

Outil et méthode d'identification de la modification/réduction du risque d'inondation

Rapport technique



Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport n° 237



Avec le soutien de :



HKV Hydrokontor
Aix-la-Chapelle

HKV Consultants/Lijn in water
Lelystad

Groupe d'experts HIRI de la CIPR :

Hendrick Buiteveld (président)
HKV Hydrokontor / HKV Consultants/Lijn in water: Gesa Kutschera, Ton Botterhuis, Marit Zethof, Jan Stijnen
Wolfgang Zwach (DE-HE), Lennart Gosch (DE-BW), Jürgen Reich (DE-BW)
Holger Kugel (CIPMS)
Urs Nigg (CH), Markus Hostmann (CH)
Jean-Pierre Wagner (FR), Régis Creusot (FR)
Max Schropp (NL), Frank Alberts (NL)
Clemens Neuhold (AT), Andreas Kaufmann (AT), Gerard Huber (AT-V)
Emanuel Banzer (LI), Stephan Wohlwend (LI), Catarina Proidl (LI)
Reinhard Vogt, Sabine Siegmund (HWNG Rhein)

Secrétariat de la CIPR :

Anne Schulte-Wülwer-Leidig, Adrian Schmid-Breton
Dominique Falloux, Isabelle Traue, Fabienne van Harten, Marianne Jacobs

Editeur:

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Coblenz
Postfach 20 02 53, D 56002 Coblenz
Téléphone +49-(0)261-94252-0, téléfax +49-(0)261-94252-52
Courrier électronique: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

ISBN ???

© IKS-R-CIPR-ICBR 2016

Sommaire

Introduction	2
1. Mode de calcul du risque d'inondation	4
2. Méthodes d'évaluation du risque auquel sont exposés la santé humaine et les enjeux 'environnement', 'patrimoine culturel' et 'activité économique' et capacités générales de l'outil.....	7
2.1. Santé humaine.....	7
2.2. Environnement.....	9
2.3. Patrimoine culturel.....	13
2.4. Formule de calcul pour l'environnement et le patrimoine culturel	14
2.5. Activité économique.....	16
2.6. Potentialités générales, hypothèses et limites de l'outil et des méthodes.....	19
3. Données (d'entrée) pour l'utilisation de l'outil.....	20
3.1. Généralités	20
3.2. Précisions sur les données fournies et le traitement des données	23
3.2.1. Données CORINE sur l'occupation des sols	23
3.2.2. Hauteurs d'eau	24
3.2.3. Probabilités d'inondation et protection contre les inondations (voir également au chapitre 4)	25
3.2.4. Données de calcul des dommages sur la santé humaine et les enjeux 'environnement', 'patrimoine culturel' et 'activité économique'.....	26
4. Mesures et indicateurs.....	29
4.1. Généralités	30
4.2. Indicateurs sur la santé humaine.....	33
4.3. Indicateurs sur l'enjeu 'Environnement'.....	39
4.4. Indicateurs sur les enjeux 'activité économique' et 'patrimoine culturel'.....	42
4.4.1. Prévention (I).....	42
4.4.2. Protection contre les inondations (II).....	61
4.4.3. Préparation aux inondations (III).....	62
4.4.4. Gestion des catastrophes (III.2)	66
4.5. Combinaison de mesures.....	70
4.6. Indications sur l'utilisation d'indicateurs, sur les hypothèses importantes retenues et sur les restrictions d'utilisation	70
4.7. Analyse de sensibilité sur l'effet théorique des mesures sur la réduction du risque d'inondation.....	72
4.7.1. Avant-propos	72
4.7.2. Détermination des fourchettes de résultats	73
4.7.3. Analyse de l'effet de mesures individuelles.....	74
5. Outil d'identification de la réduction du risque d'inondation, étapes et exemples de calcul.....	76
5.1. Etapes de calcul	76
5.2. Généralités sur l'outil	77
5.3. Exemple de calcul : utilisation du module « Economie »	82
6. Conclusions et recommandations générales	85
Annexes	86
Bibliographie.....	118

Index des illustrations

Figure 1 :	méthode appliquée à l'analyse des risques	6
Figure 2 :	méthode d'évaluation de l'enjeu 'santé humaine'	8
Figure 3 :	exemple de présentation de l'impact des installations classées sur les enjeux écologiques	9
Figure 4 :	procédure appliquée dans l'analyse du risque découlant des conséquences économiques compte tenu de mesures.....	16
Figure 5 :	fonctions de dommages de l'Atlas du Rhin 2001	17
Figure 6 :	organigramme relatif aux indicateurs sur la santé humaine	38
Figure 7 :	représentation de la mesure « Protection technique des bâtiments (I.3.2) » eu égard à l'enjeu 'environnement'	40
Figure 8 :	présentation de la mesure « Aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme (I.1.1) »	45
Figure 9 :	présentation de la mesure 'préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée (France = PPRI) (I.1.2)'	47
Figure 10 :	présentation de la mesure « Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation (I.3.1) »	50
Figure 11 :	modification de la fonction des dommages immobiliers (zones urbaines et industrie) sous l'effet de la mesure de « prévention en matière de construction (I.3) »	50
Figure 12 :	modification de la fonction des dommages mobiliers (zones urbaines et industrie) sous l'effet de la mesure de « prévention en matière de construction (I.3) »	51
Figure 13 :	présentation de la mesure « Protection technique des bâtiments (I.3.2) »	53
Figure 14 :	modification de la fonction des dommages immobiliers et mobiliers (zones urbaines et industrie) sous l'effet de la mesure « Protection technique des bâtiments (I.3.2) »	54
Figure 15 :	présentation de la mesure « Stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté au risque d'inondation (I.3.3) »	56
Figure 16 :	modification de la fonction des dommages immobiliers (industrie) sous l'effet de la mesure de « stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté aux risques d'inondation (I.3.3) »	57
Figure 17 :	modification de la fonction des dommages mobiliers (zones urbaines et industrie) sous l'effet de la mesure de stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté au risque d'inondation	57
Figure 18 :	organigramme sur l'indicateur « Mise à disposition de cartes des zones inondables et de cartes des risques d'inondation et sensibilisation à la	

prévention individuelle, information et préparation aux inondations (I.4.1) »	60
Figure 19 : organigramme sur l'indicateur « Prévention par l'information (informations sur les crues et prévision des crues) (III.1.1) »	65
Figure 20 : organigramme sur l'indicateur « Avertissement des personnes touchées/plan d'alerte et d'intervention/exercices et formation (III.2.1) »	69
Figure 21 : modification du risque (économique) d'inondation (état 2005) avec application/calcul de différentes variantes	74
Figure 22 : modification du risque dans les calculs effectués avec des indicateurs individuels par rapport à la variante « état 2005 sans mesures y compris croissance des dommages potentiels » en %	75
Figure 23 : boîtes à outils/ModelBuilder dans ArcGIS	77
Figure 24 : exemple du ModelBuilder Damage Assessment, y compris fonction d'aide	78

