷

Piton. G. et al. (à paraître). *Analyse comparative des méthodes dites « multicritère » dans le contexte torrentiel. Rapport de phase 1 : Caractérisation des phénomènes torrentiels*. Rapport IRSTEA.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

- les événements étant potentiellement morphogènes (modifiant la géométrie du cours d'eau), les écoulements liquides et le transport solide varieront en fonction à la fois du stock de sédiments disponibles et de la morphologie du territoire au moment de l'événement.
- L'érosion (latérale) des berges est un phénomène important lié à ce type de crue torrentielle. Il a un double effet : il alimente directement le transport solide et il provoque l'affouillement qui est la menace la plus importante pour les bâtiments et les infrastructures.

Figure 8 : Exemples de dommages générés par des phénomènes torrentiels

Source : Tacnet et al. 2016 in www.set-revue.fr/gestion-patrimoniale-des-infrastructures



Un guide d'élaboration des Plans de prévention des risques d'inondation torrentielle (dits « PPR torrents ») est en cours de rédaction. Il décrira en détail ces phénomènes dits torrentiels. Les préconisations pour l'analyse multicritère s'appuieront sur celles du guide sus-mentionné. Dans l'attente, il est recommandé de se rapprocher des experts de l'AMC afin de procéder au mieux à la caractérisation de ces aléas (experts.amc@developpement-durable.gouv.fr).

2 « Boîte à outils Dommages » : comment évaluer les dommages liés à une inondation ?

2.1 CONSTRUCTION DES INDICATEURS MONÉTAIRES : ÉVALUATION DES DOMMAGES MONÉTAIRES

2.1.1 Les outils de l'évaluation monétaire : les fonctions de dommages

Notion de fonction de dommages

Une fonction de dommages est une fonction définie pour un enjeu (logement, entreprise, établissement public...), 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. Néanmoins, les fonctions de dommages peuvent dépendre d'autres paramètres comme la saison d'occurrence, la durée de submersion, la vitesse des écoulements, la cinétique de l'inondation (rapide ou lente).

Grandes catégories de fonctions de dommages

Le présent guide fournit les fonctions de dommages directs moyennes nationales pour les quatre catégories d'enjeux suivantes : les logements, les entreprises, les activités agricoles et les établissements publics. Il fournit une fonction de dommages indirects moyenne nationale pour les réseaux de transport routier.

Principe de construction des fonctions de dommages directs

Pour l'évaluation des dommages directs et pour chaque catégorie d'enjeux, les fonctions de dommages sont construites à partir de la même méthodologie et des mêmes hypothèses. La Figure 9 détaille la méthode d'élaboration dite « à dires d'expert » ou « *a priori* » des fonctions de dommages pour la catégorie d'enjeux « logements ».

Figure 9 : Méthode générale d'élaboration des fonctions de dommages, exemple du logement
Source : CGDD, d'après CEPRI

1. Construction d'une typologie de logements	Cette étape vise à définir les critères susceptibles de faire varier significativement les dommages aux logements et d'en tirer une typologie de logements qui servira de support à l'élaboration des courbes de dommages. Ces critères sont : la surface, la présence d'un sous-sol, le nombre de pièces...).
2. Construction de maquettes de logements	Cette seconde étape vise à « matérialiser » la typologie identifiée en créant des maquettes de logements. Ces maquettes sont construites afin d'être représentatives, à l'échelle nationale, du parc de logements.
3. Détermination des dommages des composantes élémentaires d'un logement	Cette troisième étape consiste à déterminer tous les paramètres du calcul des dommages. Il s'agit en particulier de déterminer pour chaque composante : – les probabilités de dommages, – les valeurs monétaires de ces dommages. Cette étape permet de construire des fonctions de dommages élémentaires (pour chaque composante d'un logement).
4. Construction des fonctions de dommages par maquette	Cette étape permet, à partir du croisement des étapes 2 et 3, de construire des fonctions de dommages pour chaque maquette de logement.
5. Adaptation des fonctions de dommages	Cette étape consiste à rendre les fonctions de dommages par maquette opérationnelles. Afin d'être plus facilement manipulables, elles sont adaptées en fonction des bases de données disponibles pour le recensement des enjeux. Basés sur des maquettes représentatives à l'échelle nationale, ces outils sont donc des fonctions de dommages « moyennes », « nationales ».

Fonctions de dommages moyennes nationales et fonctions territorialisées

La démarche de construction des fonctions de dommages moyennes nationales a conduit à opérer des choix aux différentes étapes de leur élaboration :

- le choix des maquettes de logement représentatives à l'échelle nationale (étape 2). Ces maquettes peuvent parfois être inadaptées au territoire d'étude, du fait de spécificités locales. Ces spécificités peuvent être architecturales (organisation du bâtiment, choix des matériaux), liées au niveau de vie (concernant le mobilier), liées aux conditions climatiques locales (cultures agricoles),...
- le choix des bases de données sélectionnées pour opérationnaliser les fonctions de dommages (étape 5). Les bases de données sélectionnées sont généralement des bases de données nationales (BD SIRENE, RPG, ...). Elles ont l'avantage d'être facilement accessibles et de couvrir la France entière. Il est néanmoins possible que le territoire dispose de bases de données plus précises sur les enjeux. Les fonctions de dommages moyennes nationales, de par leur conception, ne permettent néanmoins pas d'exploiter directement ces bases de données, plus précises et plus adaptées au territoire.

La construction de ces fonctions de dommages repose sur un certain nombre de paramètres d'entrée qui peuvent être modifiés. Le porteur de projet a donc la possibilité de réexploiter la méthodologie d'élaboration des fonctions de dommages afin de disposer de fonctions plus adaptées à son territoire.

Cette « territorialisation » des fonctions de dommages peut se faire de plusieurs manières :

- par la création de nouvelles maquettes, représentatives du territoire (un outil développé par l'IRSTEA peut y aider) ;
- par la modification des paramètres liés aux valeurs monétaires, (pour intégrer une éventuelle spécificité locale de certains prix de marché) ;
- par un travail d'adaptation des fonctions de dommages aux bases de données locales permettant le recensement des enjeux.

L'adaptation des fonctions de dommages nationales représente un travail conséquent. Il nécessite de prendre connaissance de façon détaillée du contenu des différents guides techniques mentionnés dans la partie 4 §2.1.4, §2.1.5 et §2.1.6.

Dans tous les cas, il est recommandé de contacter les experts de l'AMC en amont de la réalisation de l'AMC inondation (experts.amc@developpement-durable.gouv.fr).

Les experts de l'AMC peuvent, dans certains cas, apporter un appui technique en particulier lorsque les travaux réalisés sont susceptibles de contribuer à l'amélioration des fonctions de dommages nationales de référence.

Niveau de précision des fonctions de dommages

Les fonctions de dommages reposent toutes sur le paramètre d'aléa « hauteur d'eau ». Cette variable est appréciée par pas de 10 cm.

Les paramètres « durée de submersion » et « vitesse du courant », lorsqu'ils influencent notablement les dommages, sont considérés au travers d'un ou plusieurs seuils en fonction des enjeux considérés.

Le paramètre lié à la cinétique de l'inondation sera apprécié qualitativement d'après les connaissances tirées de retours d'expériences locaux (crue rapide/crue lente).

Principe de construction de la fonction de dommages indirects aux réseaux routiers

Les inondations créent des dommages indirects dus aux coupures et aux ralentissements des réseaux de transport notamment des réseaux routiers. Ces coupures ou ces ralentissements provoquent des retards et donc de la perte de bien-être. La fonction de dommages proposée estime le dommage lié aux pertes de temps associées à ces retards.

La fonction de dommages indirects aux réseaux de transports s'appuie sur des valeurs de référence du coût du temps perdu³⁸ et la définition d'itinéraires de diversion en fonction des tronçons de voiries coupés.

2.1.2 Quid des données de sinistralité dans l'évaluation des dommages monétaires ?

Dans le cas de territoires qui ont été récemment sinistrés par une inondation, il peut être tentant de faire reposer l'évaluation monétaire des dommages sur le montant des indemnités issues des rapports d'assurance collectés sur les communes touchées.

Cette méthode n'est pas recommandée, en particulier pour les raisons suivantes :

- absence de la donnée d'aléa dans les dossiers,
- difficulté à évaluer la représentativité des dossiers d'assurance étudiés,
- écarts entre coûts indemnisés et coûts économiques (au sens de la théorie économique)³⁹.

Les dossiers sinistres spécifient très rarement l'intensité de l'aléa auquel un bien a été exposé. Lorsque cette intensité a été relevée, l'incertitude est très importante : la hauteur d'eau est-elle donnée à l'intérieur des enjeux, par rapport au plancher ou par rapport à la topographie ? Est-elle

³⁸ Ces valeurs de référence sont issues du rapport de la mission Quinet de France Stratégie, i.e Commissariat Général à la Stratégie et au Plan (CGSP, 2013).

³⁹ Pour plus de détails, sur les problèmes des limites liées à l'utilisation des données d'assurance pour l'évaluation économique des dommages voir André, C (2013). Analyse des dommages liés aux submersions marines et évaluation des coûts induits aux habitations à partir des données d'assurance. Perspectives apportées par les tempêtes Johanna (2008) et Xynthia (2010). Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale.

mesurée précisément ou simplement déclarative ? Les biens nécessitent en effet d'être géolocalisés à l'adresse afin de pouvoir croiser les données de sinistralité avec une modélisation précise de l'aléa. Celle-ci est généralement nécessaire afin d'apporter l'information manquante sur l'intensité de l'événement au droit de l'enjeu. Cette donnée n'est pas toujours disponible dans les dossiers sinistres.

La représentativité des dossiers d'assurance sélectionnés pose aussi des difficultés. Les dossiers doivent être suffisamment nombreux par classe d'intensité de l'aléa afin que la moyenne déduite des montants d'assurance soit significative. Par ailleurs, les biens ayant subi des dommages peu importants ne sont pas comptabilisés ; en effet, seuls les dommages indemnisés sont pris en compte ce qui exclut les dommages dont les coûts restent inférieurs à la franchise. Les coûts des dommages pour les faibles hauteurs d'eau risquent donc par construction d'être minorés.

Enfin, les coûts indemnisés présentent plusieurs autres limites :

- ils correspondent généralement à des coûts de réparation donnés TTC. Or, dans le cas des évaluations économiques, les taxes correspondent à des transferts entre acteurs et non à une perte économique nette (et donc à un coût – voir à ce sujet partie 4 §2.1.8) ;
- ils correspondent généralement à des valeurs de remplacement à neuf. Or les dommages doivent être calculés en valeur « vétusté déduite » : lorsque l'élément endommagé doit être remplacé, le coût économique du dommage correspond à la valeur à neuf dépréciée (en fonction du coefficient de vétusté).

La non prise en compte de la vétusté et l'intégration des taxes dans la valeur sont par conséquent des facteurs de surestimation des dommages économiques.

Le recours à des fonctions de dommages plutôt qu'à des données de sinistralité reste donc fortement recommandé.

2.1.3 Méthode d'utilisation des fonctions de dommages

Recensement des enjeux

Le recensement et la description des enjeux touchés dépendent des fonctions de dommages qui sont retenues. Dans le présent document, les méthodes de recensement des enjeux proposées sont donc exposées en même temps que les fonctions de dommage préconisées (cf. partie 4 §2.1.4, §2.1.5 et §2.1.6).

Application des fonctions de dommages

Des fonctions de dommages moyennes nationales sont proposées dans le présent guide. Il est recommandé d'utiliser, en priorité, ces fonctions de dommages.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Comme indiqué partie 4 §2.1.1., l'adaptation des fonctions de dommages nationales représente un travail conséquent. Avant toute adaptation, il est fortement recommandé de prendre contact avec les experts de l'AMC (experts.amc@developpement-durable.gouv.fr).

Deux principes de base doivent guider le choix entre l'utilisation de fonctions de dommages moyennes nationales et l'utilisation de fonctions de dommages territorialisées :

- le principe de proportionnalité : la complexité des études doit être proportionnée à l'enjeu que représente le projet (son envergure géographique, son contexte politique, son coût...) ;
- le principe de progressivité : en fonction du stade d'élaboration du projet (études d'opportunité ou études détaillées), le niveau de précision des fonctions de dommages pourra être de plus en plus grand.

Liens entre fonctions de dommages et modèle hydraulique

La variable « hauteur d'eau » est traitée dans les fonctions de dommages avec un pas de 10 cm : les fonctions sont donc caractérisées par des seuils de dommages tous les 10 cm.

Si le modèle hydraulique donne en sortie des classes de hauteur d'eau qui ne sont pas de 10 cm, les fonctions de dommages devront être ajustées. Par exemple, si le modèle donne, en sortie, des classes de 50 cm, les dommages des courbes de dommages moyennes nationales devront être moyennés par classe de 50 cm.

Actualisation des fonctions de dommages

Afin de pouvoir traiter les différents indicateurs de dommages monétaires de façon comparable, il est nécessaire que les dommages soient exprimés en euros de la même année. Il est recommandé de les exprimer en euros de l'année en cours.

Les fonctions de dommages nationales proposées sont, dans la mesure du possible, en euros de l'année en cours. L'actualisation est réalisée sur la base :

- soit de l'indice des prix à la consommation de l'INSEE⁴⁰ ;
- soit d'un indice des coûts de la construction (FFB ou INSEE).

⁴⁰

http://www.insee.fr/fr/indicateurs/ind_cons/guide_15lacture_tableaux_téléchargeables.pdf

2.1.4 Fonctions de dommages aux enjeux pour les inondations de plaines

2.1.4.1 Fonctions de dommages aux logements

Caractérisation des logements

Deux types de fonctions de dommages aux logements sont proposés : des fonctions de dommages au bâti (immobilier) et des fonctions de dommages au mobilier.

Le guide propose des fonctions de dommages au bâti pour les catégories de logements suivantes :

- logement individuel sans étage,
- logement individuel avec étage,
- logement collectif.

Il propose aussi des fonctions de dommages à appliquer séparément pour les sous-sols :

- sous-sol individuel,
- sous-sol d'un immeuble (cave et garage).

Les fonctions de dommages au mobilier concernent les catégories suivantes :

- mobilier d'un logement individuel sans étage,
- mobilier d'un logement individuel avec étage,
- mobilier d'un logement en collectif.

Les sous-sols modélisés ne sont pas meublés dans la mesure où il s'avère difficile d'évaluer un contenu « standard » pour les caves et les garages.

Ces fonctions de dommages sont présentées soit à l'entité de bien, soit en surfacique. L'utilisateur peut choisir le format de courbe qui lui convient le mieux, en fonction de la taille de son territoire et des moyens de recensement des enjeux dont il dispose.

Fonctions de dommages à l'entité de biens

Ces fonctions s'appliquent pour chaque logement recensé et nécessitent donc obligatoirement un décompte des logements sur le territoire étudié. Elles sont exprimées en euros 2016.

L'application de ces fonctions nécessite de caractériser chaque logement en fonction des critères suivants : logement individuel ou collectif (critère 1), présence ou non d'un étage pour le logement individuel (critère 2), présence ou non d'un sous-sol pour le logement (critère 3), la hauteur du plancher du rez-de-chaussée (critère 4).

Diverses méthodes de recueil des critères (1), (2), (3) et (4) peuvent être appliquées. Une de ces méthodes est présentée ci-après : voir encadré 4.

ENCADRE 4. Supports et données préalables nécessaires

BD TOPO ; ORTHOPHOTO. À l'échelle de la zone d'inondation maximale.

Étape 1 : Identification des bâtiments d'habitation

Un tri dans la BD TOPO est effectué afin d'éliminer tous les bâtiments n'étant pas des habitations. On écarte ainsi le bâti dont la superficie est inférieure à 30 m² au sol (seuil arbitraire). En effet, on considère que cette surface est trop petite pour des bâtiments à usage d'habitation.

Étape 2 : Distinction du bâti en collectif / de l'individuel (critère 1)

On considère que le bâti individuel a une superficie inférieure à 180 m² (seuil arbitraire). Au-delà, il s'agit de bâti collectif. Cette méthode permet une première sélection qui reste néanmoins grossière. Avec cette méthode, l'habitat mitoyen peut être estimé comme étant de l'habitat collectif. Aussi, il est conseillé d'affiner cette analyse par un travail de photo-interprétation ou d'enquête terrain. Ce travail permet de corriger les premiers résultats obtenus par l'utilisation de la BD TOPO.

L'exercice de photo-interprétation permet également d'éliminer les garages et les installations agricoles des bâtiments d'habitation.

Étape 3 : Dénombrement des logements individuels (maisons individuelles et individuel mitoyen)

Les maisons individuelles comportent un unique logement. Le dénombrement des logements en habitat mitoyen passe tout d'abord par un travail de photo-interprétation, au cas par cas puis de vérification sur le terrain.

Étape 4 : Dénombrement des logements dans l'habitat collectif

Une visite du terrain. Il s'agit de parcourir intégralement la zone d'étude. On relève les paramètres suivants pour chaque habitat individuel isolé, par lot d'habitat individuel mitoyen et enfin par polygone de la BD TOPO pour l'habitat collectif :

- le nombre total de logements collectifs. Elle s'effectue par comptage des boîtes aux lettres ;
- le nombre d'étages moyen. Elle s'effectue à partir des données de hauteur du bâtiment (présente sur la BD TOPO) et du nombre de logements en rez-de-chaussée (c'est-à-dire le nombre de logements collectifs exposés directement).

Étape 5 : Identification des critères (2), (3) et (4)

- évaluation du nombre d'étages, à travers la visite de terrain ;
- estimation de la présence de sous-sol (idem que pour le critère précédent⁴¹) ;
- estimation de la hauteur du plancher du rez-de-chaussée, à travers la visite de terrain en comptant le nombre de marches des bâtiments ou par lot de bâtiments. La hauteur d'une marche est d'environ 16 cm (observation terrain et normes d'accessibilité pour les équipements publics).

⁴¹

La base de données des fichiers fonciers de la DGFiP donne le nombre de niveau d'un local ainsi que la présence ou

Fonctions de dommages surfaciques

Afin d'être plus facilement exploitables sur les territoires très vastes, les fonctions de dommages à l'entité de bien ont été transformées en fonction de dommages surfaciques (en euros 2016 par m²). Ces fonctions sont à croiser avec la surface au sol habitable. À défaut de disposer de cette surface au sol habitable, l'emprise au sol de la BD TOPO pourra être utilisée après exclusion des surfaces de garages. Il faut aussi retrancher de la surface obtenue par la BD TOPO les surfaces occupées par les murs et les débordements des toits, soit 25 % de la surface.

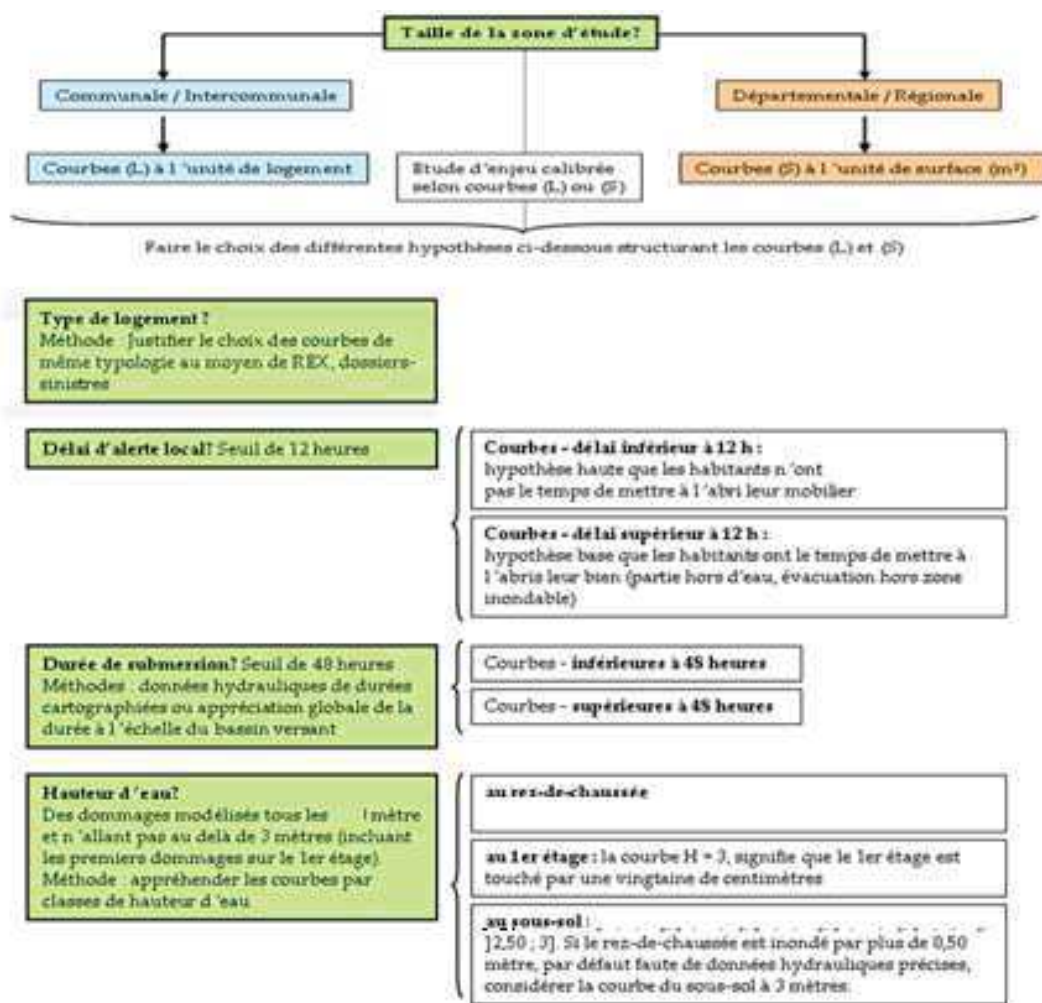
L'ensemble des fonctions de dommages aux logements est donné dans les Annexes techniques, partie 2. Un tableur contenant les données à mobiliser est par ailleurs téléchargeable : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/levaluation-economique-des-projets-gestion-des-risques-naturels>

Mode d'emploi des fonctions et paramètres hydrauliques nécessaires

Le mode d'emploi et les paramètres hydrauliques nécessaires sont récapitulés dans la figure 10 ci-dessous.

non d'un sous-sol. L'exploitation de cette base de données pour l'utilisation dans l'AMC fait l'objet d'une note méthodologique du CEREMA (CEREMA, 2017).

Figure 10 : Mode d'emploi des fonctions de dommages aux logements
Source : CEPRI



À noter : les dommages physiques ont été évalués par seuil de 50 cm. Les dommages correspondants aux points intermédiaires des fonctions de dommages ont été construits par interpolation linéaire tous les 10 cm et ont été soumis à l'appréciation des experts d'assurances qui les ont jugés réalistes.

L'utilisation de la courbe de dommages liée au mobilier ne nécessite pas forcément des investigations complémentaires. Il est possible d'encadrer les résultats des dommages aux logements en les calculant avec ou sans le mobilier. Cependant pour une crue lente, en présence d'un étage et avec des hauteurs de moins de 2,5 m, on supposera que le mobilier est déplacé au premier étage et donc protégé des inondations.

Un travail complémentaire est en cours sur les logements, visant à proposer aux utilisateurs un catalogue plus important de fonctions de dommages aux logements à partir d'un plus grand nombre de maquettes.

Guide technique de référence

L'ensemble des travaux d'évaluation des dommages aux logements est compilé dans un guide technique dont les références sont les suivantes : *CEPRI, (2013). Évaluation des dommages liés aux inondations sur les logements.*

Le guide détaille la méthode de construction des maquettes et des fonctions ainsi que les hypothèses sur lesquelles le travail repose.

2.1.4.2 Fonctions de dommages aux activités agricoles

Caractérisation de l'activité agricole

L'activité agricole est schématiquement représentée par le bâti, le matériel et les stocks agricoles, le bétail et les cultures.

Fonctions de dommages au bâti, au matériel et aux stocks agricoles

Le guide ne présente pas de fonctions de dommages opérationnelles pour évaluer le coût d'une inondation sur le bâti, le matériel et les stocks d'une activité agricole. La difficulté réside, en effet, dans la constitution d'une typologie pour les bâtiments agricoles, et dans l'identification, la quantification et la localisation du matériel et des stocks dans et en dehors des bâtiments.

Lorsque ces enjeux semblent être importants sur le territoire, il est recommandé :

- soit de s'appuyer sur les travaux antérieurs : les courbes AScA du Rhône développées pour les sièges d'exploitation (données en k€ par ha) ;
- soit de produire des montants de dommages sur la base des éléments d'endommagement qualitatifs et quantitatifs fournis dans le guide technique de l'IRSTEA (cf. annexes C-6, C-7 et C-8 du rapport IRSTEA)⁴².

Fonctions de dommages au bétail

Les dommages au bétail n'ont pas pu, elles non plus, être traduits en fonctions opérationnelles. Les pratiques des agriculteurs concernant l'évacuation du bétail n'ont en effet pas pu être formalisées.

⁴² Agenais, A.L et al., (2013) Dommages au secteur agricole. Guide méthodologique et fonctions nationales. Rapport de l'IRSTEA.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Dans le cas où ces enjeux semblent significatifs, il est proposé :

- soit de s'appuyer sur les travaux antérieurs (courbes de la Loire moyenne pour l'élevage en kF1999 par tête de bétail (à actualiser)) ;
- soit de reconstituer des montants de dommages sur la base des travaux récents menés et compilés dans le guide technique de l'IRSTEA⁴³ (annexe C-9). Des fonctions de pertes d'animaux sont en effet proposées dans la situation d'un bétail en enclos (animaux d'élevage) et permettent, par croisement avec des coûts moyens par tête de bétail, d'estimer des montants de dommages. À noter que ces dommages constituent une borne maximale car caractérisent une situation sans évacuation du bétail.

Fonctions de dommages aux cultures

Les fonctions de dommages proposées sont surfaciques. Les dommages sont donnés en euros 2016 par ha. 14 catégories de cultures sont caractérisées :

- blé tendre,
- maïs grain et ensilage,
- orge,
- autres céréales,
- colza,
- tournesol,
- autres oléagineux,
- autres cultures industrielles,
- fourrage,
- prairies permanentes,
- prairies temporaires,
- arboriculture et vergers,
- vignes,
- légumes- fleurs.

L'ensemble de ces fonctions de dommages aux cultures est donné dans les Annexes Techniques, partie 2. Un tableur contenant les données à mobiliser est par ailleurs téléchargeable : <https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/levaluation-economique-des-projets-gestion-des-risques-naturels>.

Ces fonctions « moyennées » sont conçues pour être croisées avec les surfaces culturelles données dans le Registre Parcellaire Graphique (RPG)⁴⁴. Le RPG est un système d'information géographique permettant l'identification des parcelles agricoles en France. Il est mis à jour chaque année avec les dossiers de déclaration de surfaces adressés par les agriculteurs à l'administration. Il est important de noter que le RPG n'est pas exhaustif en termes d'occupation du sol. En effet, seuls les agriculteurs bénéficiant d'aides agricoles déclarent leurs parcelles. Lors de l'utilisation de cette base de données pour l'occupation du sol agricole dans des régions où les cultures non aidées occupent une place

⁴³ Ibib.

⁴⁴ Elles peuvent cependant être utilisées avec une autre base SIG si la typologie convient.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

importante (notamment la vigne), des précautions doivent être prises afin de s'assurer qu'un taux de couverture satisfaisant est obtenu avec le RPG. Pour cela, des experts des chambres d'agriculture peuvent être consultés.

Ces 14 fonctions de dommages ne couvrent pas toutes les catégories du RPG. Pour les catégories non couvertes, les recommandations sont les suivantes (Tableau 7).

Tableau 7 : Recommandations pour les catégories du RPG non couvertes par une fonction de dommages. Source : CGDD d'après IRSTEA

Autres catégories du RPG	Recommandations	Données agronomiques à fournir auprès d'IRSTEA (si nécessaire)
Autres Gels Estives-Landes	Ces surfaces sont a priori très peu sensibles aux inondations, des dommages nuls peuvent donc leur être associés	
Pas d'information Divers	Sans autre précision sur l'occupation de ces surfaces, les dommages peuvent être estimés en appliquant une fonction de dommages correspondant à la moyenne pondérée par les surfaces des fonctions des autres catégories du RPG disposant d'une courbe dédiée.	
Riz	Il est recommandé de contacter le GT AMC inondation en fournissant les données agronomiques appropriées afin de construire des fonctions de dommages adaptées	calendrier, rendement, prix de vente et charges pour la culture du riz
Semences		calendrier, rendement, prix de vente et charges pour les cultures de semences
Fruits à coque		calendrier, rendement, prix de vente et charges pour les cultures de fruits à coque
Oliviers		calendrier, rendement, prix de vente et charges pour les cultures d'oliviers
Protéagineux		calendrier, rendement, prix de vente et charges pour les cultures de protéagineux
Légumineuses à grain		calendrier, rendement, prix de vente et charges pour les cultures de légumineuses à grain
Plantes à fibres		calendrier, rendement, prix de vente et charges pour les cultures plantes à fibres

Point de vigilance

Ces fonctions sont des fonctions moyennes nationales, dans la mesure où la répartition des types de cultures dans chaque catégorie est basée sur des données nationales (par exemple, la catégorie « arboriculture » repose sur un certain pourcentage de pommiers, de cerisiers, etc., apprécié à

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

l'échelle nationale). Bien évidemment, cette valeur ne correspond pas forcément au pourcentage pertinent localement. Les données agro-économiques qui ont permis la construction de ces fonctions (prix de vente, charges, calendriers culturels, rendement...) correspondent aussi à des valeurs moyennes pour la France.

Les bureaux d'études le souhaitant ont la possibilité de produire des fonctions de dommages territorialisées. Ils doivent, pour cela, disposer de la typologie d'occupation du sol sur le territoire d'étude ainsi que des données agro-économiques locales. Ces données peuvent être introduites dans le modèle qui a produit les fonctions de dommages moyennes nationales. Tous les scripts et toutes les données de base nécessaires au calcul des fonctions de dommage sont disponibles sur demande auprès de l'IRSTEA (cf. Tableau 7) et sont accompagnés d'un guide simplifié pour la prise en main du modèle. Il est vivement conseillé, au préalable, de lire le guide technique de référence sur les dommages au secteur agricole.

Paramètres hydrauliques nécessaires à l'utilisation de ces fonctions

- la hauteur d'eau : les fonctions sont données par pas de 10 cm ce qui correspond au niveau de précision maximal des dommages ;
- la durée de submersion appréciée en fonction des classes suivantes, modifiable par le bureau d'études s'il le souhaite sur la base des informations complémentaires transmises par l'IRSTEA (script, données de base) ;

Tableau 8: Classes de durées de submersion considérées pour les fonctions de dommages aux cultures
Source : IRTSEA

Classe de durée	Min (jour)	Max (jour)
Courte	0	1
Moyenne	2	4
Longue	5	10
Très longue	11	20

- La vitesse du courant appréciée en fonction des classes suivantes

Tableau 9: Classes de vitesse de courant considérées pour les fonctions de dommages aux cultures
Source : IRTSEA

Niveau de courant	Description	Vitesse
Faible	Pas d'érosion du sol Pas d'arrachage de cultures lorsqu'elles sont déracinées Pas d'endommagement des équipements dans les parcelles	0 à 0.5 m.s ⁻¹
Moyen	Érosion superficielle du sol Arrachage des cultures annuelles Endommagement des équipements dans les parcelles	0.5 à 1 m.s ⁻¹
Fort	Érosion localement importante (ravines) Arrachage des cultures pérennes Endommagements des équipements dans les parcelles Eau chargée en moyens et gros débris	1 à 2 m.s ⁻¹

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

- La saison définie de la façon suivante (source : IRSTEA), modifiable par le bureau d'études dans les mêmes conditions que la durée de la submersion.

Tableau 10 : Périodes saisonnières considérées pour les fonctions de dommages aux cultures
Source : IRSTEA

Classe de durée	Début (semaine)	Fin (semaine)
Printemps	14	26
Eté	27	39
Automne	40	52
Hiver	1	13

Guide technique de référence

L'ensemble des travaux d'évaluation des dommages aux activités agricoles est compilé dans un guide technique qui détaille la méthode de construction des fonctions de dommages et les hypothèses sur lesquelles le travail repose : *Agenais, A.L. et al., (2013). Dommages au secteur agricole. Guide méthodologique et fonctions nationales. Rapport de l'IRSTEA.*

2.1.4.3 Fonctions de dommages aux activités économiques (hors secteur agricole)

Caractérisation de l'activité économique

L'établissement constitue le niveau le mieux adapté à une approche géographique des activités économiques dans le cadre de l'AMC inondation.

La base de données Sirene® (Système Informatique pour le Répertoire des Entreprises et de leurs Établissements) permet de recenser, géolocaliser et caractériser les établissements administrativement actifs exerçant une activité économique sur le territoire.

Pour chaque établissement, Sirene® fournit notamment :

- l'adresse de localisation,
- un code caractérisant son activité principale, appelé code APE (Activité Principale Exercée), correspondant au niveau 5 de la Nomenclature d'Activités Française (NAF Rév2, 2008) de l'INSEE,
- l'effectif salarié (par tranche).

Modélisation des dommages directs aux activités économiques

La construction des fonctions de dommages se base sur une typologie des activités assise sur la nomenclature d'activités française (NAF) de l'INSEE.

Les codes APE de la NAF (hors secteur agricole et établissements publics) ont dans un premier temps été regroupés en 20 catégories selon leur dynamique d'endommagement.

16 de ces catégories d'activités (en noir dans le

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Tableau 8) ont fait l'objet de fonctions d'endommagement, qui ont ensuite été extrapolées en fonctions de dommages pour chaque code APE s'y rattachant.

Trois catégories d'activités (en gris dans le Tableau 8) n'ont pas été dotées de fonctions de dommages pour les raisons suivantes :

- spécifique : cas des entreprises qui présentent des particularités très importantes (exemple : aéronautique, industrie extractive, industrie chimique...) ;
- foyers employeurs : l'endommagement est lié au logement, les dommages sont donc déjà évalués par les fonctions de dommages aux logements (cf. partie 4 §2.1.4.1) ;
- mobile : intègre les activités dont les équipements et les installations peuvent bouger (exemples : marchés, cirques...) et ne sont probablement pas localisés au siège social de l'établissement donné par Sirene®. Les dommages ne peuvent pas être anticipés *ex ante* car il est difficile d'en faire un recensement.

Les dommages relatifs aux catégories « Foyers employeurs » et « Mobile » ne doivent pas être intégrés aux dommages aux entreprises. Pour les établissements de la catégorie « Spécifique », une enquête est à effectuer notamment pour définir les éléments d'équipements jugés spécifiques à ce type d'établissement et leur vulnérabilité face à une inondation. Ces éléments pourront être transmis au groupe de travail AMC inondations qui pourra, selon les cas, s'en servir pour élaborer une fonction de dommages pour ces établissements.

La catégorie « Camping » fait, quant à elle, l'objet d'une méthodologie spécifique, compte tenu du type d'équipement (mobil-homes...), de leur diversité et de leur possible mobilité. Pour plus de détails, l'IRSTEA a produit une note précisant la méthode d'évaluation de ces dommages⁴⁵.

Ce guide fournit ainsi des fonctions de dommages pour « 577 » types d'activités caractérisées par leur code APE : tableau 11.

⁴⁵ Grelot, F, (2017). *Note méthodologique pour l'AMC inondation. Evaluation des dommages des campings liés aux inondations*

Tableau 11 : catégories d'établissements et nombre de codes NAF (APE) associés
Source : IRSTEA

Catégorie	APE	N5
1- Artisans alimentaires	8	8
2- Bureaux	52	44
3- Camping	1	1
4- Commerces alimentaires	11	11
5- Commerces d'équipement de la personne	24	24
6 – Commerces d'équipement du foyer	24	23
7- Construction	35	35
8- Foyers employeurs	3	0
9- Industries	255	252
10- Logistique	67	67
11- Mobile	4	4
12- Restauration – Hôtellerie	9	9
13- Services externalisés	12	12
14- Services financiers	14	0
15- Services médicaux	9	1
16- Services technologiques	33	33
17- Spécifique	27	19
18- Station service	1	1
19- Transport	15	12
20- Vente – réparation de véhicules	8	8
TOTAL	577	540

Les fonctions de dommages pourront être utilisées avec la BD Sirene® de l'INSEE.

Les dommages aux activités économiques sont, schématiquement, représentés par la somme des dommages subis par le bâtiment, les équipements et les stocks.

Les dommages indirects aux activités économiques – les pertes d'exploitation

À ce stade, les pertes d'exploitation ne sont pas intégrées aux fonctions de dommages proposées. En effet, ces types de dommages sont difficiles à modéliser d'un point de vue méthodologique pour trois raisons (cf. illustration 9) :

- ils peuvent correspondre à des transferts économiques à l'échelle nationale (cf. partie 4 - §2.1.8) ;
- ils dépendent de la période d'arrêt de fonctionnement des établissements ;

- certains établissements peuvent fonctionner en mode dégradé et ne jamais totalement arrêter leur activité bien qu'ils soient impactés par l'inondation ou reprendre une activité partielle avant la fin de l'impact ;
- ils peuvent être compensés dans le temps.

Ces différents éléments sont très délicats à évaluer. Il est donc recommandé de ne pas prendre en compte les pertes d'exploitation dans l'évaluation des dommages aux activités économiques.

ILLUSTRATION 9. Difficultés méthodologiques de l'évaluation des pertes économiques liées aux pertes d'exploitation des activités économiques

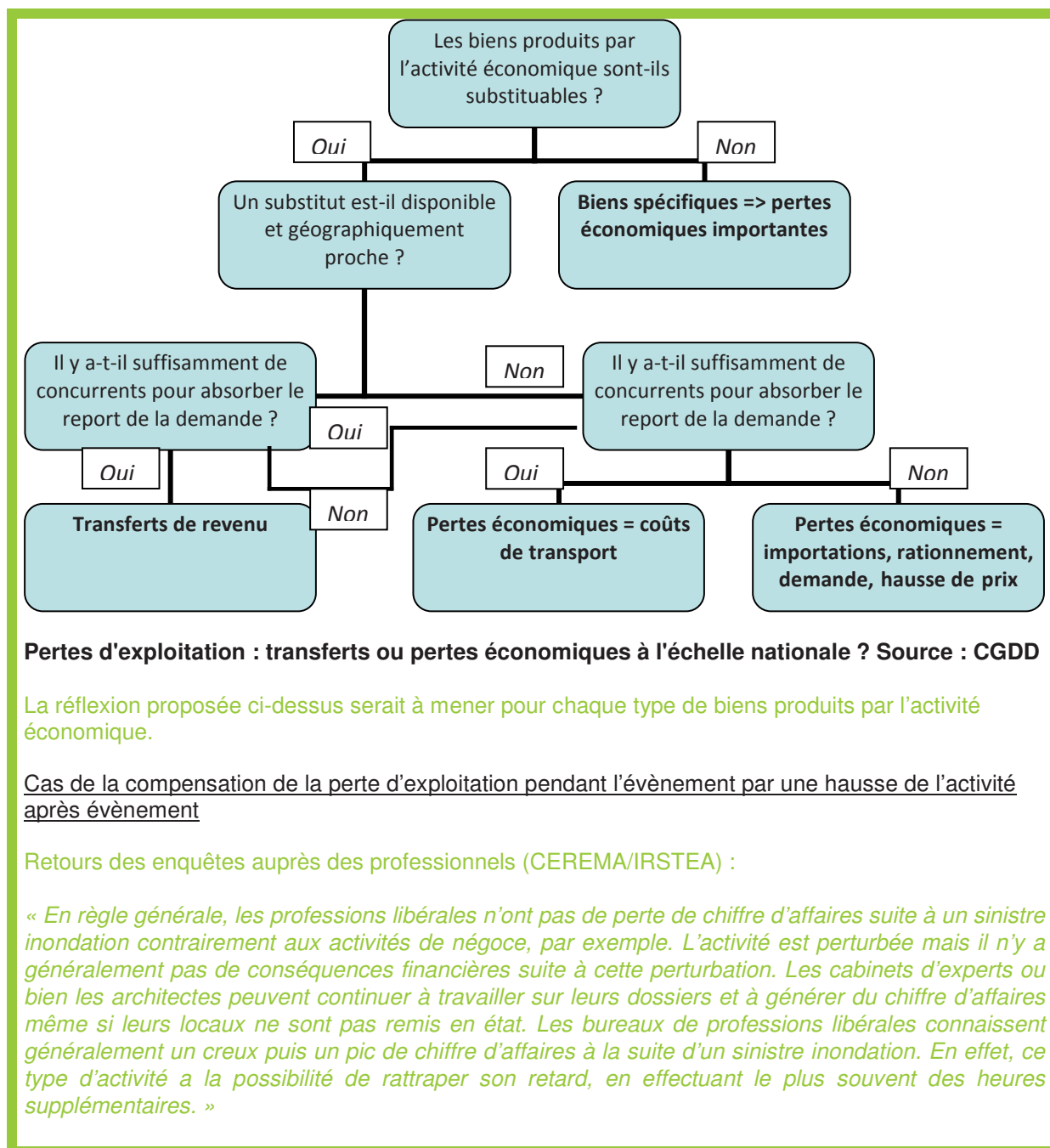
Transferts ou pertes économiques ?