Index des tableaux

Tableau 1 : classes de niveaux d'eau de l'Atlas du Rhin 2015	7
Tableau 2 : critères d'évaluation de la sensibilité écologique et de la sensibilité écologique des enjeux dépendant du milieu aquatique.....	10
Tableau 3 : échelle et critères de description de l'impact sur l'enjeu 'environnement'.....	12
Tableau 4 : matrice de vulnérabilité	12
Tableau 5 : méthode d'évaluation des dommages pour l'environnement.....	13
Tableau 6 : importance culturelle du patrimoine culturel historique.....	14
Tableau 7 : matrice d'évaluation des dommages culturels.....	14
Tableau 8 : données requises et données fournies	21
Tableau 9 : unité, échelle et format des indicateurs	22
Tableau 10 : indice des prix à la consommation/PIB et modification annuelle moyenne	29
Tableau 11 : parités de pouvoir d'achat de l'Allemagne et de l'Autriche (DE = Allemagne ; le pouvoir d'achat est considéré équivalent à 100% en 2013 en Allemagne (DE = 100%)).	29
Tableau 12 : liste des mesures et indicateurs.....	31
Tableau 13 : effet maximal de l'indicateur 'aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme (I.1.1)'	44
Tableau 14 : variantes de calcul	73
Tableau 15 : exemple de tableau présentant les résultats pour la santé humaine .	79
Tableau 16 : exemple de tableau présentant les résultats pour l'enjeu 'environnement'.....	80
Tableau 17 : exemple de tableau présentant les résultats pour l'enjeu 'patrimoine culturel'.....	80
Tableau 18 : exemple de tableau présentant les résultats des dommages économiques.....	82

Registre des annexes

Annexe 1-	Tronçons du Rhin.....	87
Annexe 2 -	Structure générale de l'outil et des calculs par la CIPR (le poster sera traduit séparément en DE, FR, NL).....	88
Annexe 3 -	Probabilités d'inondation.....	89
Annexe 4 -	Fonctions de dommages et catégories CLC.....	93
Annexe 5 -	Valeurs patrimoniales spécifiques (€/m ²) de 1995 à 2020+	95
Annexe 6 -	Questionnaire et modèle de tableau pour la collecte de données dans le cadre du projet CIPR sur les mesures mises en œuvre et les mesures programmées en relation avec les indicateurs.....	99
Annexe 7 -	Evolution démographique.....	103
Annexe 8 -	Comparaison entre les données CORINE relatives à la modification relative des surfaces et celles relatives à l'évolution démographique	104
Annexe 9 -	Exemple de plusieurs masques de données (input et output) sur le risque économique (en anglais)	105
Annexe 10 -	Relevé des données fournies, informations importantes et restrictions.....	108
Annexe 11 -	Relevé des données fournies sur les indicateurs.....	109
Annexe 12 -	Détails et informations complémentaires sur la fourniture des données nationales sur les indicateurs.....	112
Annexe 13-	Matrice d'interdépendance (zones endiguées et non endiguées)....	113
Annexe 14-	Explication de la méthode de calcul de l'enjeu 'santé humaine', mesures incluses, à l'exemple d'une cellule	115
Annexe 15 -	Influence de la taille des cellules raster.....	117

Statut du document

Pour identifier les effets de mesures sur le risque d'inondation, la **CIPR** a mis au point une **méthode** qu'elle a intégrée dans un **système d'information géographique (SIG)**.

Le présent **rapport technique** (rapport CIPR n° 237, 2016) décrit la méthode et le mode de calcul appliqués à l'outil CIPR visant à identifier la modification/réduction du risque d'inondation découlant de la prise de mesures et présente l'outil, ses méthodes, données, indicateurs et hypothèses pour les futurs utilisateurs, par ex. au sein d'autres commissions fluviales, et documente ainsi la procédure.

Le **rapport de synthèse** (rapport CIPR n° 236, 2016) intègre une synthèse de la méthode et des résultats des calculs réalisés à l'aide de l'outil d'identification de la modification/réduction du risque d'inondation sur le cours principal du Rhin découlant de la prise de mesures. Il présente par ailleurs une évaluation de l'effet de mesures et d'indicateurs, des recommandations sur l'utilisation future de l'outil par la CIPR et par des tiers, et des règles s'appliquant à la transmission de cet outil.

La phase de mise au point de la méthode et de l'outil SIG et la phase de calcul consécutive effectuée au moyen de cet outil se sont déroulées de 2013 à 2016 dans le cadre de la CIPR avec l'aide du consortium HKV Hydrokontor et HKV Lijn in Water. Le groupe d'experts CIPR 'Analyse du risque d'inondation' subordonné au Groupe de travail 'Inondations' a assuré le suivi du mandat.

Indications sur la transmission de l'outil à des utilisateurs tiers

L'outil et son guide d'utilisation (Users Guide) peuvent être transmis à des tiers. Cette transmission, gratuite en règle fondamentale, peut éventuellement prévoir une indemnisation des frais engagés.

Les futurs utilisateurs travaillent avec l'outil sous leur propre responsabilité. En contrepartie, les utilisateurs sont priés de faire rapport de leurs expériences acquises avec l'outil (et éventuellement des résultats obtenus), de même que des perfectionnements accessoirement apportés à cet outil.

Si des perfectionnements sont apportés à l'outil, il en sera remis une copie gratuite à la CIPR.

Les données utilisées pour les calculs et des données de sortie (résultats des calculs) sont transmissibles à tiers sous réserve de l'accord du propriétaire respectif de ces données.

Introduction

En 1998, les Etats riverains du Rhin ont convenu dans le Plan d'Action contre les Inondations (PAI, 1998) quatre grands objectifs, l'un étant de réduire le risque de dommages liés aux inondations de 10% d'ici 2005 et de 25% d'ici 2020 par rapport à 1995. Jusqu'à présent, la CIPR a régulièrement réalisé des évaluations dans le cadre du PAI. Pour déterminer la réduction des risques de dommages, on s'est fondé en 2000 et 2005 sur une méthode plutôt qualitative (voir rapport CIPR n° 157).

L'objectif central de la directive sur la gestion des risques d'inondation (DI ; directive 2007/60/CE) entrée en vigueur en 2007, est de réduire les conséquences négatives potentielles d'une inondation pour la vie et la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique. Une évaluation est prévue dans le cadre du réexamen régulier du [Plan de gestion des risques d'inondation du district hydrographique international Rhin \(PGRI Rhin, partie A\)](#) et de la mise en œuvre de la DI sur la base de cycles de 6 ans. De manière analogue à ce qui a été fait pour le PAI, la CIPR doit effectuer à l'avenir une évaluation de l'évolution du risque d'inondation sur le cours principal du Rhin dans son ensemble en tenant compte des mesures mises en œuvre dans le cadre du PGRI.

A cette fin, la CIPR a mis au point un outil d'évaluation pouvant être utilisé à la fois pour vérifier le PAI et pour le PGRI Rhin, partie A. Cet outil mis au point lui a permis d'effectuer pour la première fois des calculs à l'échelle du cours principal du Rhin. Les résultats sont exposés dans le rapport de synthèse.

Le risque d'inondation est défini comme le produit des dommages potentiels et de leur probabilité d'occurrence. La DI fait la distinction entre santé humaine, environnement, patrimoine culturel et activité économique.

Pour déterminer les risques d'inondation auxquels sont exposés les quatre enjeux, on intègre dans les calculs les indications nationales rassemblées pour le Rhin dans les cartes des risques d'inondation (CRI) dressées au titre de la DI (voir [Atlas du Rhin 2015](#)). En outre, les mesures théoriques, planifiées ou réalisées, conformément à la classification de la DI (voir « [Guidance for Reporting under the Floods Directive \(2007/60/EC\)](#) ») sont prises en compte et leur effet sur la réduction du risque est estimé.

Dans le cas de la santé humaine, le paramètre retenu est celui du nombre de personnes touchées par une inondation.