Si une boulangerie est obligée d'interrompre son activité à cause d'une inondation, il est probable que la clientèle se reporte sur la boulangerie la plus proche. Les pertes économiques à l'échelle nationale sont donc probablement très faibles, voire nulles.

Si une activité économique de dimension nationale est obligée d'interrompre son activité à cause de l'inondation, cela peut entraîner des ruptures d'approvisionnement à l'échelle du territoire national voire au niveau international. Dans ce cas, les pertes économiques pourront être conséquentes au niveau national.

La figure ci-dessous illustre les questionnements permettant d'identifier si l'interruption de l'activité d'un établissement est susceptible de provoquer des pertes économiques au niveau national.

.../...



Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Description des fonctions de dommages

Pour chaque code APE traité, le guide propose :

- une fonction de dommages aux équipements et aux stocks par employé (equipment.stock.employe) qui correspond à la somme des dommages aux équipements et aux stocks par employé.
- une fonction de dommages surfaciques (par m²) pour le bâti (batiment.surface)
- une fonction de dommages totaux par employé (total.employe) qui correspond à la somme des dommages au bâtiment, aux équipements et aux stocks par employé.

L'ensemble des éléments décrits sont fournis dans les annexes techniques et sont téléchargeables sur la page internet de l'AMC inondation : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/evaluation-economique-des-projets-gestion-des-risques-naturels>.

Conditions d'utilisation des fonctions de dommages aux activités économiques (hors agriculture)

Il est recommandé d'utiliser la fonction de dommages « batiment.surface » pour la partie bâtie et la fonction de dommages « equipment.stock.employe » pour la partie mobilière.

Lorsque l'acquisition des données des surfaces des bâtiments est problématique, il est possible d'utiliser directement les fonctions de dommages « total.employe ».

- Les fonctions de dommages par employé

Les fonctions de dommages fournies en €/employés ont été conçues pour être utilisées avec la BD SIRENE® qui fournit une fourchette du nombre d'employés par établissement. L'effectif qu'il est recommandé d'utiliser pour calculer les dommages est fourni avec les fonctions de dommages (onglet « sirene.effectif » du fichier contenant les fonctions de dommages).

Les fonctions de dommages proposées dans ce guide ne sont pas applicables aux établissements susceptibles de subir un sinistre « important » (au-delà de 1,5 M€).

Pour identifier ces établissements à partir de Sirene®, un seuil d'effectif salarié au-delà duquel les dommages attendus sont potentiellement supérieurs à 1,5 M€ a été défini pour chaque code APE traité.

Pour les établissements dépassant ce seuil, il est préconisé de :

- vérifier le géo-référencement ;
- affecter l'établissement à un ou plusieurs bâtiments, préciser leur(s) surface(s) et repérer les étages ;
- répartir les salariés entre les différents bâtiments et étages.

Les seuils d'effectifs par code APE sont joints au fichier des fonctions de dommages (onglet « seuil.effectif »).

- Pour les fonctions de dommages surfaciques au bâtiment

Les fonctions de dommages au bâtiment sont fournies en €/m² pour chaque code APE. Pour leur utilisation, il est nécessaire de disposer de la surface du plancher du niveau principal de l'établissement (hors surfaces correspondant à l'épaisseur des murs et cloisons). Si cette surface est estimée par la BD TOPO ou équivalente, il est recommandé d'ôter **25 %** aux surfaces obtenues.

Paramètres hydrauliques nécessaires à l'application des fonctions de dommages

- la hauteur d'eau (en tenant compte de la hauteur de premier plancher des établissements) : par pas de 10cm ;
- la durée de submersion : inférieur ou supérieur à 48 h.

Guide technique de référence

L'ensemble des travaux d'évaluation des dommages aux activités économiques est compilé dans un guide technique de l'IRSTEA/Cerema « *Dommages des inondations aux activités économiques. Guide méthodologique et fonctions nationales* » (à venir).

Ce guide détaille la méthode de construction des fonctions, les hypothèses sur lesquelles le travail repose ainsi que des précisions sur les recommandations d'utilisation.

2.1.4.4 Fonctions de dommages aux établissements publics

Caractérisation des établissements publics

L'évaluation des dommages aux établissements dits « publics » permet d'évaluer un niveau de dommages aux établissements ayant une mission de service public. Ces établissements peuvent être publics ou privés. Ils seront nommés établissements publics dans la suite du guide.

18 catégories d'établissements publics ont été définies :

- infrastructures de production d'électricité,
- infrastructures de gestion d'eau potable,
- infrastructures de gestion des eaux usées,
- infrastructures de gestion des déchets,
- laboratoires de recherches,
- établissements de santé,
- hébergements sociaux,
- établissements scolaires,
- locaux associatifs,
- bibliothèques et archives,
- musées, salles de spectacles, lieux de cultes,
- jardins et parcs,
- administrations publiques/administrations de gestion des finances publiques,

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

- centres techniques municipaux,
- transports,
- bases militaires,
- gendarmeries et commissariats,
- établissements d'incendie et de secours.

Certains établissements inclus dans cette typologie n'assurent pas toujours une mission de service public. C'est le cas, par exemple, des laboratoires de recherche. Cependant, cette catégorisation a été retenue car elle permet d'utiliser la nomenclature d'activités française (NAF) sur l'ensemble du territoire français sans avoir à procéder à une analyse au cas par cas des activités.

NB : Les établissements publics ne doivent pas être confondus avec les établissements recevant du public (ERP). Les établissements recevant du public sont des bâtiments dans lesquels des personnes extérieures sont admises, et ce, quelles que soient les conditions d'accès (payant ou gratuit, libre, restreint ou sur invitation). Le nombre d'ERP sensibles et leur capacité d'accueil font partie des indicateurs d'enjeux non monétaires (cf. 5.2). Seuls certains établissements recevant un public sensible sont considérés comme des établissements publics. Par exemple : les hôpitaux sont des établissements publics et des ERP alors que les salles de cinéma sont des ERP mais ne sont pas considérés comme des établissements publics.

Les établissements publics ne doivent pas non plus être confondus avec le secteur public. Les missions de service public peuvent en effet être exercées par un acteur public (cas d'une activité exercée par une collectivité locale, par exemple) ou par un acteur privé (cas lorsque cette activité est confiée, par la collectivité locale, à une entreprise privée, dans le cas, par exemple, d'une délégation de service public).

ILLUSTRATION 10. Établissements privés et service public

La gestion des déchets municipaux est une compétence des collectivités territoriales. La gestion peut être exercée en régie ou externalisée à des entreprises privées. Quel que soit le mode de gestion choisi, la gestion des déchets municipaux est une activité qui entre dans le cadre d'une mission de service public.

Certains laboratoires de recherche sont des structures privées n'exerçant pas de mission de service public, alors que d'autres relèvent du secteur public et ont une mission de service public. Seul un recensement détaillé permettrait de distinguer ces deux types de laboratoires. Par souci de simplification, l'ensemble des laboratoires a été rattaché aux établissements publics.

Le tableur proposé dans les Annexes Techniques du guide et téléchargeable sur la page internet de l'AMC fournit les codes APE (Activité Principale Exercée) associés à des activités de service public⁴⁶.

⁴⁶

<https://www.ecologique-solaire.gouv.fr/evaluation-economique-des-projets-gestion-des-risques-naturels>.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Les dommages aux établissements privés exerçant, à titre d'activité principale des missions de service public, sont évalués en utilisant les fonctions de dommages recommandées dans cette partie.

Fonctions de dommages

Fonctions de dommages spécifiques aux établissements publics

Les fonctions de dommages spécifiques aux établissements publics proposées sont surfaciques (dommages en euros 2016 par m²). Des fonctions de dommages sont disponibles pour 10 catégories-types d'établissements :

- établissements scolaires,
- établissements d'incendie et de secours,
- hébergements sociaux,
- centres techniques municipaux,
- administrations publiques,
- gendarmeries et commissariats,
- établissements de santé,
- infrastructures de gestion d'eau potable (hors distribution) – en cours,
- infrastructures de gestion des eaux usées (hors collecte) – en cours,
- infrastructures de traitement des déchets – en cours.

L'ensemble de ces fonctions de dommages aux établissements publics est présenté dans les Annexes techniques, partie 2. Un tableau contenant les données à mobiliser est par ailleurs téléchargeable sur la page internet de l'AMC inondation⁴⁷.

Point de vigilance

Les fonctions proposées s'appuient sur les dommages estimés dans le cadre de diagnostics de vulnérabilité menés sur des établissements publics. Ces diagnostics ont permis d'appréhender les dommages à l'immobilier. Les dommages au mobilier ont été extrapolés à partir des dommages à l'immobilier sur la base des enseignements des travaux du CEREMA (DterMed). Ceux-ci concluent que le coût des dommages à l'immobilier est en moyenne équivalent au coût du dommage au mobilier⁴⁸. Les fonctions proposées représentent les dommages totaux (à l'immobilier et au mobilier).

Ces fonctions présentent des limites : elles découlent, d'une part, du manque de précision des diagnostics (certaines parties d'établissements non visitables ou non visitées, données non fournies au diagnostiqueur ou erronées...) et, d'autre part, au faible nombre de diagnostics réalisés (de 1 à 4 selon les catégories d'établissements).

⁴⁷ *Ibid.*

⁴⁸ Conclusion fondée sur l'analyse de 150 rapports d'expertise d'assurance, dans le Gard et dans les départements limitrophes, concernant des bâtiments sinistrés suite aux inondations de septembre 2002. D'après CEREMA DterMed (ie CETE-Méditerranée), 2005. *Vulnérabilité des habitations aux inondations : analyse des dossiers de sinistres suite aux inondations de septembre 2002 dans le Gard et les départements limitrophes.*

Par ailleurs, les diagnostics de vulnérabilité ont apporté une information sur les dommages par pas de 50 cm. Les points intermédiaires (10 cm) des fonctions de dommages ont été construits par interpolation linéaire.

Les fonctions de dommages aux centres médicaux ont été construites sur la base d'une étude des dommages aux composantes élémentaires d'un hôpital (bâti, équipements). Les stocks n'ont pas été intégrés car ils ont été jugés comme trop variables. C'est également le cas des équipements spécifiques notamment de l'imagerie médicale car l'endommagement est difficilement prévisible. Les fonctions de dommages ont été testées avec un cas réel d'inondation. La comparaison des dommages réels subis par l'hôpital test et des dommages évalués à l'aide des fonctions de dommages (hors stock et hors équipements d'imagerie médicale) montre que, sur ce cas, les fonctions de dommages construites sont relativement fiables.

Paramètres hydrauliques nécessaires à l'utilisation de ces fonctions

Les paramètres hydrauliques nécessaires à l'utilisation de ces fonctions sont :

- La hauteur d'eau (en tenant compte de la hauteur de premier plancher des établissements). Les fonctions sont données par pas de 10 cm ;
- La durée de submersion en fonction des classes suivantes : < 48 heures ou > 48 heures.

Recommandations pour les établissements publics qui ne disposent pas d'une fonction de dommages

En l'absence de courbes de dommages spécifiques pour toutes les catégories d'établissements publics, chaque établissement a été rattaché à une autre catégorie d'établissement public ou d'entreprise considérée comme proche. Enfin, certaines catégories d'établissements, en raison de leur nature particulière et de leurs spécificités, devraient être abordées à travers la réalisation de diagnostics individuels.

Les correspondances pour les établissements publics n'ayant pas encore fait l'objet de travaux spécifiques sont données dans les Annexes Techniques, partie 2. Un tableur est téléchargeable sur la page internet de l'AMC inondation⁴⁹.

Pour les établissements publics rattachés à des fonctions de dommages aux activités économiques (hors secteur agricole) les conditions d'application des fonctions sont celles décrites au paragraphe 2.1.4.3 de la partie 4.

À noter que des fonctions de dommages aux infrastructures de gestion des eaux usées, de l'eau potable et des déchets sont en cours de construction.

Référence des travaux

Les analyses des dommages aux établissements publics ont été menées par le CEPRI dans le cadre des travaux du groupe de travail national sur l'AMC des projets de protection contre les inondations.

⁴⁹

<https://www.ecologie-solaire.gouv.fr/evaluation-economique-des-projets-gestion-des-risques-naturels>.

Les fonctions de dommages aux infrastructures de gestion des eaux usées, de l'eau potable et des déchets sont en cours de développement par le CEREMA DterMed.

2.1.4.5 Fonctions de dommages indirects aux réseaux de transports routiers (indicateur M5)

Pourquoi des fonctions de dommages indirects aux réseaux de transports ?

Lorsque les réseaux de transport sont interrompus, les utilisateurs sont conduits à utiliser des itinéraires de substitution qui peuvent générer une perte de temps, et donc une perte de bien être, du fait d'un rallongement du parcours et/ou d'une réduction de la vitesse.

Les données requises pour évaluer la perte de temps induite par les inondations peuvent être difficiles à estimer et être source d'incertitudes.

Cette évaluation peut néanmoins s'avérer utile lorsque le projet concerne directement la protection d'une infrastructure routière ou lorsque le porteur de projet jugera que les bénéfices liés à la protection des réseaux ne sont pas négligeables.

Lien avec l'indicateur P5 : trafic journalier des réseaux de transport en zone inondable

L'indicateur P5 « trafic journalier des réseaux de transport en zone inondable », permet de donner des informations sur la vulnérabilité des réseaux en termes de trafic impacté. Les dommages indirects sont optionnels dans le cadre du cahier des charges PAPI. Seul l'indicateur P5 est obligatoire.

Cependant, dans les cas cités ci-dessus, il est intéressant d'intégrer les dommages indirects monétaires liés au réseau routier car ils peuvent justifier la mesure de protection contre les inondations mises en place.

Même si les coûts indirects aux réseaux routiers sont calculés (indicateur M5), l'indicateur P5 devra être calculé tel qu'indiqué dans les annexes techniques.

Quid des dommages directs aux réseaux de transports ?

L'occurrence d'un dommage sur une voirie dépend fortement de son état d'entretien ainsi que d'autres paramètres indépendants de l'aléa⁵⁰. Parallèlement, les paramètres de l'aléa générant le dommage sont peu connus. Or, leur connaissance est indispensable avant toute élaboration de fonctions de dommages.

Des travaux sont en cours au niveau national afin de déterminer les paramètres de l'aléa et des réseaux qui ont une influence sur les dommages.

⁵⁰ État et type du sol sur lequel les réseaux sont implantés, dimensionnement des ouvrages de réception des ruissellements...

Fonction de dommages

La fonction de dommages proposée est en euros 2016. Elle dépend du trafic sur les infrastructures touchées, des itinéraires de substitution possibles et des hauteurs d'eau seuil à partir desquelles les voiries sont impraticables. Son utilisation demande donc de définir, au préalable, des itinéraires de substitution en fonction des tronçons de routes inondées.

La méthode proposée est une méthode simplifiée qui ne requiert pas l'utilisation d'un modèle numérique de trafic avec origine-destination.

Les hypothèses associées à l'utilisation de cette fonction de dommage sont les suivantes :

- le choix du déplacement : les agents voyageant habituellement voyagent même en cas d'inondation ;
- le mode de déplacement : les agents choisissent le même mode de déplacement qu'il y ait ou non une inondation ;
- le moment de la journée : les agents voyagent au même moment de la journée qu'il y ait une inondation ou non ;
- l'affectation : tous les agents prennent les itinéraires définis par les autorités (notamment l'itinéraire de diversion) ;
- les congestions : les infrastructures ne sont pas considérées comme surchargées qu'il y ait une inondation ou non.
- une route est impraticable dès que la hauteur d'eau dépasse une hauteur d'eau seuil ou lorsque les voies d'accès sont submergées au-delà de la hauteur d'eau seuil. Ces hauteurs d'eau seuil sont comprises entre 10 cm et 30 cm et dépendent du type de voiries inondée.

Ces hypothèses sont sources d'incertitudes. C'est l'une des raisons qui conduit à limiter l'usage de la méthode aux cas où la protection de l'infrastructure fait l'objet du projet évalué ou au cas où les projets ont un impact jugé important sur la protection des infrastructures.

Le porteur de projet peut utiliser soit la méthode proposée ci-dessus soit un modèle de trafic. Dans ce dernier cas, les paramètres du modèle de trafic doivent être clairement explicités.

Paramètres hydrauliques nécessaires à l'utilisation de ces fonctions

Les paramètres hydrauliques nécessaires à l'utilisation de ces fonctions sont :

- la hauteur d'eau : en cm à croiser avec la hauteur d'eau seuil
- la durée pendant laquelle les routes sont impraticables (en heures).

2.1.5 Fonctions de dommages aux enjeux pour les submersions marines

2.1.5.1 Fonctions de dommages aux logements, aux établissements publics et aux entreprises

Des travaux complémentaires ont été menés pour évaluer dans quelle mesure les submersions marines peuvent causer des dommages plus importants que les inondations fluviales. Ces travaux ont montré l'existence d'écarts significatifs entre les montants de dommages causés par une submersion marine et ceux causés par des inondations en eau douce.

En effet, le caractère salin de l'eau d'une submersion marine implique des pratiques spécifiques des assureurs (remplacement systématique des éléments du second œuvre et des équipements fixes) qui augmentent sensiblement le montant des dommages indemnisés au bâti par rapport à des dommages en eau douce (pour lesquels cette précaution n'est pas prise).

Ces observations issues de travaux sur les habitations ont été prises en compte afin d'adapter les fonctions de dommages aux logements, aux entreprises et aux établissements publics. Ainsi, pour chacun de ces enjeux, les fonctions de dommages aux bâtis, présentées en 5.1.4.1, 5.1.4.3 et 5.1.4.4, ont été modifiées afin d'intégrer la pratique du remplacement systématique des éléments du second œuvre et des équipements fixes. Ces nouvelles fonctions, spécifiques aux submersions marines, sont présentées dans les Annexes techniques. Un tableur est également téléchargeable sur la page internet dédié à l'AMC inondation⁵¹. Concernant les dommages aux stocks et aux équipements pour les entreprises et les dommages aux mobiliers pour les logements, il est recommandé de s'appuyer sur les fonctions « inondations de plaine » présentées précédemment. De même, la méthode d'application des fonctions de dommages et l'hypothèse du seuil d'effectif sont inchangées pour les submersions marines.