Une autre approche est choisie pour les enjeux 'environnement' et 'patrimoine culturel' avec une classification combinant des classes de hauteur d'eau et des classes de vulnérabilité des zones protégées potentiellement touchées et d'importance du patrimoine culturel. Il en résulte une matrice qui permet d'évaluer les dommages potentiels. Pour les quatre enjeux, l'examen se focalise sur les conséquences/dommages directs¹ occasionnés par les inondations.

Pour déterminer le risque concernant l'activité économique, on utilise les cartes d'occupation des sols Corine Land Cover (CLC) et les cartes des zones inondables (CZI) établies au titre de la DI (voir [Atlas du Rhin 2015](#)) et disponibles pour le cours principal du Rhin dans son ensemble, bien que les différents Etats utilisent le plus souvent des cartes d'occupation des sols plus détaillées disponibles au niveau national. Pour l'activité économique, il est déterminé un risque monétaire à partir d'une hauteur d'inondation, d'une période de retour et de valeurs patrimoniales données.

¹ Les dommages indirects, par ex. ceux dus aux interruptions de production, ne sont donc pas estimés.

Les mesures qui ont un impact sur le risque d'inondation peuvent se décliner en mesures ayant un effet sur la probabilité d'inondation et en mesures ayant des répercussions négatives sur les conséquences potentielles/les dommages.

Des catégories de mesures ont été déterminées au niveau de l'UE dans le cadre de la DI. Les catégories de mesures utilisées ici sont subdivisées comme suit : 'prévention', 'protection' et 'préparation'. Les deux catégories 'prévention' et 'préparation' englobent des mesures qui limitent en premier lieu les conséquences potentielles des inondations, par ex. des mesures non structurelles, de sensibilisation, d'établissement de prévisions et de gestion de crise. Les mesures de 'protection' se répercutent en premier lieu sur la modification de la probabilité d'inondation, par exemple sous forme d'abaissement des niveaux d'eau dans le cas de mesures de rétention telles que les espaces de rétention et les reculs de digues.

On a défini des « indicateurs » pour suivre le processus de mise en œuvre des mesures prévues. Ils doivent :

1. être représentatifs de grands groupes de mesures et
2. être également mesurables avec les bases de données disponibles.

Pour chaque indicateur, il est défini un rapport entre le taux de mise en œuvre d'une mesure et les conséquences en découlant, soit sur la base de données quantifiées quand il est possible de les obtenir, soit également sur la base de 'jugements d'experts'. L'effet d'une mesure résulte de la combinaison de son effet maximal potentiel et de son degré de réalisation associé à chaque échéance temporelle et à chaque secteur géographique.

Les systèmes d'information géographique (SIG) offrent de bonnes opportunités de combinaison de différents types d'informations et de données pour réaliser une analyse du risque. A cette fin, la CIPR a mandaté le consortium HKV Hydrokontor et HKV Lijn in Water de mettre au point un outil correspondant sous forme d'application SIG.

Information sur l'objectif et la structure du document

Ce document technique décompose sous forme compréhensible pour les utilisateurs de la CIPR ou autres le mode de calcul et la démarche appliqués dans l'outil.

Il décrit la méthode de calcul, variable selon l'enjeu (santé humaine, environnement, patrimoine culturel, activité économique), les données nécessaires, les liens entre les mesures et les indicateurs définis et la manière dont sont calculés les effets des mesures.

Information sur la méthode et les données de base : la méthode spécifique d'estimation des risques d'inondation et de l'effet des mesures sur l'évolution de ces risques, de même que les bases de données disponibles mises en commun à échelle grossière pour le bassin du Rhin peuvent s'écarter des méthodes nationales de calcul et des résultats nationaux fondés sur des bases de données plus précises (par ex. dans le cadre des plans nationaux de gestion des risques d'inondation).

Il existe par ailleurs un **manuel technique** pour **l'utilisation pratique de l'outil** (Users guide) qui sera mis à la disposition des futurs utilisateurs.

Des informations plus détaillées figurent dans le **rapport final interne** du consortium².

² Disponible sur demande auprès de la CIPR.

Structure du document

Les chapitres 1 et 2 exposent la méthode générale de calcul du risque d'inondation, la méthode spécifique d'évaluation des enjeux 'santé humaine', 'environnement', 'patrimoine culturel' et 'santé humaine' ainsi que les hypothèses appliquées en relation avec ces méthodes.

Le chapitre 3 présente l'éventail des données nécessaires à l'utilisation de l'outil et soumet également déjà recommandations sur leur collecte, leur formatage et leur traitement.

Le chapitre 4 donne de plus amples précisions sur les mesures de gestion du risque d'inondation appliquées dans l'outil, sur l'utilisation des indicateurs requis pour retranscrire et évaluer les effets des mesures sur la réduction du risque, sur les informations collectées, les modes de calcul définis et les hypothèses qui les sous-tendent.

Le chapitre 5 présente l'outil en détail et décrit la façon dont les données sont intégrées dans l'outil, ses différents modules de calcul ainsi que quelques types de représentation des résultats (tableaux, cartes). Le déroulement complet d'un calcul-type y est également présenté. Un manuel spécifique (Users Guide), disponible à la CIPR, complète ce chapitre.

Le chapitre 6 présente les conclusions concernant l'utilisation de l'outil, les méthodes de calcul qui y sont liées et la méthode. On rappellera qu'un rapport de synthèse CIPR distinct (voir rapport CIPR n° 236, 2016) fournit quant à lui les résultats des calculs effectués et soumet des recommandations spécifiques.

1. Mode de calcul du risque d'inondation

Le présent chapitre expose le mode de calcul général appliqué dans l'outil pour déterminer le risque d'inondation³. Le calcul doit permettre en premier lieu de quantifier les modifications du risque d'inondation sous l'effet des mesures mises en œuvre. Pour le PAI, il s'agit de l'évaluation des mesures réalisées. Il est également possible d'évaluer les mesures prévues/à réaliser dans le futur. La CIPR a procédé à cette évaluation en lien avec la DI.

Les calculs du risque d'inondation ont été effectués avec un système d'information géographique (SIG). Les calculs effectués dans l'outil SIG⁴ se font au niveau de cellules de raster. Dans l'évaluation, les résultats des différentes cellules de raster sont agrégés dans un tableau au niveau souhaité : par ex. tronçons du Rhin (voir annexe 1), commune, district, région/Länder, Etat ou le Rhin dans son intégralité. Les résultats sont décrits ci-dessous sur la base d'une cellule de raster et pour un événement/un horizon donné. On procède ensuite à un calcul comparatif entre différentes années pour évaluer la modification du risque ou la réduction du risque consécutive à la mise en œuvre théorique ou réelle de mesures. Dans le cas des calculs de la CIPR, on s'est basé sur les horizons suivants du PAI : 1995, 2005, 2015, 2020 et 2020+ (~2030).

³ Le poster en annexe 2 présente sous forme synthétique la structure de l'outil avec ses 4 modules (ModelBuilders) « Damage assessment », « Risk assessment », « Measure impact » et en dernier lieu « Floodrisk reduction ».

⁴ La méthode de calcul a été mise en œuvre sous forme de boîte à outils et de ModelBuilders dans le logiciel SIG « ARC-GIS Desktop 10 » (= outil HIRI).

En règle générale, le risque d'inondation est défini comme le produit des dommages potentiels et de leur probabilité d'occurrence (La figure 1 donne un aperçu de la méthode appliquée à l'analyse des risques).

Formule générale du risque d'inondation :

Risque d'inondation (€/an ou nombre/an)

= *dommages potentiels attendus (€ ou nombre) x probabilité d'inondation (1/a)*

Formule abrégée : $R = D \times P$

avec :

R = risque d'inondation (en €/a ou nombre/a)

D = *dommages potentiels attendus en cas d'inondation (€ ou nombre)*

P = probabilité d'inondation (1/a)

Dans le PAI, il s'agit principalement du dommage/risque économique. La DI prescrit cependant d'évaluer également la santé humaine, l'environnement et le patrimoine culturel. La santé humaine est exprimée par le nombre de personnes touchées. L'environnement et le patrimoine culturel sont évalués sous forme de classes par une matrice de sensibilité (voir chapitre 2). Les explications présentées dans ce chapitre portent sur l'évaluation de l'activité économique.

En situation de crue, le niveau des dommages est déterminé par la profondeur d'inondation et l'occupation des sols/les biens/les enjeux/les valeurs en place dans le périmètre de l'inondation.

Il n'a pas été tenu compte de la vitesse d'écoulement dans le cadre de l'approche à échelle grossière décrite ici. Des explications plus détaillées sont données avec la description des différents enjeux.

La DI est un document d'ancrage important dans cette approche. Les cartes des zones inondables (CZI) établies dans le cadre de la DI pour les trois probabilités d'inondation (HQ10, HQ100 et HQextrême) ; également appelés « HQhigh », « HQmedium/med » et « HQextrême/ext » sont les documents de référence pour la hauteur d'eau. Le calcul de la réduction du risque tient compte de mesures tirées de différents champs d'action (prévention, protection et préparation). Ces catégories des mesures couvrent les aspects évoqués dans la DI (EU Common Implementation Strategy - CIS⁵). Différents jeux de la banque de données Corine Land Cover (CLC 1990 ou 2000 pour les horizons 1995 et 2005 et CLC 2006 pour les horizons 2015, 2020 et 2020+) ont été utilisés pour identifier l'occupation des sols (et son développement) et pour calculer les dommages économiques, car cette banque de données est disponible pour toute l'Europe à l'exception de la Suisse et du Liechtenstein (dans le cas de quelques jeux de données). Pour déterminer le risque pour la 'santé humaine' et le risque auquel sont exposés les enjeux 'environnement' et 'patrimoine culturel', on a utilisé les données que les Etats ont intégrées dans leurs cartes des risques d'inondation (CRI) dans le cadre de la mise en œuvre de la DI, c'est-à-dire ceux qui ont été agrégées dans l'Atlas du Rhin 2015.

⁵ Voir « Guidance for Reporting under the Floods Directive (2007/60/EC)- Guidance Document No. 29: A compilation of reporting sheets adopted by Water Directors », tableau 10.3-2
(Lien : <http://icm.eionet.europa.eu/schemas/dir200760ec/resources> et liste modifiée du LAWA
http://www.lawa.de/documents/Empfehlungen_zur_Aufstellung_von_HWRMPL_mit_Anlagen_563.pdf.)

Le risque d'inondation peut être influencé de deux manières : par la modification de la probabilité d'inondation (cf. annexe 3) et par l'influence exercée sur les dommages potentiels. La modification de la probabilité due à la prise de mesures d'abaissement des niveaux d'eau, telles que les mesures de rétention et l'élargissement du lit fluvial, est décrite dans le rapport CIPR n° 229 (voir synthèse en annexe 3).

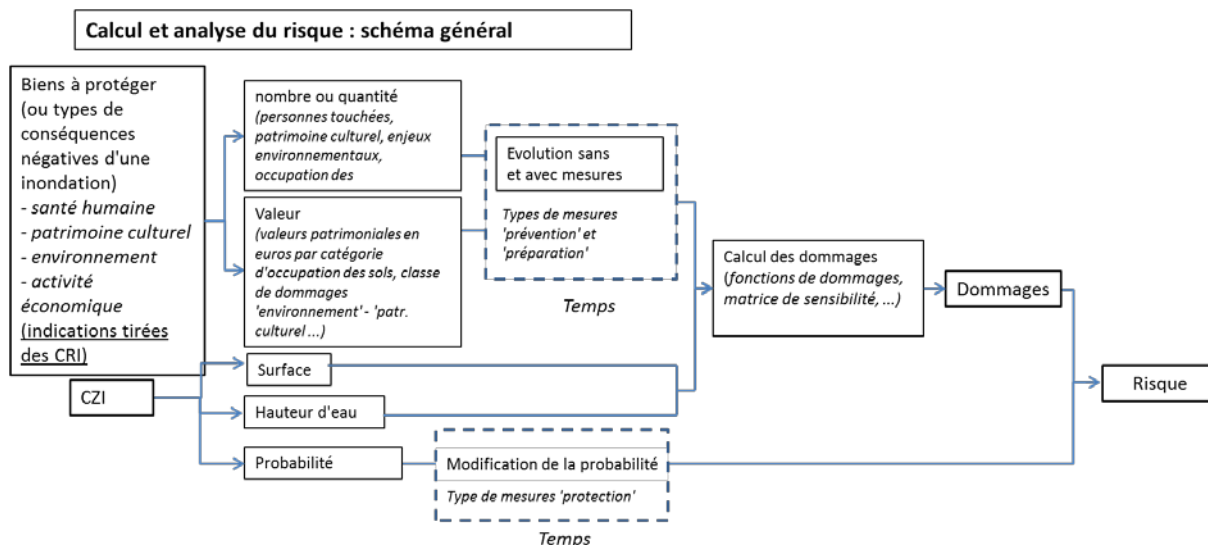


Figure 1 : méthode appliquée à l'analyse des risques

La modification du risque d'inondation se rapporte à une année de référence. Dans le cas du PAI, il s'agit de 1995.

Prenons par exemple un calcul sur une période ou entre deux horizons (ici 2005 par rapport à l'année de référence 1995). La modification du risque entre 2005 et 1995 est calculée comme suit :

$$\Delta R_{2005/1995} = (R_{2005} - R_{1995}) / R_{1995}$$

Dans le présent contexte, le dommage doit être interprété dans son sens le plus large, c'est-à-dire comme dommage économique, « dommage » causé à la santé humaine, au patrimoine culturel et à l'environnement. Les dommages économiques, en revanche, sont calculés sur la base des fonctions de dommages et des valeurs patrimoniales conformément à la méthode appliquée dans l'Atlas du Rhin 2001 (annexes 4 et 5). Pour satisfaire aux dispositions de la DE, une autre évaluation que celle de l'activité économique doit être effectuée pour les enjeux 'santé humaine', 'environnement' et 'patrimoine culturel'. On renverra ici au chapitre 2.

Par ailleurs, des indicateurs ont été déterminés par catégorie de mesure, conformément à la DI (voir chapitre 4). Un indicateur est ici une entité mesurable, un critère simplificateur permettant d'appréhender la réalité. Il a une fonction indicative et met en relief une évolution donnée. Les indicateurs doivent être mesurables et représentatifs des différentes catégories de mesures : ils fournissent des informations objectives et quantifiables sur la mise en œuvre de mesures. Chaque indicateur a un effet maximal attendu qui est estimé et défini sur la base de sources bibliographiques et de jugement d'experts. Les données nationales rassemblées sur la mise en œuvre des mesures (exprimées sous forme d'indicateurs) fournissent le degré de réalisation d'une mesure.

$$D_{\text{avec mesure}} = D_{\text{sans mesure}} \times (1 - \text{effet} \times \text{degré de réalisation})$$

Exemple : lorsqu'un dommage sans mesure s'élève à 1 000 euros et que le produit de l'effet et du degré de réalisation est de 20 %, le dommage est abaissé de 200 euros et le dommage restant correspond à 80 % du dommage initial, c'est-à-dire $1\,000 \times (1 - 0,2) = 800$ euros.