2.1.5.2 Fonctions de dommages aux activités agricoles

Des travaux d'adaptation des fonctions de dommages aux activités agricoles pour les submersions marines débiteront en 2018. Dans l'attente de la finalisation de ces travaux, l'évaluation des dommages pourra s'appuyer sur les coûts de remise en état tirés de retours d'expériences passés. Le rapport d'A.L. Agenais sur l'évaluation des dommages aux activités agricoles dus aux submersions marines et notamment les enseignements relevés dans les retours d'expérience de Xynthia sur les dommages à l'agriculture⁵² donnent des premiers éléments de chiffrage.

Cependant, le paragraphe 2.1.2 met en garde sur l'utilisation des données de sinistralités. Les dommages ainsi estimés seront probablement peu fiables et le seront d'autant moins que le nombre d'événements différents étudiés est faible. Dans ce contexte, la plage de variation des dommages aux

⁵¹ <https://www.ecologique-solaire.gouv.fr/evaluation-economique-des-projets-gestion-des-risques-naturels>.

⁵² Agenais, A.L., 2010 Evaluation des dommages liés à la submersion marine sur l'agriculture

activités agricoles de l'analyse d'incertitude et de sensibilité devra être suffisamment large (cf. paragraphe 5.3).

2.1.6 Fonctions de dommages aux enjeux pour les crues torrentielles

En l'état actuel, aucune fonction de dommage ne permet d'estimer, avec une précision suffisante, les dommages liés aux crues torrentielles.

Des travaux sont en cours dans ce domaine pour créer des fonctions de dommages applicables à ces crues. Elles seront adaptées aux différents types de phénomènes notamment ceux liés au transport solide et tiendront compte des endommagements liés à l'érosion importante des berges⁵³.

Pour la construction de fonctions de dommages territoriales pour les crues torrentielles, il est préconisé de contacter un des experts de l'AMC : experts.amc@developpement-durable.gouv.fr.

2.1.7 Autres dommages qui peuvent être intégrés dans l'analyse monétaire

Des dommages autres que ceux des logements, des entreprises, des activités agricoles, des établissements publics et des transports routiers peuvent être intégrés dans le volet monétaire de l'analyse.

Dans ce cas, il est recommandé de contacter, en amont de la réalisation du travail, les experts de l'AMC : experts.amc@developpement-durable.gouv.fr afin de définir au cas par cas les méthodes d'évaluation les plus adéquates en fonction des données disponibles⁵⁴.

2.1.8 La question des transferts : les dommages à ne pas intégrer dans l'analyse

L'analyse menée dans le cadre de la partie 3 §3.2, doit avoir une portée nationale : c'est la pertinence du projet pour la société française qui est évaluée.

Cette hypothèse de travail a des conséquences notables sur les bénéfices, donc les dommages, qui peuvent être intégrés dans l'analyse. En effet, un certain nombre de coûts ou de bénéfices que l'on intégrerait intuitivement sont en réalité des transferts entre agents économiques : le « gain » pour un agent est compensé par la « perte » pour un autre agent. Le calcul à l'échelle nationale conduit à un jeu à somme nulle. Bien que neutre au niveau national, les transferts entre agents conduisent

⁵³ Givry.M et Peteuil.C, (2011), *Construire en montagne – La prise en compte du risque torrentiel*. Rapport MTES/DGPR

⁵⁴ Dans le cas des PAPI, il pourra être pertinent d'évaluer les indicateurs de synthèse avec puis sans les dommages évalués sans préconisations nationales.

néanmoins à des modifications dans la répartition des pertes et des gains par rapport à la situation de référence.

Ainsi, nous considérons que toute taxe constitue un transfert entre individus : la non-perception par les collectivités d'une taxe du fait d'inondations ne constitue donc pas un dommage dans l'analyse. C'est la raison pour laquelle les dommages monétaires et les coûts doivent être exprimés en euros hors taxe. Aussi, les fonctions de dommages proposées dans ce guide sont données en euros hors taxe.

La perte d'attractivité touristique d'un territoire du fait d'inondations est, de même, généralement considérée comme un transfert à l'échelle nationale ; en effet, les touristes saisonniers peuvent modifier leur destination de vacances sans réduction sensible de leur bien-être.

ILLUSTRATION 11. La question de la perte d'attractivité touristique (extraits choisis)

Exemple 1 :

« La submersion marine [d'un territoire, telle que celle causée par Xynthia] a un impact direct sur l'activité touristique. Cet impact compromet ainsi l'ensemble des activités de loisirs liées à la mer : interdiction des activités nautiques en contact avec l'eau, diminution de la fréquentation des plages à cause de la fermeture de la baignade, diminution des escales au port de plaisance, réduction globale de l'attrait du territoire. Sur ce dernier point, la Région a dû dépenser 230 000 € au titre de la campagne publicitaire menée en 2010 suite à Xynthia, pour la promotion du littoral durant l'avant-saison touristique. Le seul but étant de maintenir l'activité touristique après un événement dégradant pour l'image du territoire. »

Exemple 2 :

« Nous n'avons pas pris en considération dans le calcul les pertes d'exploitation liées à la baisse de la fréquentation touristique suite à Xynthia (la baisse de fréquentation touristique de l'île a été évaluée à 10 % l'été ayant suivi Xynthia). Notre évaluation peut donc être considérée comme une limite inférieure. »

La perte de l'attrait touristique d'un territoire ne peut être considérée comme un dommage dans l'AMC. En effet, on peut raisonnablement considérer que les touristes de la région concernée ont pu se reporter vers une autre destination touristique, et que l'activité touristique, réduite sur ces deux territoires, s'est au contraire accrue dans les communes littorales non touchées par Xynthia.

2.2 CONSTRUCTION DES INDICATEURS D'ENJEUX : ÉVALUATION DES DOMMAGES NON MONÉTAIRES

2.2.1 Indicateurs d'enjeux principaux

11 indicateurs d'enjeux principaux ont été retenus pour évaluer un projet de protection contre les inondations. Ces indicateurs doivent être calculés pour le scénario de dimensionnement du projet, d'une part en situation de référence et, d'autre part, avec le projet, afin d'en connaître les effets. Ces indicateurs sont classés selon les types de conséquences de la Directive Inondations et regroupés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Indicateurs d'enjeux principaux. Source : CGDD

		Type de conséquences	N°	Indicateurs
Bénéfices d'un projet	Non monétarisés	Santé humaine	P1	Nombre de personnes habitant en zone inondable et part communale.
			P2	Part des personnes habitant dans des logements de plain-pied en zone inondable par commune.
			P3	Capacités d'accueil des établissements sensibles en zone inondable.
			P4	Part de bâtiments participant directement à la gestion de crise hors et en zone inondable.
		Economie	P5	Trafic journalier des réseaux de transport en zone inondable.
			P6	Part d'entreprises aidant à la reconstruction après une inondation dans les communes exposées.
			P7	Nombre d'emplois en zone inondable.
		Environnement	P8	Stations de traitement des eaux usées en zone inondable : charge journalière entrante en moyenne annuelle.
			P9	Déchets : capacités de traitement et de stockage en zone inondable.
			P10	Nombre de sites dangereux en zone inondable.
		Patrimoine	P11	Nombre de bâtiments patrimoniaux et de sites remarquables en zone inondable.

À noter : l'indicateur P2 est particulièrement important pour les territoires soumis à des inondations rapides. L'indicateur P5 n'est pas à calculer si les dommages indirects aux réseaux routiers ont été évalués monétairement et si aucun autre type d'infrastructure de transport (ferroviaire notamment) n'est impacté par le projet.

2.2.2 Indicateurs d'enjeux secondaires

La liste d'indicateurs peut être complétée par l'analyse d'autres indicateurs, jugés secondaires. La liste est donnée dans le Tableau 13. Pour rappel, ces indicateurs sont jugés secondaires :

- soit parce qu'ils correspondent à un objectif du projet jugé secondaire,
- soit parce que leur calcul nécessite un travail jugé trop lourd au regard de leur plus-value.

Tableau 13 : Indicateurs d'enjeux secondaires

Source : CGDD

		Type de conséquences	N°	Indicateurs
Bénéfices d'un projet	Non monétarisés	Santé humaine	S1	Alimentation en eau potable : nombre de personnes desservies par des captages situés en zone inondable.
			S2	Capacités d'hébergement communales hors zone inondable en cas de nécessité d'évacuation.
		Economie	S3	Nombre de postes « énergie et télécommunication » en zone inondable.
		Environnement	S4	Espaces naturels protégés : superficie d'espaces protégés en zone inondable.
		Patrimoine	S5	Nombre annuel de visiteurs dans les musées situés en zone inondable.

2.2.3 Modalités de calcul et représentation cartographique des indicateurs d'enjeux

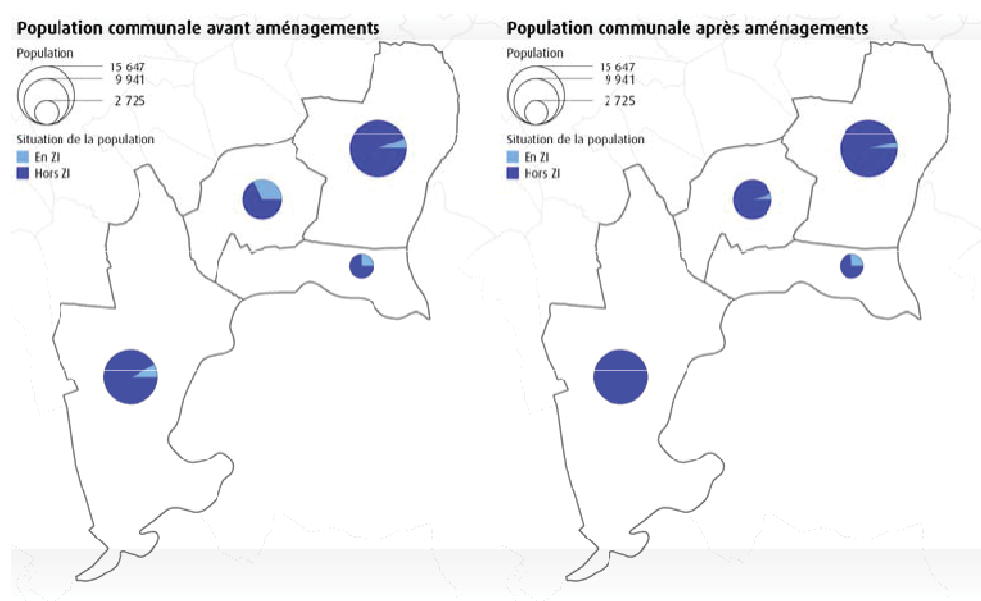
Un enjeu est considéré en zone inondable dès qu'il est exposé à une hauteur d'eau $H > 0$.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

De manière générale, il convient de vérifier que les données disponibles dans les bases consultées sont bien à jour. Lorsque cela est possible, une enquête de terrain permet de valider ces données et de les compléter.

Dans les Annexes techniques, partie 1, chaque indicateur (principal et secondaire) fait l'objet d'une fiche méthode précisant ses modalités de calcul et de représentation cartographique. L'exemple de représentation cartographique présenté pour chaque fiche indicateur a été réalisé sur un cas fictif. Il est vivement recommandé d'utiliser la sémiologie proposée.

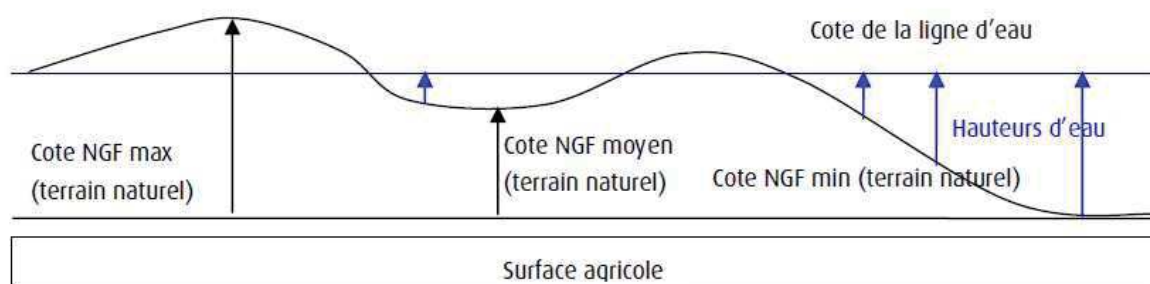
Figure 11 : Exemple de représentation cartographique des indicateurs (cas de l'indicateur P1)
Source : CGDD



Cas particulier des enjeux de surface importante

Pour les enjeux de surface importante (superficie d'espaces protégés par exemple), la hauteur d'eau calculée par comparaison entre la cote de la ligne d'eau et la cote du terrain naturel peut présenter de fortes variations selon le point considéré (cf. schéma ci-dessous). Le phénomène est accentué lorsque l'enjeu se trouve à cheval sur plusieurs casiers hydrauliques. La hauteur d'eau moyenne sur l'emprise de l'enjeu considéré n'est alors plus nécessairement une bonne approximation. Il peut donc devenir nécessaire de redécouper artificiellement l'enjeu selon les différents casiers hydrauliques et selon les différentes enveloppes d'inondations considérées.

Figure 12 : Cas particulier des enjeux de surface importante. Source : CGDD



2.3 COMPLÉTER L'ÉVALUATION DES BÉNÉFICES PAR LA CARTOGRAPHIE DES ENJEUX AVANT ET APRÈS AMÉNAGEMENT

La représentation cartographique des enjeux pour le scénario de dimensionnement du projet sans aménagement (déjà évoqué partie 3. §2.1) et avec aménagement permet de compléter l'information apportée par l'évaluation des indicateurs d'enjeux (telle que décrite partie 3 - §2.2.3) sur la localisation géographique et la densité des enjeux protégés grâce au projet.

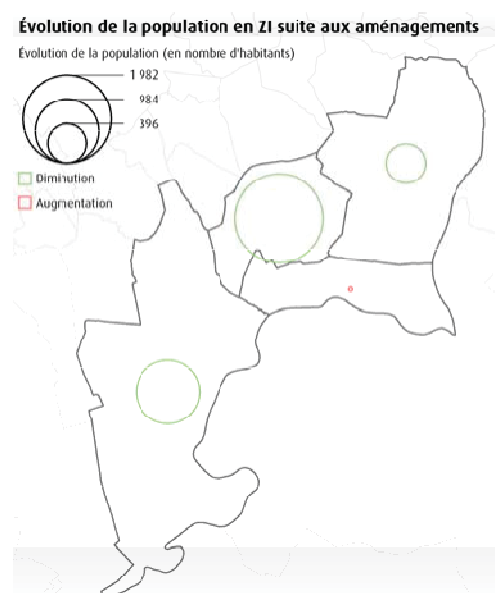
Une sémiologie est proposée dans les Annexes techniques, partie 3 (« représentations cartographiques des enjeux du territoire »).

3 « Boîte à outils Bénéfices » : comment évaluer les bénéfices d'un projet ?

3.1 L'ÉVALUATION DES BÉNÉFICES POUR L'ANALYSE ÉLÉMENTAIRE

Chaque indicateur élémentaire est calculé pour le scénario de dimensionnement du projet en situation AVANT projet (scénario de référence) et en situation APRÈS projet (scénario aménagé). Le différentiel est calculé ; il s'agit du bénéfice du projet pour le scénario de dimensionnement.

Figure 13 : Exemple de représentation cartographique des indicateurs élémentaires (cas de l'indicateur P1). Source : CGDD



3.2 L'ÉVALUATION DES BÉNÉFICES POUR L'ANALYSE SYNTHÉTIQUE

3.2.1 Le calcul des dommages moyens annuels (DMA) causés par les inondations

Définition

Le DMA permet de synthétiser les dommages subis par un territoire en tenant compte des différents événements d'inondations qui peuvent s'y produire. Il intègre, pour chaque type d'événement (événement fréquent à très rare), les dommages qui lui sont associés. Ainsi, il prend en compte :

- la situation pour laquelle l'ouvrage a été dimensionné ;
- les situations où les événements seraient d'intensité plus faibles : cas où l'ouvrage est efficace mais surdimensionné ;
- les situations où les événements seraient d'intensité plus forte : cas où l'ouvrage n'est plus suffisant (par exemple, digue qui surverse et crée des dommages pour le territoire situé derrière cette digue).

Ces dommages sont pondérés en fonction de la fréquence de l'événement.

La situation réelle modélisée en croisant les périodes de retour de l'aléa et les dommages associés est alors équivalente en termes de dommages à une situation fictive dans laquelle chaque année un dommage moyen se produit, le DMA.

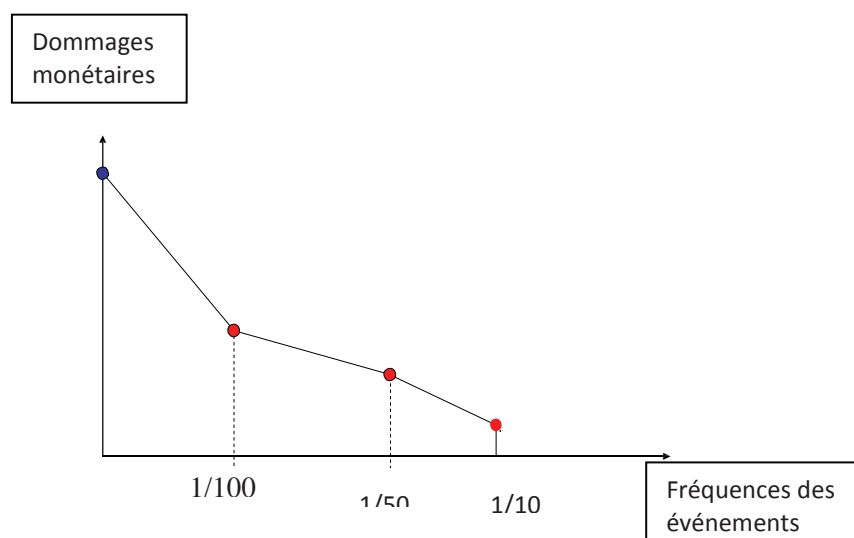
Le DMA exprime ainsi ce que coûte en moyenne par an l'ensemble des événements d'inondations possibles, et correspond donc à ce qui devrait être provisionné (en intégrant l'actualisation) chaque année pour faire face aux dommages éventuels.

Le DMA est calculé avec la formule suivante :

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

Concrètement, il correspond à l'aire sous la courbe dommages-fréquence, comme le montre la figure 12 ci-dessous. Pour les mesures structurelles avec modification du niveau de protection, le DMA est constant dans le temps.

Figure 14 : Représentation du DMA. Source : CGDD



3.2.2 Le calcul du nombre d'enjeux moyen impactés par les inondations (NMA)

À l'instar du calcul du DMA, il est utile de calculer, pour les enjeux non monétarisés, un NMA, c'est-à-dire un Nombre Moyen Annuel (NMA) d'enjeux en zone inondable. Il correspond à la moyenne du nombre d'enjeux situés en zone inondable pour l'ensemble des scénarios d'inondations possibles sur le territoire, pondérée par la probabilité d'occurrence de ces scénarios.

3.2.3 Cas particulier : le calcul des DMA et NMA pour le scénario de référence relatif aux mesures de sécurisation d'ouvrage

Dans le cas de l'évaluation d'une mesure de sécurisation d'ouvrage, la définition de la situation de référence est spécifique (cf. partie 3 - §3.1). Ainsi, les DMA et NMA, en situation de référence, dépendent de l'année d'occurrence de la rupture.

Une méthodologie spécifique doit être mise en place pour les calculer. Elle intègre les probabilités de rupture de l'ouvrage pour chaque événement étudié.

Les annexes techniques, partie 4, traitent le cas spécifique de l'évaluation des dommages et des coûts en situation de référence 2 (cf. partie 3 - §3.1) pour les mesures de sécurisation d'ouvrage⁵⁵.