2. Méthodes d'évaluation du risque auquel sont exposés la santé humaine et les enjeux 'environnement', 'patrimoine culturel' et 'activité économique' et capacités générales de l'outil

Le présent chapitre expose les méthodes d'évaluation du risque pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique ainsi que les hypothèses appliquées en relation avec ces méthodes.

La méthode présentée ici et sur laquelle se fonde l'outil vise à effectuer une analyse macroscopique/à échelle grossière du risque d'inondation au niveau du bassin du Rhin (et plus précisément des 4 domaines susmentionnés) et des conséquences potentiellement négatives de différents scénarios d'inondation, de leur évolution dans le temps et dans l'espace et de leur réduction ou baisse possible au travers des multiples mesures mises en œuvre.

La méthode présentée ici peut également être appliquée à une échelle fine ou à un niveau local. Pour ce faire, il faut également ajuster les données de base au niveau souhaité à échelle fine.

Les trois enjeux 'santé humaine', 'patrimoine culturel' et 'environnement' ne sont pas monétarisés. Ils se basent sur des jugements d'experts et des hypothèses spécifiques d'une nature autre que l'enjeu 'activité économique'. A cette fin, la CIPR a **défini de nouvelles méthodes/nouveaux modes de calcul**, c'est-à-dire que le nombre de **personnes** potentiellement **touchées, de zones protégées ou de biens culturels** a été déterminé sur la base des classes de niveau d'eau de l'Atlas du Rhin 2015⁶ (tableau 1). Ces méthodes sont présentées dans les chapitres 2.2 - 2.4.

Tableau 1 : classes de niveaux d'eau de l'Atlas du Rhin 2015

Echelle	Critère
1	$h < 0.5 \text{ m}$
2	$0.5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$
3	$2 \text{ m} < h < 3 \text{ m}$
4	$3 \text{ m} < h < 4 \text{ m}$
5	$> 4 \text{ m}$

La monétarisation de l'enjeu 'activité économique' en revanche est rendue possible en combinant différentes informations/données économiques avec des données sur les profondeurs d'eau (voir chapitre 2.1).

2.1. Santé humaine

L'enjeu 'santé humaine' est quantifié à partir du nombre de personnes touchées et/ou menacées.

Une méthode à deux niveaux a été mise au point dans le cadre de ce projet :

1. Représentation de toutes les personnes touchées indépendamment de la hauteur d'eau ou d'autres paramètres. En complément, le nombre de personnes touchées peut être déterminé pour les classes de niveau d'eau définies dans le cadre du projet de la CIPR.

⁶ <http://www.iksr.org/fr/documentsarchive/atlas-du-rhin/index.html>

2. Détermination du nombre de personnes qui ne (peuvent ou veulent) pas se mettre à l'abri ou être évacuées via un taux de mise en sûreté spécifique à l'Etat ou à la zone donnée.

Le risque est calculé de la manière suivante :

Risque 'santé humaine' = nombre de personnes touchées x (1 – taux de mise en sûreté) x probabilité [nombre/an]

La méthode proposée est représentée dans le graphique 2.

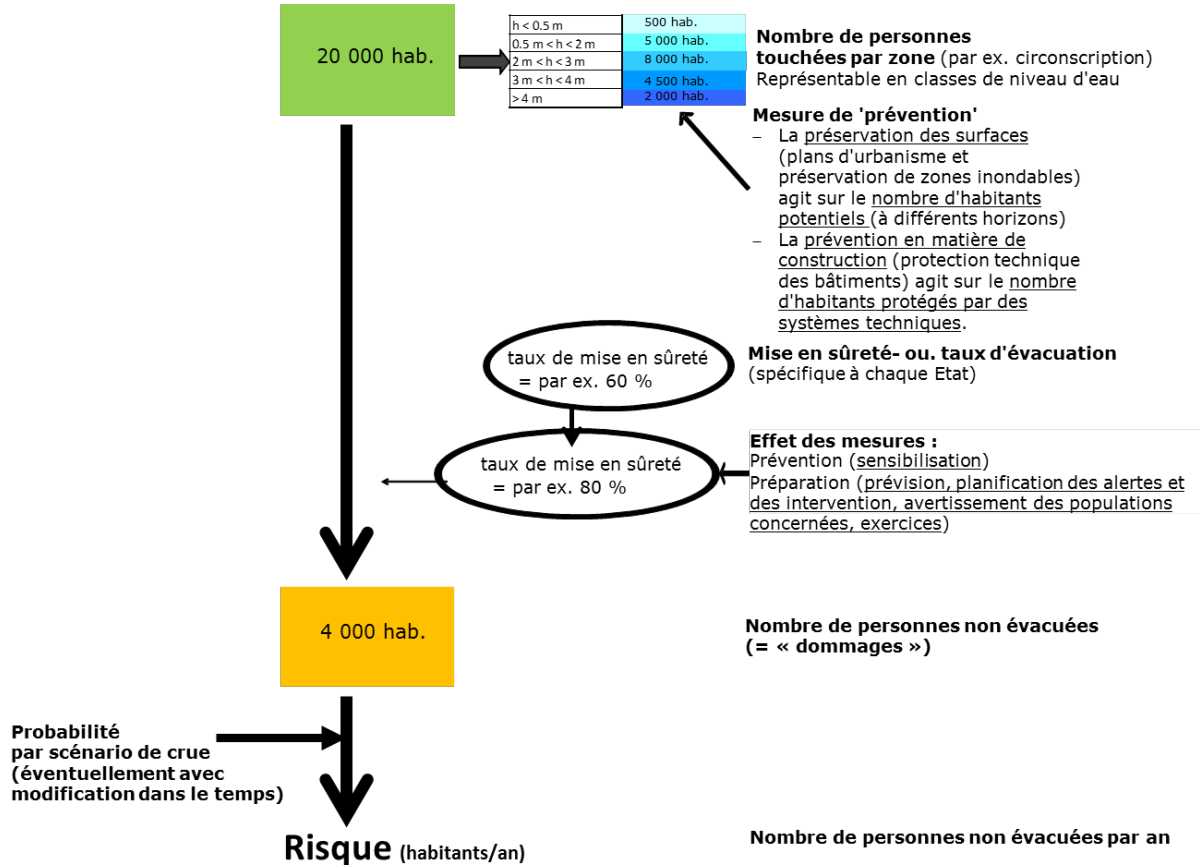


Figure 2 : méthode d'évaluation de l'enjeu 'santé humaine'

Les données démographiques déterminées pour l'horizon 2015 (mise à jour de l'Atlas du Rhin) ont été prises comme base et converties pour les autres horizons (scénarios), conformément aux modifications relatives spécifiques à l'échelle régionale déterminées dans le tableau en annexe 7, afin que soit prise en compte l'évolution démographique sur la période allant de 1995 à 2020+ (cf. annexe 8).

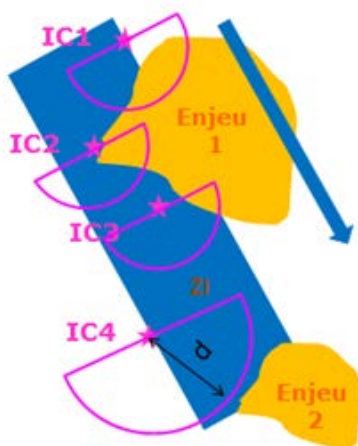
Pour chaque scénario d'inondation, le nombre total d'habitants touchés en 2015 est tiré des calculs réalisés par les Etats/Länder et qui ont été fournis dans le cadre du processus d'élaboration de l'Atlas du Rhin 2015.

Les données sur les personnes touchées par une inondation (Atlas du Rhin) ne sont malheureusement pas géographiquement suffisamment détaillées pour être directement utilisées. On a donc opté pour une répartition géographique réaliste en conformité avec le niveau de détail des données Corine Land Cover en géolocalisant uniquement les personnes touchées dans les zones construites.

Cette méthode peut donner lieu à des écarts notables par rapport aux chiffres recensés sur les personnes touchées dans le cadre du plan national de gestion des risques d'inondation. Pour une analyse à petite échelle ou régionale, il s'impose techniquement de recourir aux informations plus détaillées des plans régionaux/nationaux de gestion des risques d'inondation.

2.2. Environnement

Cette nouvelle méthode d'évaluation des risques environnementaux liés aux inondations enjeux/zones protégées visés à l'annexe IV, point 1 i) et v) de la directive 2000/60/CE⁷ part du principe que les dommages occasionnés aux masses d'eau de surface en bon ou très bon état écologique et aux enjeux/zones protégées visés à l'annexe IV, point 1 i) et v) de la directive 2000/60/CE⁸ ne sont pas générés par la crue proprement dite mais par l'inondation d'entreprises et d'installations que cette crue provoque. On entend par conséquences négatives les pollutions des eaux de crue causées par les établissements classés, les installations SEVESO et les stations d'épuration. Les éventuels dommages occasionnés par l'impact direct d'une inondation sur l'environnement ne sont pas pris en compte dans la présente étude.



En se fondant sur l'hypothèse posée pour cette estimation à échelle grossière qu'un enjeu ne peut être endommagé que s'il se trouve en aval d'une installation à risque submergée, les installations classées à risque IC 1 et 2 endommagent l'enjeu 1 alors que l'IC 4 - considérée dans le sens du courant - est en aval de l'enjeu 1 et n'occasionne de ce fait aucun dommage sur cet enjeu. L'IC 4 n'a pas non plus d'incidence sur l'enjeu 2 car la zone d'impact (représentée par les cercles violets) n'atteint pas cet enjeu.

Figure 3: exemple de présentation de l'impact des installations classées sur les enjeux écologiques
 Cette approche simplifiée pour l'estimation des risques d'inondation à échelle grossière s'écarte également, parfois même fortement, des analyses du risque d'inondation effectuées pour de telles installations dans le cadre des plans nationaux/régionaux de gestion du risque d'inondation.

En s'inspirant de la méthode appliquée à « l'évaluation de l'enjeu 'patrimoine culturel' » (voir ci-dessous), on a établi une matrice d'évaluation de l'enjeu 'environnement'. Comme déjà exposé ci-dessus, le paramètre d'influence n'est pas décrit uniquement par la crue en soi, c'est-à-dire par la profondeur d'eau, mais par le danger émanant des installations classées et des stations d'épuration urbaines (cf. tableau 3).

⁷ Cette approche simplifiée pour l'estimation des risques d'inondation à échelle grossière s'écarte également, parfois même fortement, des analyses du risque d'inondation effectuées pour de telles installations dans le cadre des plans nationaux/régionaux de gestion du risque d'inondation.

⁸ Zones désignées pour le captage d'eau destinée à la consommation humaine ; zones désignées pour la protection d'habitats ou d'espèces, (...), y compris sites Natura 2000 (...) L'annexe IV, numéro 1 iii) n'a pas été pris en compte.

En plus de données sur les réserves naturelles et les zones de protection de l'eau potable, la CIPR utilise les informations sur les stations d'épuration (Shape-File).

Les tableaux suivants sont présentés à titre d'exemple de description de la méthode mise au point par la CIPR.

Le tableau 2 présente les échelles et les critères de sensibilité écologique, de vulnérabilité et de capacité de régénération d'un enjeu environnemental :

En concertation avec le groupe de travail 'Ecologie' de la CIPR, on a déterminé ci-dessous la pondération relative de sensibilité pour les trois enjeux (1 étant la sensibilité la plus basse et 3 la plus élevée) (voir tableau 2) :

- Zones de protection de l'eau potable et des sources : sensibilité maximale (= 3). Motif : ces zones sont pertinentes en premier lieu pour la production d'eau potable, c'est-à-dire pour la santé humaine.
- Zones flore-faune-habitat (FFH) dépendantes du milieu aquatique : sensibilité moyenne (= 2) ; motif : ces zones constituent des habitats importants pour la faune et la flore dépendant du milieu aquatique. Une pollution des eaux toucherait un plus grand nombre d'espèces que dans une zone de protection des oiseaux.
- Zones de protection des oiseaux dépendant du milieu aquatique : faible sensibilité (= 1). Motif : ici, les conséquences négatives d'une pollution des eaux sont limitées pour l'essentiel aux espèces d'oiseaux (contrairement aux zones FFH).
- Masses d'eau de surface de la DCE (ou état écologique des eaux) : sensibilité moyenne (= 2) ; cinq classes d'état sont définies conformément à la DCE. On ne retient ici cependant que des masses d'eau en bon ou très bon état écologique, car elles sont les seules à perdre le statut de bon état requis par la DCE en cas d'inondation d'installations classées.
- Divers : autres enjeux environnementaux non définis. La classe de sensibilité choisie ici est la plus faible (= 1).

Tableau 2 : critères d'évaluation de la sensibilité écologique et de la sensibilité écologique des enjeux dépendant du milieu aquatique

Echelle		Critère 'sensibilité'	Enjeu 'environnement'
Quantitative	Qualitative		Description
1	faible	faible sensibilité écologique	Zones de protection des oiseaux dépendant du milieu aquatique, divers (autres enjeux environnementaux non définis)
2	moyenne	sensibilité écologique moyenne	Masses d'eau de surface (DCE)
3	élevée	sensibilité écologique élevée	Zones de protection de l'eau potable et des sources

Il est rappelé ici que la méthode mise au point et les hypothèses posées se basent sur des estimations d'experts. Cette approche simplifiée pour l'analyse à grande échelle s'écarte parfois des méthodes appliquées dans le cadre des plans nationaux/régionaux de

gestion du risque d'inondation (voir case ci-dessous). Pour une analyse régionale, il est judicieux de tenir compte éventuellement d'informations supplémentaires et d'approches tirées des plans de gestion du risque d'inondation établis au niveau régional ou à échelle fine.

Exemple du Bade-Wurtemberg :

Au Bade-Wurtemberg, on a renoncé à faire une différenciation selon la sensibilité des zones protégées potentiellement touchées dans le cadre de l'analyse des impacts d'inondation dans des installations classées, car on part du principe qu'une décontamination est également nécessaire sur les sols agricoles. Indépendamment des impacts des installations classées touchées par des inondations, les services administratifs spécialisés ont analysé la sensibilité spécifique des zones Natura 2000 face aux inondations. Il s'est avéré que le risque était plus élevé, même sans pollution par des entreprises classées dans une partie des zones car les biocénoses sont fortement perturbées (exemple : azuré des paluds). Ce risque peut être réduit dans le cadre des mesures Natura 2000.