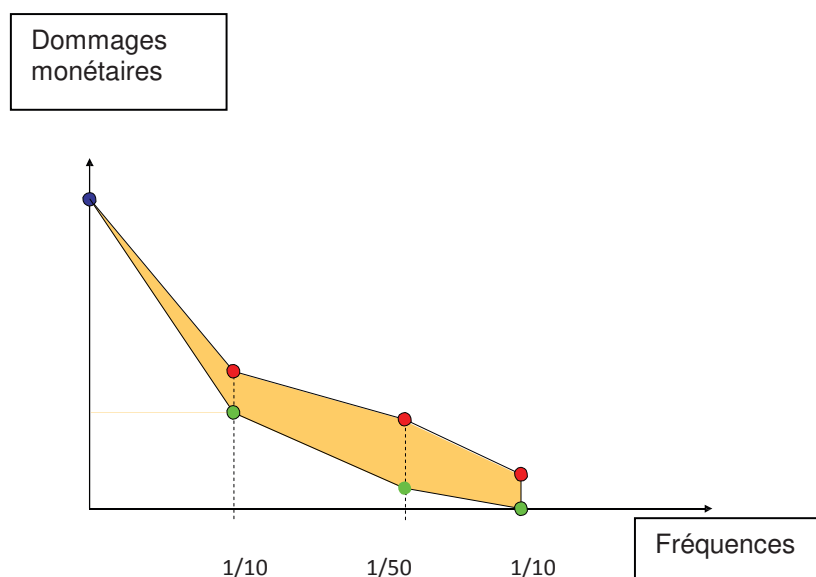
3.2.4 Le calcul des dommages évités moyens annuels (DEMA) grâce au projet

Le DEMA (Dommages évités moyens annuels) synthétise les bénéfices monétaires totaux du projet. Il correspond aux bénéfices réalisés sur un territoire grâce au projet en tenant compte de tous les événements d'inondation qui peuvent s'y produire. Le DEMA est égal au DMA du territoire sans projet (situation de référence) auquel on soustrait le DMA sur le territoire avec projet.

$DEMA = DMA \text{ (sans projet)} - DMA \text{ (avec projet)}$.

Le DEMA correspond à l'aire entre les deux courbes dommages-fréquences (sans et avec projet), comme le montre la figure 15.

Figure 15 : Représentation du DEMA. Source : CGDD



⁵⁵

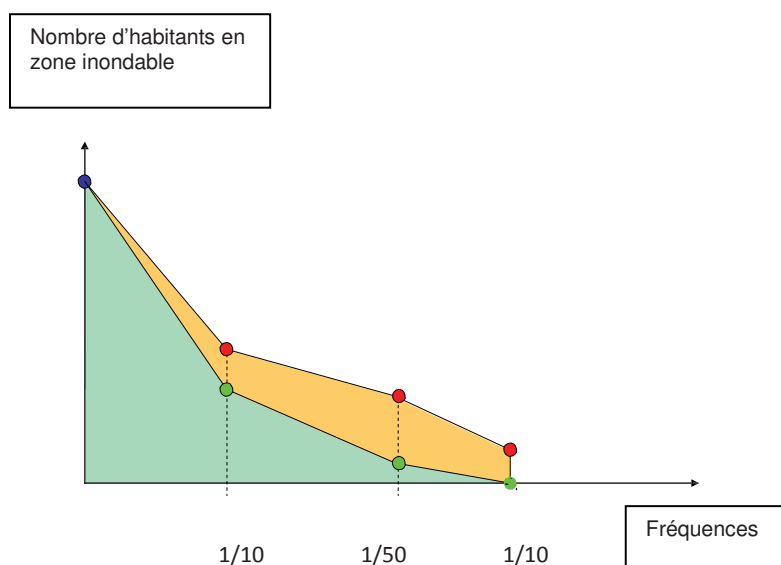
Pour aller plus loin : F. Grelot (IRSTEA), 2017 Note méthodologique sur l'ACB Inondation. Situation de référence en cas de confortement des digues.

3.2.5 Le calcul du nombre moyen annuel d'enjeux protégés (NEMA) par le projet

Le Nombre moyen annuel d'enjeux protégés (NEMA) par le projet correspond au nombre moyen annuel évité d'enjeux en zone inondable grâce au projet. Il représente le bénéfice total du projet associé à chaque indicateur d'enjeu en tenant compte de chaque type d'inondation qui peut survenir. Il s'exprime de la façon suivante :

$$\text{NEMA} = \text{NMA (sans projet)} - \text{NMA (avec projet)}$$

Figure 16 : Représentation du NMA et du NEMA
Source : CGDD



4 .« Boîte à outils coûts » : comment évaluer les coûts d'un projet ?

4.1 TYPOLOGIE DES COÛTS ASSOCIÉS À UN PROJET

4.1.1 Coûts d'investissement

Définition

Les coûts d'investissements rassemblent l'ensemble des dépenses engagées par le maître d'ouvrage public, depuis l'origine du projet jusqu'à la conception, la réalisation et la mise en service de l'aménagement. Ils comprennent :

- les coûts du foncier (acquisition, indemnisation, démolition, dépollution, viabilisation) ;
- les coûts d'études, et les coûts d'accompagnement de la mission de maîtrise d'ouvrage (assistance à maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, contrôles, etc.) ;
- les coûts des travaux et les coûts d'équipement.

En fonction du stade d'élaboration du projet, des données plus ou moins précises sur le coût des travaux sont disponibles. Des guides à l'attention des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des experts chargés de l'évaluation des projets permettent d'aider à l'estimation des coûts pour une opération future :

- l'étude de coût des protections contre les inondations fluviales (CETMEF, 2013),
- l'étude de coût des protections contre les inondations torrentielles (ONF-RTM, à venir),
- l'étude de coût des protections contre les submersions marines (CEREMA, 2017).

4.1.2 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. Dans de nombreux cas, les mesures de la séquence ERC sont identifiées une fois l'AMC réalisée.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

La méthode proposée dans ce guide permet une estimation simplifiée et grossière du coût des mesures ERC si celles-ci n'ont pas encore été définies au moment de la réalisation de l'AMC inondation, ce qui est souvent le cas.

Présentation de l'indicateur

L'indicateur de coûts environnementaux se base sur la grille présentée dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Grille des ratios de coûts environnementaux préconisés en fonction du type de mesures mises en place. Source : CGDD

Catégorie N°	Types de mesures	Travaux	Niveau d'impact	Ratio coûts environnementaux
1	ouvrages de protection : digues, perrés, murets, merlon	construction	Fort	[2%;4%]
2	barrages écreteurs de crues	construction		
3	bassins de rétention et mesures d'aménagements hydrauliques des cours d'eau, création ZEC ou CIC avec des aménagements durs, canaux	construction		
4	ouvrages de protection : digues, perrés, murets, merlon	confortement et réhausse	Moyen	[1%;3%]
5	ouvrages de protection : digues, perrés, murets, merlon	confortement		
6	aménagements hydrauliques de tronçons : élargissement de lit, mise en place de seuil ou aménagement de seuil entretien et aménagement doux des berges et (re)végétalisation	construction	Faible	[0%;1%]
7	ZEC, sur-inondation, reméandrage de cours d'eau sans aménagements durs, (re)végétalisation	construction		

Le ratio associé à chaque mesure correspond au coût des mesures environnementales de la séquence ERC rapporté au coût d'investissement de la mesure évaluée dans l'AMC. Du fait des limites de la méthode proposée (limites détaillées ci-dessous), cette grille doit être appréhendée comme une gamme de ratios moyens à utiliser pour évaluer le niveau d'impact d'un projet et non comme une estimation du coût réel des mesures de la séquence ERC. Elle doit être utilisée dans les phases amont du développement d'un projet et uniquement en l'absence de données plus précises ou d'enjeux particuliers.

Les impacts environnementaux de chaque projet sont, bien évidemment spécifiques : la typologie proposée a simplement pour objectif d'orienter le choix du ratio en donnant une fourchette. Parmi les paramètres qui peuvent influencer le coût des mesures ERC, on peut citer, entre autres : le(s) type(s) de milieu(x) impacté(s) (urbain/rural), le(s) type(s) d'espèce(s) présente(s) (présence d'espèces protégées ?) ou l'emprise du projet. Il est recommandé de réaliser une analyse succincte de ces paramètres afin de déterminer et de justifier le ratio choisi en s'appuyant sur la fourchette proposée.

D'autres ratios peuvent être utilisés à condition de les justifier.

Limites de la portée de l'indicateur

Peu de données sont disponibles sur les coûts des mesures de la séquence ERC des projets de gestion des inondations. Une étude du coût des mesures de la séquence ERC a été réalisée par le CGDD⁵⁶. Elle porte sur des projets soumis à des études d'impact de nature très variée. Elle ne concerne pas spécifiquement les projets de gestion des inondations ni les projets ayant un impact sur les milieux aquatiques et littoraux. Les résultats de cette étude montrent que le ratio coûts des mesures ERC/coûts d'investissement du projet est très hétérogène d'un projet à l'autre et dépend d'un nombre important de paramètres.

Par ailleurs, l'indicateur construit ne permet d'estimer que partiellement le coût des impacts négatifs d'un projet sur l'environnement. En effet, seul le coût de la perte de conservation des milieux est capté par l'indicateur.

Enfin, cette grille ne permet pas d'évaluer les bénéfices environnementaux d'une mesure. Pour les mesures ayant un bénéfice sur l'environnement, les porteurs de projets ont la possibilité de retenir un coût environnemental nul et de décrire qualitativement les impacts bénéfiques de leur mesure sur l'environnement.

Cas des projets constitués d'un ensemble de mesures cohérentes hydrauliquement

Dans les cas où les mesures projetées constituent un ensemble cohérent hydrauliquement, un seul ratio devra être défini pour l'analyse correspondant à celui de la mesure la plus impactante. Dans le cas où l'une des mesures a un impact positif sur l'environnement, le ratio devra être estimé pour l'ensemble des mesures cohérentes hydrauliquement en mettant les impacts négatifs en regard avec les impacts positifs sur l'environnement des mesures projetées.

4.1.3 Coûts d'entretien

Définition

Les coûts d'entretien sont des coûts qui sont à la charge du gestionnaire de l'ouvrage (ou des mesures de gestion des inondations mises en place) et/ou des utilisateurs au cours de son fonctionnement. Ce sont des coûts qui vont s'échelonner dans le temps. Ils comprennent :

- les coûts de maintenance (entretien courant, maintenance préventive, maintenance curative, gros entretien et renouvellement des équipements),
- les coûts d'exploitation (consommation d'énergie et d'autres fluides, gestion des déchets, dépenses nécessaires au fonctionnement des activités hébergées dans le bâtiment),
- le coût des travaux liés à des modifications fonctionnelles de l'aménagement,
- le coût de pilotage de l'ensemble de l'exploitation.

⁵⁶

Cette étude recense les mesures ERC à mettre en place pour 107 projets soumis à études d'impacts, le contexte dans lequel les mesures sont mises en place (type de projets, coûts d'investissement, emprise surfacique du projet, types d'impacts, surface des impacts) ainsi que les coûts associés à chacune de ces mesures en fonction de leurs caractéristiques (surface d'emprise, durée de gestion, type de compensation...).

Dans le cas où des ouvrages ou des mesures de gestion des inondations existent déjà sur le territoire, des coûts d'entretien sont à prendre en compte dans le scénario de référence. Les coûts d'entretien à retenir pour l'indicateur M6 sont les coûts d'entretien du scénario d'aménagement moins les coûts d'entretien du scénario de référence :

$$CE = CE_{am} - CE_{ref}$$

Avec : CE : coûts d'entretien associé à l'indicateur M6
 CE_{ref} : coûts d'entretien du scénario de référence
 CE_{am} : coûts d'entretien du scénario aménagé

À noter : Dans certaines configurations (notamment hydro-sédimentaires), les coûts associés à certaines mesures s'accroissent au fil du temps. Cette augmentation des dépenses d'entretien peut être liée à la réduction de la disponibilité des ressources en matériaux (notamment en raison de problème d'approvisionnement en sédiments pour les mesures de type « rechargement de plage » par exemple). Les capacités techniques pour effectuer l'entretien sont donc systématiquement amenées à évoluer et l'accroissement potentiel du coût devra être intégré dans l'analyse.

Chiffrage des coûts d'entretien des ouvrages

Pour les digues, il est proposé de retenir des coûts d'entretien annuels compris en moyenne entre 5 000 €/mètre linéaire (ml) de digue et 10 000 €/ml de digue⁵⁷.

Il est également communément admis que les coûts d'entretien annuels représentent en moyenne entre 2 % et 5 % des coûts d'investissement.

Une série de guides d'aide à l'évaluation du coût des ouvrages est disponible en téléchargement sur la page internet de l'AMC inondation : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/evaluation-economique-des-projets-gestion-des-risques-naturels>.

Prise en compte dans les scénarios des coûts d'entretien liés à un projet de construction d'ouvrages

Pour la construction d'ouvrages neufs, les coûts d'entretien sont variables d'un type d'ouvrage à un autre et d'une région à une autre. La série de guides « coûts des ouvrages » en fonction du type d'aléa permet d'aider à l'évaluation des coûts d'entretien.

Dans ce cas, l'indicateur M6 (CE) correspond aux coûts d'entretien de l'ouvrage en projet.

⁵⁷

Igigabel, M (CEREMA, 2014) *Coûts des protections contre les inondations fluviales*, chiffres issus de l'étude de l'entretien et de la gestion des ouvrages sur le Delta du Rhône et sur le Drac, la Romanche et l'Isère et dans le cadre du Plan Loire III.

Prise en compte dans les scénarios des coûts d'entretien liés à un projet comportant des mesures de gestion hydraulique des cours d'eau

Dans les cas de mesures de revégétalisation de berges et d'aménagement hydraulique de cours d'eau, les coûts d'entretien peuvent être plus faibles en situation de référence qu'en situation aménagée.

Coûts d'entretien pour les mesures qui concernent des ouvrages existants (confortement et réhausse)

Pour les mesures sur des ouvrages existants, le scénario de référence doit intégrer les coûts d'entretien des ouvrages existants sur lesquels des mesures sont prévues dans le projet. Si, en situation aménagée, les coûts d'entretien sont inchangés (par exemple pour les mesures de réhausse d'ouvrages) alors les coûts d'entretien peuvent être considérés comme nuls.

Dans le cas d'un confortement d'ouvrage, étant donné que les ouvrages sont à conforter à cause d'un défaut d'entretien, les coûts d'entretien seront obligatoirement supérieurs en situation aménagée qu'en situation de référence.

4.1.4 Coûts de réparation

La possibilité de survenue d'un événement entraînant des dommages sur l'ouvrage est également à prendre en compte dans l'analyse. Ces dommages à l'ouvrage nécessitent des réparations qui ne sont pas considérées dans l'entretien courant de l'ouvrage.

Dans une première approche, la modélisation suivante des coûts de réparation peut être effectuée :

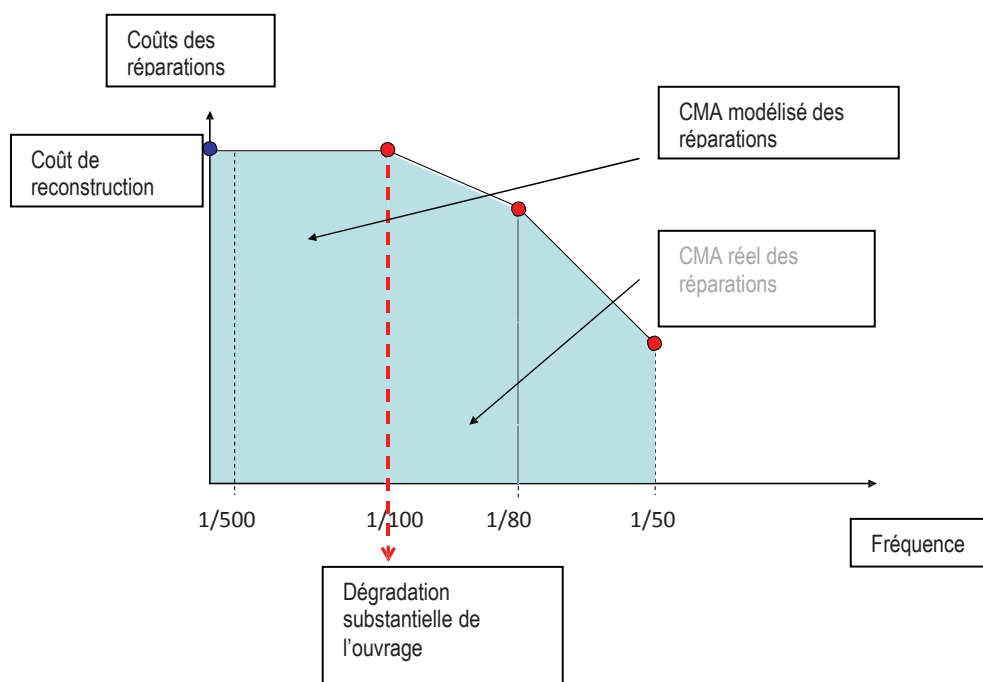
- tout événement supérieur à l'événement de dimensionnement de l'ouvrage génère des entrées d'eau (défaillance fonctionnelle) puis une détérioration (défaillance structurelle) de l'ouvrage. La détérioration survient pour un événement correspondant au niveau de sûreté de l'ouvrage. Le comportement de l'ouvrage est donc binaire : en dessous du niveau de sûreté, l'ouvrage remplit son rôle et seul un entretien courant est nécessaire. Tout événement d'intensité supérieure cause des détériorations à l'ouvrage et implique des réparations, voire une reconstruction ;
- pour tenir compte de la probabilité d'occurrence des événements générant la détérioration de l'ouvrage, un coût moyen annuel de réparation (CMA) peut être calculé. Celui-ci correspond à la somme des coûts de réparation et de reconstruction associés à chaque événement de période de retour supérieure ou égale à l'événement correspondant au niveau de protection, pondérés par leur probabilité d'occurrence (voir figure 17 ci-dessous, aire en bleue).

Dans la mesure où il reste complexe d'évaluer les coûts de réparation associés aux différents scénarios d'aléa, plusieurs hypothèses simplificatrices peuvent être prises (voir figure 17 aire hachurée) :

- il est possible de s'intéresser uniquement aux détériorations substantielles sur l'ouvrage, c'est-à-dire celles qui nécessitent une réparation conséquente qui se rapproche d'une reconstruction ;

- le coût des réparations substantielles pourra alors être approché par un coût de construction de l'ouvrage (à défaut de données plus précises tirées par exemple de retours d'expériences).
- l'événement impliquant des réparations substantielles sera identifié au cas par cas en fonction du type d'ouvrage étudié : il pourra s'agir de l'événement correspondant au niveau de sûreté de l'ouvrage si on dispose de cette information, au niveau de protection de l'ouvrage dans le cas de digues en terre⁵⁸, ou encore à l'événement pour lequel l'ouvrage a un impact hydraulique limité.

Figure 17 : Calcul du coût moyen annuel des réparations à un ouvrage. Source : CGDD



⁵⁸

Pour les digues en terre, le niveau de sûreté peut-être confondu avec le niveau de protection car la surverse peut causer rapidement des défaillances structurelles.

4.2 SYNTHÈSE DES COÛTS ET MISE EN GARDE : « COÛTS ÉCONOMISÉS » ET « DOMMAGES AJOUTÉS »

Attention : le coût du projet est bien un coût net, c'est-à-dire un « surcoût » induit par les nouvelles opérations par rapport aux éventuels coûts en situation de référence.

Les coûts à considérer dans l'analyse peuvent être synthétisés dans le tableau 15 ci-dessous. En lignes apparaissent les coûts d'investissement et en colonnes les coûts annuels différés associés à certains de ces coûts d'investissement.

Tableau 15 : Liens entre coûts d'investissement et coûts annuels différés. Tableau de synthèse.
Source : CGDD

			Coûts annuels différés		
			Coûts d'entretien	Coûts des réparations	Dommages ajoutés
Coûts d'investissement	Coûts des Travaux	Travaux de construction	Coûts ajoutés		(si pas de mesures correctives)
		Travaux de suppression	Coûts économisés		
		Travaux sur l'existant	Bilan à établir entre situation de référence et situation projetée		
	Coûts du foncier				
	Coûts des études				
	Coûts des mesures correctives				

Ce tableau met en évidence certains coûts « spécifiques » qui nécessitent une attention particulière : le cas des coûts économisés grâce au projet (coûts négatifs) et le cas des dommages ajoutés à cause du projet (bénéfices négatifs).

4.2.1 Coûts économisés (coûts négatifs)

Certains travaux se traduisent en réalité par une économie des coûts d'entretien et des coûts de réparation : c'est le cas lorsque le projet comporte la suppression d'un ouvrage existant qui faisait l'objet d'entretien et de réparations dans la situation de référence.

Dans cette même perspective, certains travaux n'impliquent pas nécessairement de coûts d'entretien et de réparation supplémentaires et un bilan doit être fait entre la situation avec projet et la situation de référence (dans le cas par exemple de travaux sur un ouvrage existant).

4.2.2 Dommages ajoutés (bénéfices négatifs)

Certaines mesures peuvent potentiellement aggraver l'aléa sur certaines zones géographiques, soit en augmentant la ligne d'eau dans certains casiers hydrauliques, soit en créant de nouvelles zones inondables (surinondation). Ces mesures augmentent donc sur certaines zones les conséquences potentielles des inondations et génèrent un « coût » qui doit être intégré dans l'analyse de la façon suivante :

- lorsque les mesures induisent une zone de surinondation, certains impacts ne seront pas monétarisables (nombre de personnes « ajoutées » en zone inondable, nombre d'emplois « ajoutés »...). Ces impacts négatifs devront bien apparaître dans le calcul des indicateurs élémentaires d'enjeux ;
- certains impacts peuvent être monétarisés en appliquant la même méthode de calcul que les DEMA, sauf qu'il s'agira de dommages ajoutés et non de dommages évités. Ces impacts négatifs devront bien apparaître dans le calcul des indicateurs élémentaires de dommages monétaires.

Points de vigilance :

Ces impacts négatifs représentent en réalité des coûts pour le projet. Pour les bénéfices négatifs monétarisables (dommages ajoutés moyens annuels), il faudra veiller à considérer ces impacts comme des coûts annuels différés dans le calcul des indicateurs synthétiques suivants : ratio B/C, rapports C/NEMA habitants et C/NEMA emplois. Attention aux doubles-comptes potentiels !

Dans certains cas, il est prévu que ces dommages ajoutés soient évités par des mesures correctives. Dans ce cas, le coût de ces mesures correctives doit être intégré dans le coût d'investissement.

4.3 FORMALISATION DES COÛTS DANS LES INDICATEURS ÉLÉMENTAIRES

Tableau 16 : Indicateurs des coûts du projet
Source : CGDD

		Axes de la DI	N°	Indicateurs élémentaires
Coûts	Monétaires		M5	Coût d'investissement
			M6	Coûts annuels différés
			M7	Coûts environnementaux

Trois indicateurs élémentaires portent sur les coûts du projet : les coûts d'investissement, les coûts annuels différés et les coûts environnementaux.

Les coûts annuels différés regroupent :

- les coûts d'entretien (CE – cf partie 4. - §4.1.3),
- les coûts de réparation (CMA - cf. partie 4. - §4.1.4).

L'indicateur des coûts annuels différés (M6) correspond à la différence entre les coûts annuels différés de la situation aménagée et les coûts annuels différés de la situation de référence.

4.4 CAS PARTICULIER : ÉVALUATION DES COÛTS DU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE POUR LES MESURES DE SÉCURISATION D'OUVRAGE

Dans le cas de l'évaluation d'une mesure de sécurisation d'ouvrage, la situation de référence est spécifique (cf. partie 3 - §3.1). La situation de référence comporte alors des coûts d'investissement, d'entretien et environnementaux. Ces coûts dépendent de l'année d'occurrence de la rupture. Une méthodologie spécifique doit être mise en place pour les calculer intégrant des probabilités de rupture de l'ouvrage pour chaque événement étudié.

Les annexes techniques, partie 4, traitent du cas spécifique de l'évaluation des dommages et des coûts en situation de référence pour les mesures de sécurisation d'ouvrage.

5 « Boîte à outils Indicateurs synthétiques » : comment calculer les indicateurs de l'analyse synthétique ?

5.1 CALCUL DES INDICATEURS SYNTHÉTIQUES

Rappel

Les indicateurs synthétiques étudiés sont les suivants : tableau 17.

Tableau 17 : Les indicateurs synthétiques de l'AMC
Source : CGDD

Objectifs	Notés...
Efficacité	NEMA habitants*
	NEMA habitants*/NMA habitants.ref
	NEMA emplois*
	NEMA emplois*/NMA emplois.ref
	DEMA/ DMA sc. de référence
Coût-efficacité	C_{moy} / NEMA habitants
	C_{moy} / NEMA emplois
Efficience	VAN
	B/C

(*) Lorsque la situation spécifique du territoire le justifie, ils peuvent être complétés par un ou deux indicateurs d'efficacité supplémentaires.

5.1.1 Mesure de l'efficacité du projet

Mesurer l'efficacité d'un projet, c'est répondre à la question : le projet atteint-il son objectif ? Pour y répondre, il est proposé de s'intéresser, en priorité, à sept des indicateurs élémentaires de bénéfices, l'indicateur sur le nombre d'habitants en zone inondable (P1), l'indicateur sur le nombre d'emplois en zone inondable (P7) et la somme des indicateurs sur les dommages aux biens et activités (indicateurs M1 à M5).

Lorsque la spécificité du territoire le justifie, il peut être intéressant d'étendre cette démarche à un ou deux indicateurs élémentaires de bénéfices supplémentaires.

Efficacité du projet au regard de l'objectif de mise en sécurité des populations

L'indicateur Nombre d'habitants en zone inondable a déjà été calculé pour le scénario de dimensionnement dans le cadre de l'analyse élémentaire. Cet indicateur doit être calculé à présent pour différents scénarios d'inondation.

La méthode de calcul passe ensuite par 3 étapes :

- l'évaluation du NMA d'habitants en zone inondable en situation avant projet,
- l'évaluation du NMA d'habitants en zone inondable en situation avec projet,
- l'évaluation du NEMA d'habitants (nombre moyen annuel d'habitants protégés par le projet).

Afin de pouvoir apprécier la part relative d'enjeux que le projet permet de protéger par rapport au scénario de référence, le NEMA est divisé par le NMA en situation de référence.

Efficacité du projet au regard de l'objectif de résilience

La même démarche que celle présentée ci-dessus est à mettre en œuvre pour calculer un NEMA d'emplois (nombre moyen annuel d'emplois protégés par le projet). Le NEMA emplois est divisé par son NMA en situation de référence afin de disposer d'une valeur relative.

Efficacité du projet au regard de l'objectif de protection d'autres enjeux prioritaires

Il est possible de calculer d'autres indicateurs d'efficacité du projet sous la forme d'indicateurs moyens annuels d'enjeux protégés (NEMA), en fonction de la vulnérabilité spécifique du territoire étudié. Par exemple, dans le cas d'un territoire caractérisé par une forte exposition de ses établissements sensibles aux inondations, il pourra être pertinent de calculer la capacité moyenne annuelle des établissements sensibles protégé par le projet. Dans le cas d'un projet dont l'un des objectifs est de protéger un espace caractérisé par la présence d'installations classées pour la protection de l'environnement, il pourra être calculé un nombre moyen annuel de sites dangereux protégés des inondations par le projet.

Efficacité du projet au regard des dommages aux biens

La même démarche que celle présentée plus haut est à mettre en œuvre pour calculer un DEMA (dommage évité moyen annuel). Afin de disposer d'une valeur relative, le DEMA est divisé par le DMA du scénario de référence.

5.1.2 Mesure du rapport coût-efficacité du projet

Mesurer le rapport coût-efficacité d'un projet, c'est évaluer si l'objectif du projet est bien atteint à moindre coût.

Il est proposé de s'intéresser à deux indicateurs : le coût du projet par personne protégée et le coût du projet par emploi protégé.

Selon les cas, les projets peuvent, en effet, avoir pour objectif principal la protection des habitants ou la résilience du territoire (protection des activités économiques).

Dans les cas où l'objectif principal des mesures est de protéger les populations (zones urbaines résidentielle par exemple), le coût du projet par personne protégée peut être considéré comme la mesure du rapport coût-efficacité du projet. Le nombre d'emplois protégé pourra, dans ce cas, être considéré comme un co-bénéfice du projet.

Dans les cas où l'objectif principal des mesures est d'améliorer la résilience (protection de zones industrielles ou d'activités), le coût du projet par emploi protégé peut être considéré comme mesurant le rapport coût-efficacité de ce projet. Le nombre d'habitants protégés pourra, dans ce cas, être considéré comme un co-bénéfice du projet.

Coût du projet par habitant protégé

Cet indicateur synthétique présente le coût du projet par habitant protégé. Il représente le coût annuel pour une personne protégée par le projet. Il se calcule en divisant le Coût équivalent moyen annuel du projet (C_{moy}) par le NEMA habitants.

Attention : le coût équivalent moyen annuel (C_{moy}) correspond au coût total actualisé du projet (voir 5.1.3 pour l'explication sur la notion d'actualisation) ramené à un coût annuel.

$$C_{moy} = \frac{C}{\sum_i \alpha_i}$$

Avec :

- C le coût total actualisé du projet : $C = CI + \sum_{i=1}^n \frac{CE_i}{(1+r)^i}$,
- CI les coûts initiaux du projet,

- CE_i les coûts annuels différés à l'année i ,
 - n l'horizon temporel de la mesure⁵⁹
 - r le taux d'actualisation (r est constant jusqu'en 2070)⁶⁰
- α_i les coefficients d'actualisation à l'année i : $\alpha_i = \frac{1}{(1+r)^i}$

Coût du projet par emploi protégé

Il se calcule en divisant le coût équivalent moyen annuel du projet (C_{moy}) par le NEMA emplois.

5.1.3 Mesure de l'efficience du projet

Mesurer l'efficience d'un projet, c'est vérifier qu'il produit du bien-être social (c'est-à-dire de la valeur nette pour la société). Deux indicateurs apportent des éléments de réponse à cette question : la valeur actualisée nette du projet (VAN) et le ratio B/C.

Notion préalable : l'actualisation des flux économiques futurs

Tout projet produit des flux économiques (des coûts et des bénéfices) qui s'échelonnent dans le temps. En schématisant, un projet de protection représente un coût d'investissement initial puis « rapporte » en évitant des dommages sur le territoire. Il faut donc comparer des flux qui s'opèrent au cours de différentes années, et c'est là qu'intervient le taux d'actualisation.

France Stratégie (i.e Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective) définit l'actualisation comme 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 ». « Cette notion traduit le prix relatif que nous attachons au présent et fixe la limite que nous sommes prêts à consentir pour l'avenir. Ce taux permet ainsi de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps »⁶¹.

Selon les recommandations de France Stratégie⁶², 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 %.

Le taux est choisi sans prise en compte du risque, dans la mesure où le projet est considéré comme n'ayant aucun impact sur l'activité économique au niveau national (PIB).

⁵⁹ Voir partie 3. §3.4 sur l'horizon temporel

⁶⁰ Voir partie 4. § 5.1.3 sur la notion d'actualisation et le taux d'actualisation

⁶¹ 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

⁶² *Ibid.*

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

À court terme, le taux d'actualisation à considérer est donc constant, étant donné l'horizon temporel maximal de l'analyse de 50 ans. L'ensemble des formules qui suivent (VAN, ratio B/C) mais aussi simplement l'expression du coût actualisé C étudié au paragraphe précédent, sont données pour un taux d'actualisation constant, noté r . Ces formules évoluent lorsque le taux d'actualisation varie sur l'horizon temporel de l'analyse. Dans ce cas, les expressions mathématiques de la VAN, du ratio B/C et de C sont données en annexe A-6.

Valeur Actualisée Nette (VAN)

À partir du DEMA et des coûts du projet, on peut calculer la valeur actualisée nette (VAN) du projet qui mesure les flux économiques générés par le projet (les bénéfices moins les coûts).

La VAN est calculée ainsi :

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

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 :

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

Dans le cas des projets de protection contre les inondations, le montant de la VAN peut s'interpréter comme le montant des bénéfices pour la société réalisés grâce aux dommages évités par le projet, une fois déduits les coûts associés à ce projet.

Ratio B/C

Une autre façon d'exprimer l'efficacité d'un projet est le ratio des bénéfices totaux actualisés sur les coûts totaux actualisés. Le ratio B/C peut s'interpréter comme le retour sur investissement de chaque euro investi dans le projet.

⁶³ Voir partie 3. § 3.4 sur l'horizon temporel

⁶⁴ Voir partie 4. § 5.1.3 sur la notion d'actualisation et le taux d'actualisation

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Il se calcule ainsi :

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

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

Attention : dans certains cas, un projet peut générer des coûts qui sont calculés comme des DEMAs (lorsque le projet crée de la surinondation, par exemple). Ces dommages doivent être comptabilisés comme des bénéfices négatifs (et donc des coûts) ; par conséquent, ces dommages doivent bien apparaître au dénominateur du ratio et non au numérateur.

Critères de décision

Si la VAN est positive ou bien si le rapport B/C est supérieur à 1, la mesure étudiée, sur le périmètre géographique retenu et selon les enjeux et les types de dommages pris en compte, est rentable d'un point de vue économique.

Exemple

Supposons que le coût initial soit de 30 millions d'euros, les coûts annuels différés de 1 M€ par an, le DEMA de 4 M€ par an et que l'horizon temporel du projet soit de 30 ans. Alors, la VAN est de 22 M€ environ et le rapport B/C de 1,5. Le projet est donc rentable économiquement.

Par ailleurs, le projet qui a le montant de VAN le plus élevé est celui qui permettra d'éviter le plus de dommages sur la période étudiée au regard de son coût. Le projet qui a le ratio B/C le plus élevé est celui qui aura maximisé les dommages évités pour chaque euro investi. Un projet peut très bien avoir une VAN importante et un ratio B/C faible, ou l'inverse. Ces deux critères sont donc complémentaires et ne se substituent pas l'un à l'autre.

⁶⁵ Voir partie 3. § 3.4 sur l'horizon temporel

⁶⁶ Voir partie 4. § 5.1.3 sur la notion d'actualisation et le taux d'actualisation

Hypothèse des enjeux constants

Il est supposé qu'il n'y a pas d'évolution des enjeux sur le territoire au cours du temps. Ainsi, les bénéfices tirés d'un projet sont calculés à enjeux constants. Cette hypothèse se base sur l'idée qu'il n'y a ni urbanisation ni développement économique sur le territoire d'étude. Par exemple, pour les logements, on suppose que le nombre de logements sur le territoire est constant tout au long de l'horizon temporel (pas de construction, pas de déconstruction). Pour les entreprises, cette hypothèse signifie que le nombre et le type (activité, taille...) des entreprises n'évoluent pas sur la totalité de l'horizon temporel.

Cette hypothèse se traduit par un DMA en situation de référence (respectivement après projet) constant au cours du temps, et donc un DEMA constant.

Cette hypothèse a des conséquences importantes sur les résultats de l'AMC. Elle conduit à surestimer les dommages évités par le projet et donc la VAN.

ENCADRE 5. Pourquoi l'hypothèse des enjeux constants sur le territoire ?

Les enjeux sont considérés constants sur le territoire pour deux raisons :

- la cohérence avec la politique de gestion du risque inondation : la doctrine de gestion du risque inondation repose sur le fait que la protection d'une zone exposée ne doit pas ouvrir à l'urbanisation ;
- des raisons méthodologiques : l'approche adoptée pour l'évaluation des dommages monétaires impliquerait nécessairement de pouvoir planifier, sur l'horizon temporel, la dynamique d'urbanisation et de développement du territoire. Ce n'est actuellement pas réalisable. Les documents d'urbanisme, notamment les Plans Locaux d'Urbanisme, permettent uniquement de spécifier les orientations d'aménagement et de programmation par secteurs géographiques. Or, une approche du développement du territoire, à l'échelle de l'entité de bien, est indispensable pour intégrer, de façon rigoureuse, l'évolution des enjeux dans l'AMC.

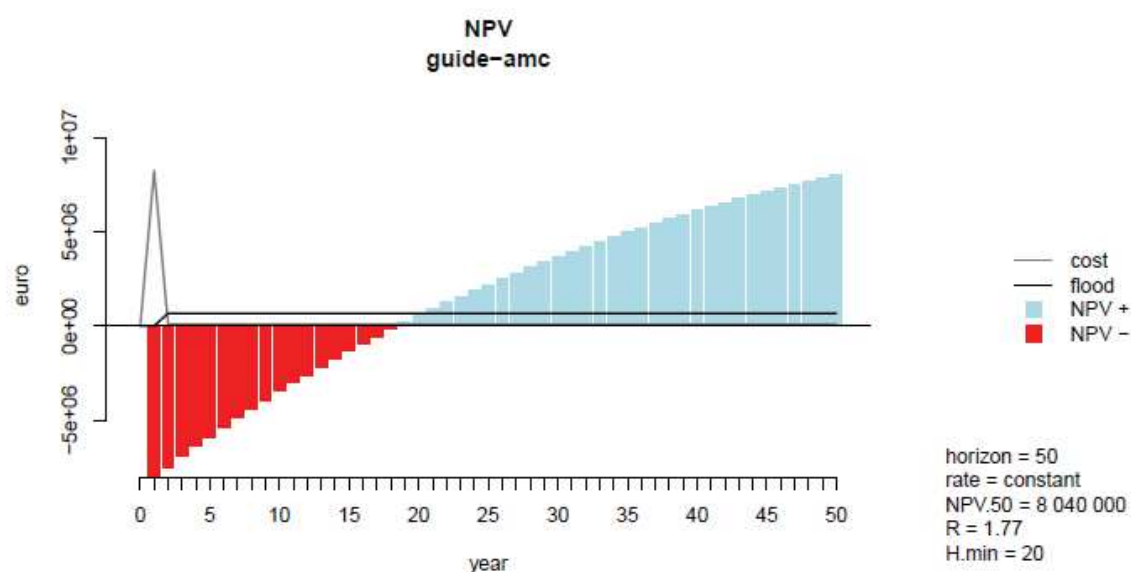
5.2 CONSIDÉRATIONS LIÉES À L'ÉCHÉANCIER DE RÉALISATION DES TRAVAUX

5.2.1 Répartition des flux économiques sans connaissance de l'échéancier des travaux

Lorsque le projet est évalué dès le début de son élaboration, par exemple en phase d'avant-projet (absence d'études détaillées), les flux économiques sont généralement répartis dans le temps selon la

figure 16, ci-dessus. Le(s) coût(s) d'investissements sont concentré(s) à $t=0$ (voir Figure 18 ci-dessous) alors que les bénéfices (dommages évités) s'échelonnent sur l'ensemble de la durée du projet.

Figure 18 : Échéancier classique des flux économiques et impact sur la VAN. Source : IRSTEA



Cost : coût

Flood : dommages évités

NPV : VAN

R : ratio B/C

H.min : horizon à partir duquel la VAN est positive

5.2.2 Répartition des flux économiques avec connaissance de l'échéancier des travaux

Dans certains cas, le projet est suffisamment avancé pour que le maître d'ouvrage dispose d'un échéancier de réalisation des travaux. Si le projet est constitué de différentes mesures structurelles, leur réalisation peut être étalée dans le temps. Les flux économiques d'investissement étudiés doivent alors respecter l'échéancier fixé et répartis dans le temps.