Le tableau 3 présente quatre classes relatives à l'impact qui peut être décrit, parallèlement à la hauteur d'eau, par les classes de danger de la directive IPPC et le potentiel de pollution (toxicité) des substances stockées dans l'installation. Seule une classe sur les six catégories principales d'installations relevant de la directive IPPC est utilisée. Deux autres classes viennent s'y ajouter pour les installations SEVESO (seuil élevé SEVESO 2 et faible SEVESO 1- cf. annexe I de cette directive) et une dernière est créée pour les stations d'épuration urbaines (de toutes tailles, c'est-à-dire pour tous les équivalents habitants). On obtient ainsi 4 types d'installations au total (voir tableau 3).

La vulnérabilité est donc décrite par le biais de l'échelle. En pratique, l'outil recoupe les « impacts » de l'installation et les enjeux. Comme dans les modèles de propagation et de transport des polluants, les impacts sont définis dans le sens de l'écoulement selon une zone d'impact (distance de la source de risque par rapport à un enjeu environnemental donné). La propagation de polluants en cas de crue dépend tout particulièrement des propriétés des substances, de l'emballage, des conditions de stockage et de défaillance des dispositions de protection. Par simplification, on part globalement de l'hypothèse que la zone d'impact augmente lorsqu'augmente l'échelle, indépendamment des propriétés hydrauliques, de la baisse des concentrations et des pollutions. La zone d'impact a été fixée par la CIPR sur la base d'une estimation théorique du risque écologique général potentiel. Il a été supposé dans l'absolu qu'une installation SEVESO était plus dangereuse qu'une installation classée. Eventuellement présentes dans certains cas, les substances et leur quantité n'ont pas été prises en compte dans la présente démarche. Il s'agit là d'une estimation certes jugée réaliste par la CIPR, mais qui n'est pas (encore) étayée par des études scientifiques.

Tableau 3 : échelle et critères de description de l'impact sur l'enjeu 'environnement'

Echelle (Potentiel de pollution)		Critère	
Quantitative	Qualitative	Type d'installation	Distance d'impact, km
2	moyenne	IC	10
3	élevée	SEVESO1	20
4	très élevée	SEVESO2	50
2	moyenne	Station d'épuration	10

Etant donné que la hauteur d'eau et le potentiel de pollution⁹ émanant des substances stockées dans les installations à risque déterminent l'impact sur les enjeux, il s'impose de mettre au point une matrice de vulnérabilité (tableau 4) à partir du tableau 3 (potentiel de pollution) et du tableau 1 (classes de niveau d'eau : impact physique).

Tableau 4 : matrice de vulnérabilité

Potentiel de pollution	Impact physique (hauteurs d'eau)				
	1 h < 0,5 m	2 0,5 m < h < 2 m	3 2 m < h < 3 m	4 3 m < h < 4 m	5 > 4 m
1	1	1,5	2	2,5	3
2	1,5	2	2,5	3	3,5
3	2	2,5	3	3,5	4
4	2,5	3	3,5	4	4,5
5	3	3,5	4	4,5	5

L'évaluation du dommage écologique (voir tableau 5) se déduit de la matrice de vulnérabilité (voir tableau 4) et de la sensibilité écologique (voir tableau 2), compte tenu du sens de l'écoulement¹⁰.

⁹ Rappel : le « potentiel de pollution » correspond à l'échelle quantitative figurant dans le tableau 3.

¹⁰ Rappel : le potentiel de pollution a été fixé pour les types d'installations listées dans le tableau 3, tout comme la sensibilité des zones de protection exposées dans le tableau 2. En additionnant le potentiel de pollution et l'impact physique et en divisant cette somme par deux, on obtient la valeur de vulnérabilité, par ex. potentiel de pollution = 3 et hauteur d'eau = 2 donne un total de 5 divisé par 2 = 2,5.

Tableau 5 : méthode d'évaluation des dommages pour l'environnement

Potentiel de pollution	Annexes	Classes de hauteur d'eau	
1 (faible)		1	h < 0,5 m
2	Installations classées, STEP	2	0,5 m < h < 2 m
3	SEVESO1	3	2 m < h < 3 m
4	SEVESO2	4	3 m < h < 4 m
5 (élevée)		5	> 4 m

Echelle de l'importance écologique		Menace*				
		faible → élevé				
Sensibilité écologique	Type de zone protégée	1	2	3	4	5
		faible	Zones de protection des oiseaux dépendant du milieu aquatique, divers (autres enjeux environnementaux non définis)	1	1,5	2
moyen	Masses d'eau de surface (DCE)	1,5	2	2,5	3	3,5
élevé	Zones de protection de l'eau potable et des sources	2	2,5	3	3,5	4

*Menace = (degré de pollution + classes de niveau d'eau)/2

Classe de dommages (CD)	faible	moyenne	élevée
-------------------------	--------	---------	--------

2.3. Patrimoine culturel

Conformément à l'Atlas du Rhin 2015, des données ont été collectées pour les **quatre types distincts de patrimoine culturel matériel** : patrimoine culturel de l'humanité de l'UNESCO, monuments historiques, ensembles urbains protégés/sites historiques et divers (voir explications plus détaillées dans le [document d'arrière-plan de l'Atlas 2015](#)). La CIPR a mis au point une méthode d'évaluation de l'enjeu 'patrimoine culturel' fondée sur la vulnérabilité des différents types. La méthode s'oriente sur la procédure mise au point dans le cadre du projet de recherche XtremRisk subventionné par le ministère fédéral allemand de l'éducation et de la recherche - BMBF - (Dassayanake, 2012). Une méthode simplifiée a été mise au point sur la base des données agrégées pour l'estimation des risques d'inondation à échelle grossière.

Le choix des biens culturels et leur classification en fonction « de l'importance » peut de ce fait s'écarter parfois fortement de la méthode utilisée dans le cadre des plans nationaux/régionaux de gestion des risques d'inondation¹¹. Pour une analyse régionale, il s'impose sous l'angle technique de recourir aux informations plus détaillées des plans respectifs de gestion des risques d'inondation.

¹¹ Dans le Land allemand de Bade-Wurtemberg par exemple, les archives sont considérées comme des biens culturels. Ceux-ci sont en général très sensibles aux inondations et ne peuvent pas ou difficilement être restaurés en cas de sinistre. Rien que pour les Archives municipales de Cologne qui ont été détruites, on part d'un travail correspondant à 6 000 - 6 500 personnes/années pour restaurer les documents archivés qui n'ont pas été totalement détruits (voir en détail <http://www.stadt-koeln.de/leben-in-koeln/kultur/historisches-archiv/der-wiederaufbau-der-bestaende>).

Le tableau 6 donne un aperçu de l'importance qualitative et quantitative de différents types de patrimoine culturel en relation avec le critère d'évaluation de l'importance à une échelle donnée.

Tableau 6 : importance culturelle du patrimoine culturel historique

Description	Signification		Critère
	Quantitative	Qualité	
patrimoine culturel de l'humanité de l'UNESCO	3	élevée	importance internationale
ensembles urbains/sites historiques protégés	2	moyenne	importance nationale
monuments historiques	1	faible	importance locale
autres			

La classification et les critères des impacts physiques de la rétention hydrostatique (hauteur d'eau) et/ou des faibles vitesses d'écoulement (< 2 m/s) ont été repris de Dassayanake (2012) sous forme légèrement modifiée.

En combinant l'importance du patrimoine culturel (tableau 6) et la hauteur d'eau (tableau 1), on obtient la matrice d'évaluation du dommage causé au patrimoine culturel (tableau 7). Alors que les dommages attendus sont faibles quand la valeur du patrimoine culturel est également faible et les niveaux d'eau < 2 m, des niveaux d'eau dépassant 2 m ou plus se traduisent par des dommages moyens ou élevés sur le patrimoine culturel.

Tableau 7 : matrice d'évaluation des dommages culturels

Echelle de l'importance culturelle	Echelle de l'impact physique (niveau d'eau)				
	1 h < 0.5 m	2 0.5 m < h < 2 m	3 2 m < h < 3 m	4 3 m < h < 4 m	5 > 4 m
1 importance locale (monuments historiques, autres)	1	1,5	2	2,5	3
2 importance nationale (sites/périmètres urbains classés)	1,5	2	2,5	3	3,5
3 importance internationale (patrimoine culturel de l'humanité UNESCO)	2	2,5	3	3,5	4

Classe de dommages (CD)	faible	moyen	élevé
-------------------------	--------	-------	-------

2.4. Formule de calcul pour l'environnement et le patrimoine culturel

Pour l'environnement et les biens culturels, l'évaluation des dommages s'effectue par classe de dommages. Il est présenté ci-dessous à titre d'exemple la formule de calcul utilisée pour déterminer la somme des dommages culturels par classe de dommage (CD).

Le calcul des dommages écologiques est analogue :

$$D_{som_cult} = \sum_{i=1}^k NC_i \times D_{cult(i)}$$

avec :

D_{som_cult} = somme des dommages culturels

i = numéro de la cellule liée à une commune/un bien analysé

NC_i = nombre de cellules (i) avec dommages culturels situées dans une commune

$D_{cult(i)}$ = dommages culturels par cellule (i) située dans une commune Il est procédé de même pour le calcul de la somme des dommages culturels pour toutes les classes de dommages. Le calcul des dommages culturels avec mesures et celui du risque de dommages culturels sont effectués selon les définitions ci-dessus.

2.5. Activité économique

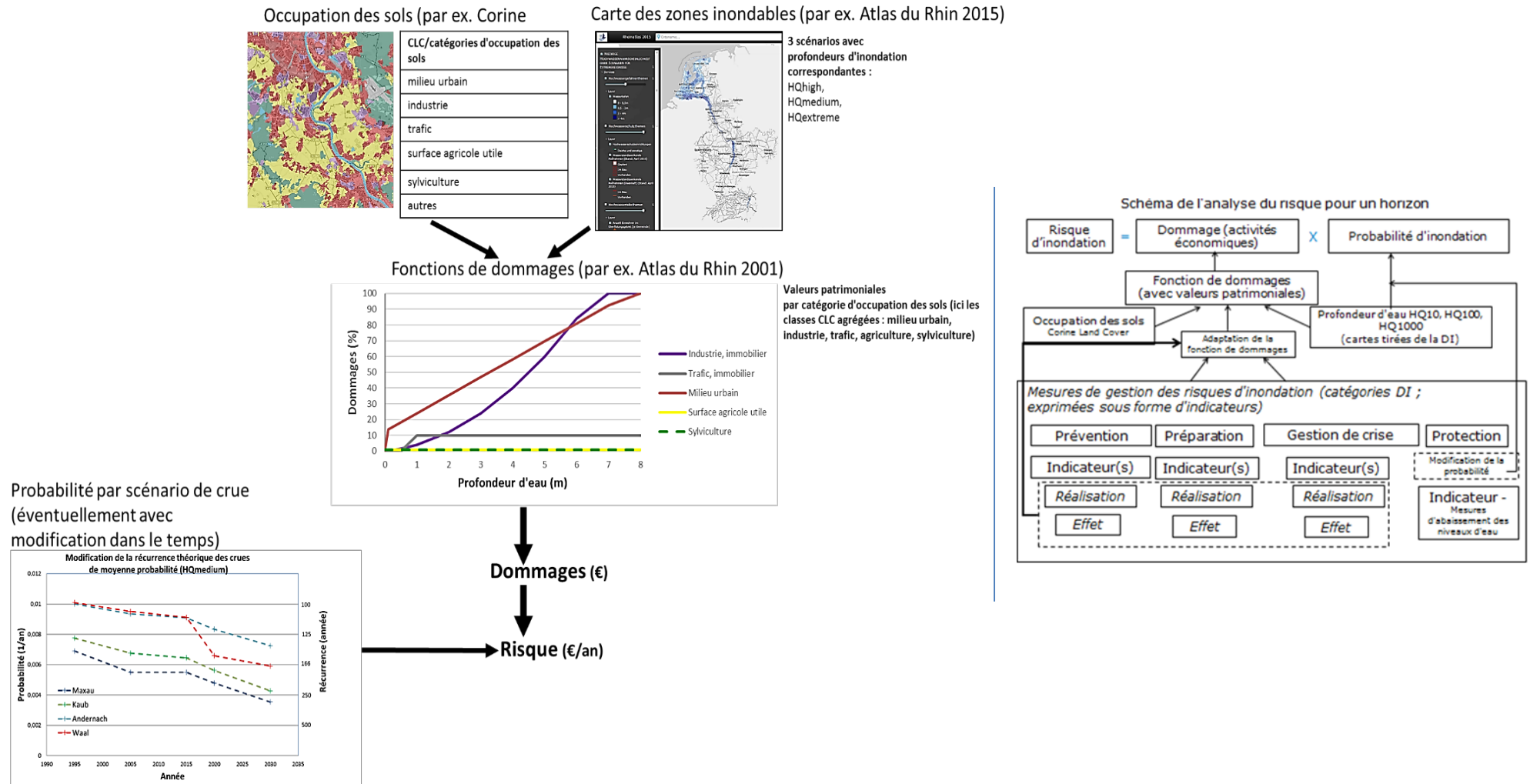


Figure 4 : procédure appliquée dans l'analyse du risque découlant des conséquences économiques compte tenu de mesures

On détermine les **dommages économiques potentiels** en se fondant sur la connaissance du rapport entre la profondeur d'eau et les dommages en résultant. Ce rapport est exprimé en fonctions de dommages. Dans le cadre de la CIPR, le calcul des dommages économiques potentiels directs est analogue à celui appliqué à l'Atlas du Rhin 2001, ce qui permet de garantir la comparabilité avec les résultats de calculs antérieurs. Il n'est pas tenu compte pour cette raison de dommages économiques dus à des pertes de production dans les entreprises touchées ou à l'interruption des chaînes de livraison. Ces dommages peuvent dépasser plusieurs fois les dommages potentiels directs, par exemple dans le secteur automobile. Dans le cadre de l'analyse du risque d'inondation à échelle grossière envisagée dans ce projet, on ne dispose des données nécessaires pour de telles analyses. En appliquant à échelle fine l'approche fondamentale, il s'impose sous l'angle technique de tenir compte de cet aspect.

Dans le cadre d'analyses régionales, il convient donc d'utiliser les données de base en général nettement plus détaillées. Ainsi, dans différents Etats/Länder par exemple, les dommages potentiels sont calculés sur la base de données spécifiques/détaillées relatives à l'occupation des sols ou d'informations d'utilisation pour différents bâtiments. Ceci permet d'en tirer des enseignements beaucoup plus détaillés.

Les hauteurs d'eau sont les données d'entrée utilisées pour appliquer les fonctions de dommages relatives aux usages. Les fonctions de dommages tirées de l'Atlas du Rhin 2001, qui sont représentées sous forme de formules en annexe 4 ou de graphiques (voir ci-dessous), sont reprises sans modification pour les catégories d'occupation des sols.