L'échéancier des coûts d'investissement peut aussi impliquer un échéancier des coûts annuels. Deux cas sont envisageables :

- La réalisation de l'ensemble des mesures est nécessaire pour faire fonctionner le système de protection : dans ce cas, il n'y a pas d'évolution des coûts annuels dans le temps ;
- Chaque mesure peut être mise en service au fur et à mesure de sa réalisation et l'échéancier des coûts d'investissement se répercute sur l'échéancier des coûts annuels (de fonctionnement, de maintenance, etc.).

ILLUSTRATION 12. Échéancier des coûts d'investissement, échéancier des coûts annuels

L'exemple suivant se base sur un projet composé de 3 mesures de 10 k€ de coût d'investissement chacune. La première mesure est réalisée à l'année $t=0$, la seconde à l'année $t=2$ et la troisième à l'année $t=5$.

Dans le premier cas, le système ne peut fonctionner que si les 3 mesures sont réalisées. Le coût annuel de fonctionnement du système est estimé à 0,6 k€.

Dans le second cas, chaque mesure peut être mise en service au fur et à mesure de sa réalisation. Chaque mesure implique un coût annuel de fonctionnement de 0,2 k€.

Exemple d'échéancier des coûts dans le premier cas. Source : CGDD

Cas 1	Années										
	0	1	2	3	4	5	...	10	11	...	50
Coûts d'investissement	10	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0
Coûts annuels différés	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Exemple d'échéancier des coûts dans le second cas. Source : CGDD

Cas 2	Années										
	0	1	2	3	4	5	...	10	11	...	50
Coûts d'investissement	10	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0
Coûts annuels différés	0	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Dans le cas où les mesures constituant le projet sont interdépendantes du point de vue hydraulique (et fonctionnent donc en système de protection cohérent), l'échéancier des coûts d'investissement peut impliquer un échéancier des dommages évités grâce au projet. En effet, la réalisation d'une première série de mesures permettra de générer des bénéfices ($DEMA_1$) qui s'accroîtront avec la réalisation des autres mesures ($DEMA_2$, ..., $DEMA_p$). Dans ce cas, il sera nécessaire de calculer autant de DEMA que de phases de réalisation des travaux.

ILLUSTRATION 13. Échéancier des coûts d'investissement et échéancier des bénéfices (DEMA)

L'impact de l'échéancier des coûts d'investissement est étudié sur la base de l'exemple précédent. Le DEMA de l'ensemble des mesures est estimé à 7 k€.

Exemple d'échéancier des coûts et des bénéfices dans le premier cas. Source : CGDD

Cas 1	Années										
	0	1	2	3	4	5	...	10	11	...	50
Coûts d'investissement	10	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0
Coûts annuels différés	0	0	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
DEMA total	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7

Exemple d'échéancier des coûts et des bénéfices dans le second cas. Source : CGDD

Cas 2	Années										
	0	1	2	3	4	5	...	10	11	...	50
Coûts d'investissement	10	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0
Coûts annuels différés	0	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
DEMA série 1	0	2	2								
DEMA série 1+2	0	2	2	5	5	5					
DEMA série 1+2+3	0	2	2	5	5	5	7	7	7	7	7
DEMA total	0	2	2	5	5	5	7	7	7	7	7

La présence ou non d'un échéancier de réalisation des travaux impacte le calcul :

- des indicateurs $C_{\text{moy}}/\text{NEMA}$ habitants et $C_{\text{moy}}/\text{NEMA}$ emplois via le coût actualisé total du projet,
- de la VAN et du ratio B/C via le coût actualisé et les bénéfices actualisés (somme des DEMA actualisés).

Les formules des coûts équivalents moyens annuels C_{moy} , de la VAN et du ratio B/C, dans la situation où les coûts d'investissement sont étalés dans le temps, sont données en annexe A-6.

5.3 ANALYSE DE SENSIBILITÉ ET D'INCERTITUDE DES INDICATEURS SYNTHÉTIQUES

Il est indispensable de mesurer la robustesse des résultats des indicateurs synthétiques par rapport aux approximations réalisées lors des différentes modélisations. Cela peut se faire par une analyse de sensibilité, voire par une analyse d'incertitude.

ENCADRE 6. Analyse de sensibilité et analyse d'incertitude

Analyse de sensibilité et analyse d'incertitude sont souvent confondues, alors qu'il s'agit de deux analyses distinctes dans l'évaluation de la robustesse d'un résultat.

L'analyse d'incertitude s'attache à qualifier les incertitudes associées aux différents paramètres mobilisés et à étudier leur propagation jusqu'aux résultats de sortie du modèle d'évaluation économique. Elle doit idéalement permettre de fournir des intervalles de confiance sur les indicateurs synthétiques.

L'analyse de sensibilité consiste, quant à elle, à estimer la contribution de chaque paramètre d'entrée à la variabilité des résultats de sortie du modèle : elle permet d'identifier les paramètres les plus importants, ceux dont les variations conditionnent la robustesse finale des résultats de l'analyse économique.

Sont concernés, par ces analyses, les indicateurs synthétiques suivants : $C_{\text{moy}}/\text{NEMA}$ habitants, $C_{\text{moy}}/\text{NEMA}$ emplois, VAN, ratio B/C et rapport DEMA/DMA sc. de référence.

Pour effectuer correctement une analyse de sensibilité, la méthode préconisée consiste à faire varier les paramètres-clés du modèle. Dans la mesure du possible, il s'agit de tester ces paramètres selon la fourchette réaliste de variation du paramètre et de regarder quel est l'impact de cette variation sur le résultat de l'étude.

Si l'écart entre le résultat initial et le résultat après variation du paramètre est faible, cela signifie que ce paramètre est peu influent sur le modèle. Si cet écart est important et fait varier le résultat final de l'étude, une analyse plus précise de ce paramètre doit être effectuée et la valeur fixée de celui-ci doit être explicitée.

À titre d'exemple, nous proposons, ci-dessous, une liste de paramètres à tester. Cette liste n'est, bien évidemment, pas exhaustive :

- période de retour des différents scénarios d'aléa, en particulier du scénario générant les premiers dommages ;
- montant des coûts ;
- hauteur de premier plancher des enjeux (uniquement pour la VAN, le ratio B/C et l'indicateur DEMA/DMA sc. de référence) ;
- montant des dommages (uniquement pour la VAN, le ratio B/C et l'indicateur DEMA/DMA sc. de référence).

La plupart des paramètres qui doivent nécessairement être testés sont liés aux incertitudes sur les données d'entrée.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Si les éléments de méthode développés pour estimer les dommages ne permettent pas d'estimer l'incertitude des paramètres de façon précise, il est recommandé de mener l'analyse de sensibilité sur la base des variations suivantes :

Tableau 18 : Coefficients d'incertitude à tester par défaut pour différents paramètres d'entrée
Source : CGDD

Coûts des dommages	+/- 50 %
Coût d'investissement	+/- 50 %
Coûts d'entretien	[1 %; 5 %] du coût d'investissement

Pour effectuer correctement une analyse d'incertitude dans le cadre de l'ACB, nous conseillons la lecture du manuel réalisé par l'IRSTEA⁶⁷.

L'IRSTEA propose aussi un outil simplifié permettant d'analyser la sensibilité de la VAN et du ratio B/C aux différents paramètres d'entrée et de mener une analyse d'incertitude sur un nombre x de simulations donnant les résultats suivants :

- la valeur moyenne de la VAN (respectivement du ratio B/C),
- les valeurs extrêmes prises par la VAN (resp. par le ratio B/C),
- le paramètre de dispersion (correspondant classiquement à l'écart-type) pris par la VAN (resp. par le ratio B/C),
- l'intervalle pris par la VAN (resp. par le ratio B/C) dans 90 % des cas,
- la probabilité que la VAN (resp. le ratio B/C) a d'être négative;
- les paramètres d'entrée les plus influents sur la VAN (resp. le ratio B/C).

Un certain nombre de paramètres d'entrée peuvent être testés dans ces analyses :

- le coût d'investissement et les coûts annuels,
- les périodes de retours des scénarios d'aléa étudiés,
- les montants des dommages pour chacun des enjeux considérés,
- les probabilités de rupture des ouvrages,
- le calendrier de réalisation des travaux.

Cet outil peut-être demandé auprès de l'IRSTEA via la boîte de réception des experts de l'AMC : experts.amc@developpement-durable.gouv.fr

⁶⁷ Grelot, F. et al., (2013). Incertitudes dans les études ACB-DE. Guide méthodologique. Rapport IRSTEA – Agroparistech pour le Plan Rhône.

5.4 EXEMPLE D'APPLICATION À UN CAS CONCRET

5.4.1 Présentation et interprétation des indicateurs synthétiques d'un projet

Présentation des indicateurs de synthèse

Un projet de construction d'ouvrage de gestion des crues de plaine, dont l'objectif est principalement de protéger les habitations, présente les indicateurs de synthèse suivants :

Tableau 19 : Résultats des indicateurs de synthèse du projet X

Objectifs	Indicateurs	Valeurs
Efficacité	NEMA habitants	54
	NEMA habitants/NMA habitants.ref	78 %
	NEMA emplois	16
	NEMA emplois/NMA emplois.ref	89 %
	DEMA/DMA.ref	74 %
Coûts/efficacité	CeMA/NEMA habitants	7 042 €/habitant/an
	CeMA/NEMA emplois	24 100 €/emploi/an
Efficience	VAN	8,04 M€
	B/C	1,78

Interprétation des indicateurs de synthèse

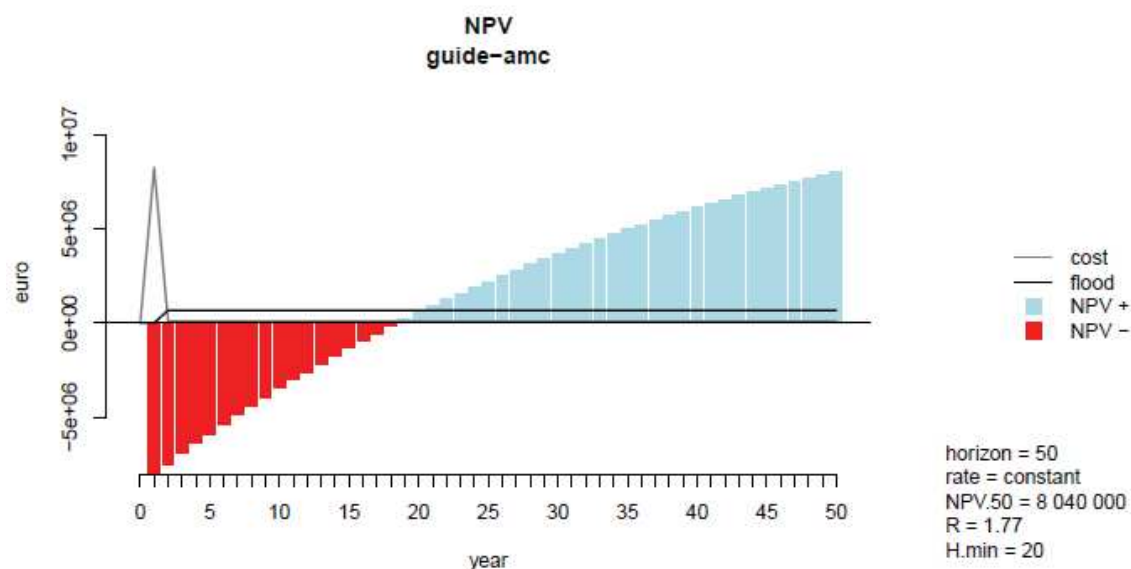
Les résultats présentés dans le Tableau 19 montrent que :

- en moyenne, 54 habitants sont protégés par le projet soit 78 % de la population inondée dans le scénario de référence,
- en moyenne, 16 emplois sont protégés chaque année par le projet soit 89 % des emplois inondés dans le scénario de référence,
- le projet réduit de 74 % les dommages moyens annuels,
- le projet coûte, en moyenne chaque année, 7 042 € par personne protégée,
- le projet permet, en outre, de générer des co-bénéfices en termes d'emplois protégés.
- à l'horizon temporel de 50 ans, le projet permet d'économiser 8,4 M€,
- sur le même horizon temporel, pour chaque euro investi, le projet rapporte 1,78 €.

La rentabilité du projet x peut-être illustré par la figure 19 ci-dessous. Elle montre les flux économiques générés par le projet en fonction du temps. Les coûts d'investissement interviennent principalement l'année 1 et se stabilisent à la fin de la construction (année 2) au niveau des coûts d'entretien. Les bénéfices (« flood ») débutent à partir de l'année 2.

La Figure 19 ci-dessous montre que le projet devient rentable à partir de la 20^e année (« Hmin »). Cela correspond à l'année où la VAN devient positive, les bénéfices actualisés deviennent alors supérieurs aux coûts actualisés.

Figure 19 : Evolution de la VAN du projet x en fonction des années. Source : IRSTEA



Conclusion du calcul des indicateurs synthétiques

Le projet est pertinent d'un point de vue socioéconomique. Bien que le projet ne protège qu'un nombre réduit d'habitants, près de 80 % de la population initialement inondée est protégée.

Analyse de sensibilité et analyse d'incertitude

L'analyse de l'incertitude générale et l'analyse de sensibilité ont été réalisées avec l'outil IRSTEA décrit plus haut (Cf. 8.1. Analyse d'incertitude et de sensibilité).

L'analyse de l'incertitude des différents paramètres d'entrée du calcul des indicateurs synthétiques permet de définir des plages de variations « grossières » sur lesquelles les indicateurs sont susceptibles de varier.

Les paramètres analysés sont :

- la période de retour des événements étudiés,
- les dommages évités relatifs à chacun des enjeux,
- les coûts d'entretien et les coûts d'investissement.

Dans le cas cité, les dommages aux entreprises sont incertains. En effet, une seule entreprise représente 60 % des dommages aux entreprises. Or, les fonctions de dommages nationales ne permettent pas de bien prendre en compte les entreprises génératrices de dommages très importants⁶⁸. Ce type d'enjeu nécessite la réalisation d'enquêtes de terrains spécifiques qui n'ont pas été réalisées.

Il est donc pertinent dans l'analyse de sensibilité de considérer que les dommages aux entreprises peuvent varier sur une plage de variation relativement importante.

L'analyse des paramètres d'entrée révèle que la période de retour des premiers dommages est très fréquente. Il est donc nécessaire de tester également l'impact de ce paramètre sur la VAN et le ratio B/C.

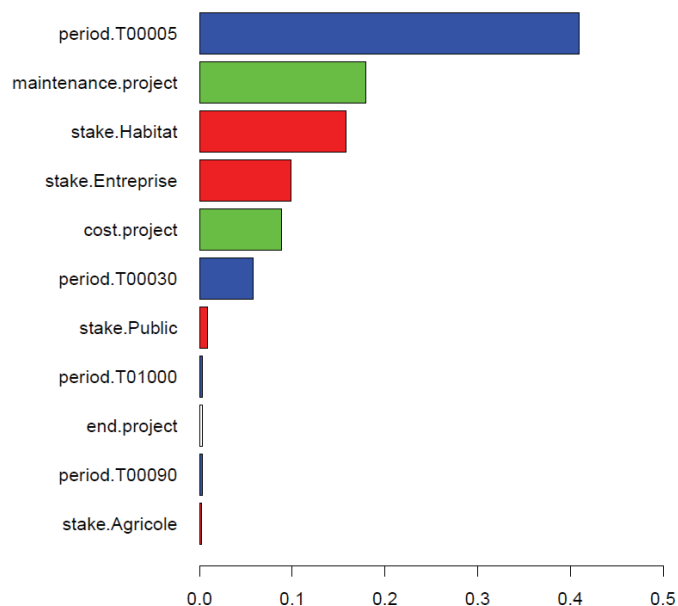
L'intervalle de confiance pour tester l'impact de la période de retour de premiers dommages sur les résultats est choisi de telle sorte à tester davantage de valeurs moins fréquentes de période de retour.

L'analyse de sensibilité montre alors que la période de retour de la crue de premiers dommages est le paramètre le plus influent de la VAN suivis par les coûts d'entretien. Les dommages aux entreprises ont un impact sur le résultat de la VAN un peu moins important que les deux précédents paramètres.

⁶⁸

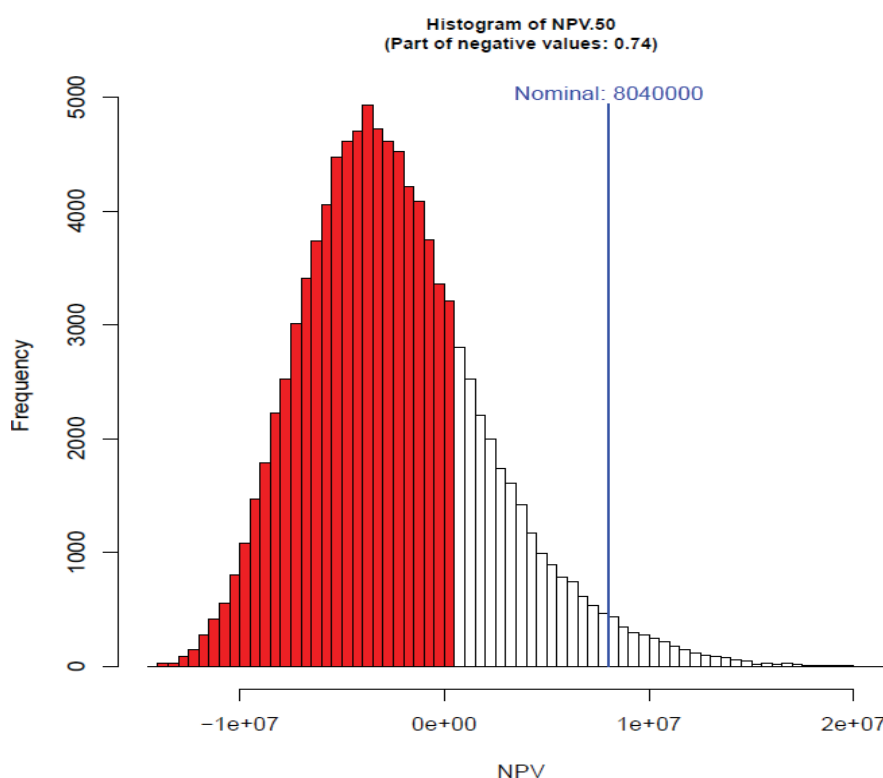
Les fonctions de dommages préconisées dans la version 2014 du guide AMC inondation, atteignent très rapidement le maximum. De ce fait, avec l'utilisation de ces fonctions, les dommages des entreprises importantes avaient des risques d'être sous-estimés.

Figure 20 : Résultats de l'analyse de sensibilité du projet X. Source : CGDD



L'analyse d'incertitude des indicateurs synthétiques montre que l'incertitude des paramètres d'entrée a un impact sur les résultats. Sur 10 000 tests de calcul de la VAN avec des paramètres d'entrée tirés aléatoirement dans les plages d'incertitudes, 74 % conduisent à une VAN négative.

Figure 21 : Résultats de l'analyse d'incertitude du projet X. Source : IRSTEA



Conclusion suite aux analyses d'incertitude et de sensibilité

L'analyse de sensibilité montre que la période de retour de l'évènement de premiers dommages est le paramètre le plus influent sur la VAN. Or, il s'agit d'un paramètre incertain. De la même manière, la sur-estimation des dommages aux entreprises impacte les résultats de l'AMC. Enfin, l'analyse des incertitudes montre que l'incertitude des paramètres d'entrée présente des risques de changer significativement les résultats des indicateurs synthétiques. **Les résultats de l'analyse réalisée ne sont donc pas fiables.**

5.4.2 Comparaison de projets à l'aide des indicateurs synthétiques

L'analyse synthétique permet de juger un projet mais également de comparer deux projets ayant des niveaux de dimensionnement distincts.

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Le Tableau 20 présente les résultats de deux projets envisagés sur des territoires proches mais dont les périmètres d'analyse sont différents :

Tableau 20 : Résultats de l'analyse synthétique de deux AMC réalisées sur des territoires voisins. Source : CGDD

	Projet 1	Projet 2
NEMA habitants	54	158
NEMA habitants/NMA habitants.ref	78 %	51 %
NEMA emplois	16	21
NEMA emplois/NMA emplois.ref	89 %	58 %
DEMA/DMA.ref	74 %	49 %
CeMA/NEMA habitants	7 042 €	4 500 €
CeMA/NEMA emplois	24 100 €	15 300 €
VAN	4,37 M€	18,2 M€
B/C	1,41	3,66

Interprétation et comparaison des résultats

Les deux projets protègent principalement des zones résidentielles. Le projet 2 protège plus d'habitants que le projet 1 et a un co-bénéfice « emplois protégés » plus important. Cependant, le projet 1 réduit davantage le nombre d'habitants impactés par les inondations. Le coût du projet par habitant et par emploi protégés est plus faible pour le projet 2 que pour le projet 1. Les indicateurs d'efficacité montrent que le projet 2 est plus rentable du point de vue socio-économique que le projet 1.

Cependant, les indicateurs montrent également que le projet 1 protège une part d'enjeu de son territoire beaucoup plus importante que le projet 2. En effet, le projet 1 réduit de 74 % les dommages de son territoire tandis que le projet 2 ne les réduit que de 49 %.

Des éléments d'analyse complémentaires

Le Tableau 21 présente quelques indicateurs complémentaires qu'il peut être intéressant de calculer pour approfondir l'analyse.

Tableau 21 : Indicateurs complémentaires. Source : CGDD

	Projet 1	Projet 2
Coût total actualisé	10,8 M€	6,81 M€
VAN (30 ans)	4,1 M€	12,2 M€
VAN (40 ans)	6,5 M€	15,6 M€
VAN>0	À partir de 18 ans	À partir de 7 ans

Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

La comparaison du coût total actualisé des deux projets permet de mieux comprendre la différence importante dans leur rentabilité. En effet, le projet 2, le plus rentable, est beaucoup moins coûteux que le projet 1.

Le calcul de la VAN pour des horizons temporels plus faibles (calcul rapide) permet d'observer la façon dont la VAN varie en fonction de l'horizon temporel. La VAN du projet 2 est relativement plus sensible à l'horizon temporel que le projet 1.

Enfin, le dernier indicateur, « $VAN > 0$ », montre que la VAN du projet 2 devient positive plus rapidement, le projet est rentable au bout de seulement 7 années.

En tenant compte des analyses d'incertitude et de sensibilité

Pour le projet 1, l'analyse correspond à celle du paragraphe précédent, les résultats ne sont pas fiables.

Pour le projet 2, les paramètres d'entrée sont robustes et les tests de sensibilité et d'incertitude globaux montrent que la rentabilité économique de ce projet semble garantie à l'horizon temporel de 50 ans.

Les analyses de sensibilité et d'incertitude apportent donc une information sur la fiabilité des résultats et permettent d'améliorer considérablement leur interprétation.



Partie 3 - Les « boîtes à outils » de l'AMC

Annexes



A- 1. Liste des guides techniques et outils supports

Guides techniques de l'évaluation des dommages par enjeu

Guide sur les dommages aux logements :

CEPRI, (2013). *Évaluation des dommages liés aux inondations sur les logements*. Rapport

Guide sur les dommages aux activités agricoles :

Agenais, A.L. et al., (2013). *Dommages au secteur agricole. Guide méthodologique et fonctions nationales*. Rapport de l'IRSTEA

Guide sur les dommages aux entreprises

IRSTEA/CEREMA. (2017). *Dommages des inondations aux activités économiques. Guide méthodologique et fonctions nationales*.

Guide sur les dommages aux établissements publics

CEPRI. (2013). *Dommages des inondations aux établissements publics*. Rapport

CEPRI. (2017). *Dommages des inondations aux établissements de santé. Fonctions de dommages nationales*. Rapport CEPRI

Charraud, C. (à venir). *Dommages des inondations aux infrastructures de gestion des eaux usées et de l'eau potable*. Rapport CEREMA

Charraud, C. (à venir). *Dommages des inondations aux infrastructures de gestion des déchets*. Rapport CEREMA

Référentiels des coûts des ouvrages de protection

Guide sur le coût des protections contre les inondations fluviales :

Igigabel, M. et al, (2013). *Étude de coût des protections contre les inondations fluviales. Guide à l'attention des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des experts chargés de l'évaluation des projets*. Rapport CEREMA.

Annexes

Guide sur le coût des protections contre les inondations torrentielles :

Boncompain, I., (à venir). Rapport ONF-RTM.

Guide sur le coût des protections contre les submersions marines :

Igigabel, M. et al, (2017). *Étude de coût des protections contre les submersions marines. Guide à l'attention des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des experts chargés de l'évaluation des projets*. Rapport CEREMA.

Recommandations complémentaires pour les projets littoraux

CEPRI et André, C. (2013). *Évaluation des dommages aux logements liés aux submersions marines. Adaptation des courbes de dommages au contexte littoral*. Rapport CEPRI

Perherin, C. (2015). *Analyses coûts-bénéfices littorales. Recommandations sur l'étude des aléas littoraux préalable à l'élaboration d'une ACB*. Rapport CEREMA.

Recommandations complémentaires pour les projets de gestion des crues torrentielles

Givry, M, et Peteuil, C, (2011) *Construire en montagne – La prise en compte du risque torrentiel*. Rapport MTES/DGPR.

Piton, G. et al. , (à venir). *Méthodes d'aide à la décision pour les plans d'actions et de prévention. Rapport de phase 1 : Caractérisation des phénomènes torrentiels*. Rapport IRSTEA

Recommandations pour les projets de sécurisation d'ouvrage

Grelot, F. , (2017). *Note méthodologique sur l'ACB Inondation. Situation de référence en cas de confortement des digues*. Rapport IRSTEA

Outils supports de l'évaluation

Annexes techniques du guide méthodologique. Fonctions de dommages fluvial et submersions marines (fichiers excel téléchargeables).

Outil IRSTEA d'analyse de la sensibilité et de l'incertitude.

Contact : experts.amc@developpement-durable.gouv.fr

A- 2. Bibliographie

André, C. (2013). *Analyse des dommages liés aux submersions marines et évaluation des coûts induits aux habitations à partir de données d'assurance*. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale.

CETE-Méditerranée, (2005). *Vulnérabilité des habitations aux inondations : analyse des dossiers de sinistres suite aux inondations de septembre 2002 dans le Gard et les départements limitrophes*.

Commission Européenne, (2003). *Guide de l'analyse coûts-avantages des projets d'investissement*.

Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective, (2013). *Évaluation socio-économique des investissements publics*. Rapport de la mission présidée par Émile Quinet.

Erdlenbruch, K., et al. (2008). *Une analyse coût-bénéfice spatialisée de la protection contre les inondations – Application de la méthode des dommages évités à la basse vallée de l'Orb*. In : Ingénieries EAT, n° 53, 2008.

Flood Hazard Research Center, (2015). Multicoloured Manual. *Flood and coastal defense project appraisal guidance. Economic appraisal*

Grelot, F., et al., (2013). *Incertitudes dans les études ACB-DE. Guide méthodologique*. Rapport IRSTEA-AgroParisTech pour le Plan Rhône.

Grelot, F, (2017). *Note méthodologique pour l'AMC inondation. Evaluation des dommages des campings liés aux inondations*

Institut pour une culture de la sécurité industrielle, (2009). *L'analyse coût-bénéfices. Guide méthodologique*. Cahiers de la sécurité industrielle.

Ministère de l'écologie, du développement durable et de la mer, (2010). *Analyse coût-bénéfice. Annexes techniques*.

Ministère de l'écologie et du développement durable, (2007). *Synthèse des évaluations socio-économiques des instruments de prévention des inondations*. Série Études.

Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, (1999). *Flood and coastal defense project appraisal guidance. Economic appraisal*.

Pearce, D. et al, (2006). *Analyse coûts-bénéfices et environnement. Développements récents*. Éditions OCDE.

Recking, A., D. Richard, and G. Degoutte. (2013). "Torrents et rivières de montagne: Dynamique et aménagement". Éditions Quae, Antony

Wiar, L. et al.,(2016). *Analyse économique de la prise en compte des impacts sur les milieux naturels dans les projets d'aménagements (séquence Eviter-Réduire-Compenser)*. Mémoire de stage de fin d'études, MTES/CGDD

A- 3. Glossaire

Aléa inondation : possibilité d'une inondation d'occurrence et d'intensité données.

Analyse élémentaire : analyse de la pertinence d'un projet sur la base d'indicateurs élémentaires (voir indicateur élémentaire).

Analyse synthétique : analyse de la pertinence d'un projet sur la base d'indicateurs synthétiques (voir indicateur synthétique).

Analyse mono-scénario : analyse des bénéfices d'un projet (dommages évités grâce au projet) sur la base d'un unique scénario d'aléa (scénario de dimensionnement). Cette caractérisation de l'aléa permet le calcul des indicateurs élémentaires de dommages et d'enjeux.

Analyse multi-scénarios : analyse des bénéfices d'un projet (dommages évités grâce au projet) sur la base de plusieurs scénarios d'aléa. Cette analyse multi-scénario permet de calculer des indicateurs moyens annuels.

Courbe de dommages (syn. Fonction de dommages) : 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).

- Exemple fictif pour un logement : $\text{Dommage} = 5\,000 + 10\,000 \cdot H$ avec H la hauteur d'eau dans le bâtiment. Donc si $H = 1$ mètre, le dommage pour cette habitation est de 15 000 euros.

Courbe d'endommagement (syn. Fonction d'endommagement) : fonction 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).

- Exemple fictif : $\text{Dommage} = H \cdot 15\% \cdot \text{valeur de la construction du logement}$, avec H la hauteur d'eau dans le bâtiment. Donc pour $H = 1$ mètre et un logement de 100 000 euros, le dommage est de 15 000 euros.

Courbe dommages-fréquences : courbe qui associe, pour un territoire donné, le coût total des dommages pour tout aléa pouvant survenir sur ce territoire. Cette courbe constitue la signature de la vulnérabilité d'un territoire aux inondations.

Coût équivalent moyen annuel : coût total du projet actualisé sur l'horizon temporel et ramené à un coût moyen du projet par an.

Domage : préjudice causé par un aléa naturel (ici l'aléa inondation). On distingue :

- les dommages tangibles : au sens économique du terme, ce sont les dommages qui ont des effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire (dégradation de l'habitat, des entreprises...) ;
- les dommages intangibles : au sens économique du terme, ce sont les dommages aux biens ou subis par les personnes pour lesquels il n'existe pas de marché ad hoc, et donc difficilement monétarisables en l'état actuel des connaissances. Par exemple : le stress, les modifications du paysage, la pollution...
- les dommages directs : ils correspondent à des dégâts matériels (destruction, endommagement) imputables à l'impact physique de l'inondation (MEDD, 2007) ;
- les dommages indirects : ce sont les conséquences sur les activités ou les échanges, des dégâts matériels (par exemple la perte d'exploitation d'une entreprise suite à la destruction de ses stocks ou de l'outil de production) (MEDD, 2007) ;

Efficacité : capacité d'une mesure à parvenir aux objectifs qui lui ont été fixés.

Efficience : l'efficience met en relation les résultats atteints avec les moyens mis en œuvre pour y arriver (par exemple les ressources financières utilisées). Le terme d'efficience sous-entend une optimisation des ressources pour parvenir à un niveau donné d'efficacité.

Enjeux : Personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, environnement etc. susceptibles d'être affectés directement ou indirectement par un aléa naturel.

Indicateur de dommages (monétaires) : indicateur donnant le coût potentiel d'un dommage causé par une inondation sur un enjeu. Il permet d'intégrer la vulnérabilité intrinsèque de l'enjeu aux inondations. Le calcul de cet indicateur passe par une étape de monétarisation.

Indicateur d'enjeux : indicateur permettant d'approcher le dommage causé par une inondation sur un enjeu. Il mesure la présence d'un enjeu en zone inondable. Il ne permet pas de capter le degré de vulnérabilité de l'enjeu aux inondations.

Indicateur moyen annuel : indicateur permettant d'évaluer l'impact, sur un territoire donné et pour un type d'enjeu donné, de l'ensemble des inondations potentielles pondérées par leur probabilité d'occurrence. Il peut être monétaire (dommage moyen annuel – DMA) ou non monétaire (nombre moyen annuel d'enjeux en zone inondable – NMA).

Indicateur élémentaire : indicateur permettant de qualifier les bénéfices ou les coûts d'un projet. Lorsqu'il porte sur les bénéfices (dommages évités), il est calculé pour un scénario d'aléa donné (scénario de dimensionnement du projet).

Indicateur synthétique : indicateur permettant d'évaluer l'efficacité, le rapport coût-efficacité ou l'efficacité d'un projet. Il est calculé à partir d'un (ou plusieurs) indicateur(s) moyen(s) annuel(s).

Inondation : submersion temporaire par l'eau de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre les inondations dues aux crues des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières (Directive Inondations, 2007).

Mesure (syn. Action) : intervention réalisée sur un territoire pour limiter le risque inondation.

Niveau de protection : niveau en deçà duquel le projet assure l'innocuité des entrées d'eau. Il est défini par le gestionnaire.

Niveau de sûreté : niveau au-delà duquel la tenue de la structure de l'ouvrage n'est plus assurée et est susceptible de ruine à tout instant.

Projet (syn. Programme d'actions) : ensemble de mesures de prévention des inondations sur un territoire, constituant une stratégie cohérente d'aménagement.

Risque d'inondation : la combinaison de la probabilité d'une inondation et des conséquences négatives potentielles pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associée à une inondation (Directive Inondations, 2007).

Scénario d'aléa (syn. Scénario d'évènement ou évènement d'aléa) : modélisation hydraulique d'un évènement ou d'une concomitance d'évènements.

Scénario de premiers dommages : Evènement d'aléa le plus intense qui ne provoque pas de dommages (cf. Partie 4. Paragraphe 1.2.3)

Scénario de référence : évolution de la situation actuelle au cours de l'horizon temporel choisi, en l'absence du projet envisagé. Equivalent à la situation contrefactuelle ou à l'option de référence ou à la situation de référence (cf. Partie 3. Paragraphe 3.1)

A- 4. Liste des abréviations

ACB : Analyse coûts-bénéfices

AMC : Analyse multicritère

AS : Autorisé avec servitude

ASN : Autorité de sûreté nucléaire

ARS : Agence régionale de santé

BD : Base de données

BTP : Bâtiment-Travaux publics

CCR : Caisse centrale de réassurance

CE : coûts d'entretien

CEPRI : Centre européen de prévention des risques d'inondation

CEREMA : Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

CGDD : Commissariat général au développement durable

CI : coûts d'investissement

CLC : CORINE Land Cover

CMA : Coûts moyens annuels de réparation des ouvrages

C_{moy} : Coût équivalent moyen annuel

DBO5 : Demande biochimique d'oxygène en 5 jours

DDT(M) : Direction départementale des territoires (et de la mer)

DEMA : Dommage évité moyen annuel (dommage moyen annuel évité grâce au projet) DGFIP : Direction générale des finances publiques

DGPR : Direction générale de la prévention des risques

DIR : Direction interrégionale des routes

Annexes

DMA : Dommage moyen annuel

DOM : Département d'outre-mer

DRAC : Direction régionale des affaires culturelles

DREAL : Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EH : Équivalent habitant

EPTB : Établissement public territorial de bassin

ERP : Établissement recevant du public

HTB : Haute tension B

ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

INB : Installation nucléaire de base

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

IPPC : Integrated Pollution Prevention and Control

IRIS : Ilot regroupé pour l'information statistique

MAPAD : Maison d'accueil pour les personnes âgées dépendantes

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

MNHN : Muséum national d'histoire naturelle

NAF : Nomenclature d'activités française

MTES : Ministère de la Transition écologique et solidaire (i.e : MEDDE)

NEMA : Nombre évité moyen annuel (nombre moyen annuel d'enjeux protégés par le projet) NMA : Nombre moyen annuel (d'enjeux en zone inondable)

ORSEC (dispositif) : Organisation de la réponse de sécurité civile

PAC : Politique agricole commune

PC : Poste de commandement

Annexes

PCS : Plan communal de sauvegarde

PLU : Plan local d'urbanisme

PPR : Plan de prévention des risques

RATP : Régie autonome des transports parisiens

RER : Réseau express régional

RFF : Réseau ferré de France

RGP : Registre parcellaire graphique

SDIS : Service départemental d'incendie et de secours

SNCF : Société nationale des chemins de fer Français

STEU : Station de traitement des eaux usées

STEP : Station d'épuration des eaux usées

TMJA : Trafic moyen journalier annuel

VAN : Valeur actualisée nette (mesure de la valeur nette produite par un projet)

ZI : Zone inondable

ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique

A-5. Liste des bases de données mobilisées

Sirene® : Système informatique pour le répertoire des entreprises et de leurs établissements (base de données Insee)

BDHI : base de données des événements historiques (base de données DGPR)

GASPAR : Gestion assistée des procédures administratives relatives aux risques naturels et technologiques (base de données DGPR)

CLAP : Connaissance locale de l'appareil productif (base de données Insee)

BD TOPO : base de données du référentiel grande échelle (RGE) de l'IGN

MAJIC : base de données du foncier de la Direction générale des finances publiques (DGFIP)

Données de population carroyées : données de population par carreau de 200 m x 200 m (Insee)

FINESS : Fichier national des établissements sanitaires et sociaux (ministère des Affaires sociales et de la Santé)

BDERU : Base de données des Eaux résiduaires urbaines (ministère de la Transition Écologique et Solidaire)

Base des installations classées (DGPR)

SINOE : Système d'information et d'observation de l'environnement (Ademe)

IREP : Registre français des émissions polluantes (DGPR)

INPN : Inventaire national du patrimoine naturel (Muséum national d'histoire naturelle)

S3IC : Système d'information de l'inspection des installations classées (DGPR)

Museofile : répertoire des musées français (ministère de la Culture)

CLC : CORINE Land Cover, base de données d'occupation du sol (CGDD/SDS)

RPG : Registre parcellaire graphique : données de la politique agricole commune, disponibles sur le site du Géoportail

Annexes

Barèmes d'indemnisation des calamités agricoles : base de données départementale établie par les DDT et les chambres d'agriculture

RGA : Recensement général agricole : données de structure sur les exploitations agricoles

SAA : Statistique agricole annuelle – Agreste : statistiques d'utilisation des terres et de production agricole (établies par les DREAL)

RICA : Réseau d'information comptable agricole – Agreste : rendements, produits bruts, prix, marges brutes et VA pour une exploitation type, classé par orientation technico-économique des exploitations

Conditions générales d'utilisation

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille — 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1er juillet 1992 — art. L.122-4 et L.122-5 et Code pénal art. 425).

Directrice de publication : Laurence Monnoyer-Smith

Rédactrice en chef : Laurence Demeulenaere

Dépôt légal : mars 2018

ISSN : 2552-2272



Ce guide méthodologique présente une méthode d'évaluation socio-économique des mesures de prévention des inondations, basée sur une approche multicritère. Destiné aux porteurs des projets de gestion des inondations (collectivités, établissements publics territoriaux de bassins), aux DREAL et aux DDT ainsi qu'aux bureaux d'études qui travaillent avec eux, il fournit des recommandations et des outils pour évaluer le bien-fondé des mesures envisagées sur les territoires.



Ce guide constitue une mise à jour du guide AMC inondation de juillet 2014. Il intègre les résultats des travaux menés par le groupe de travail national « AMC inondation » entre novembre 2014 et septembre 2017. Le pilotage de ce travail a été assuré par le CGDD en lien étroit avec la DGPR.

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



commissariat général au développement durable

Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du
développement durable
Sous-direction de l'économie des ressources naturelles et des
risques (ERNR)

Tour Séquoia
92055 La Défense cedex
Courriel : ernr.seeidd.cgdd@developpement-durable.gouv.fr

www.ecologique-solidaire.fr



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE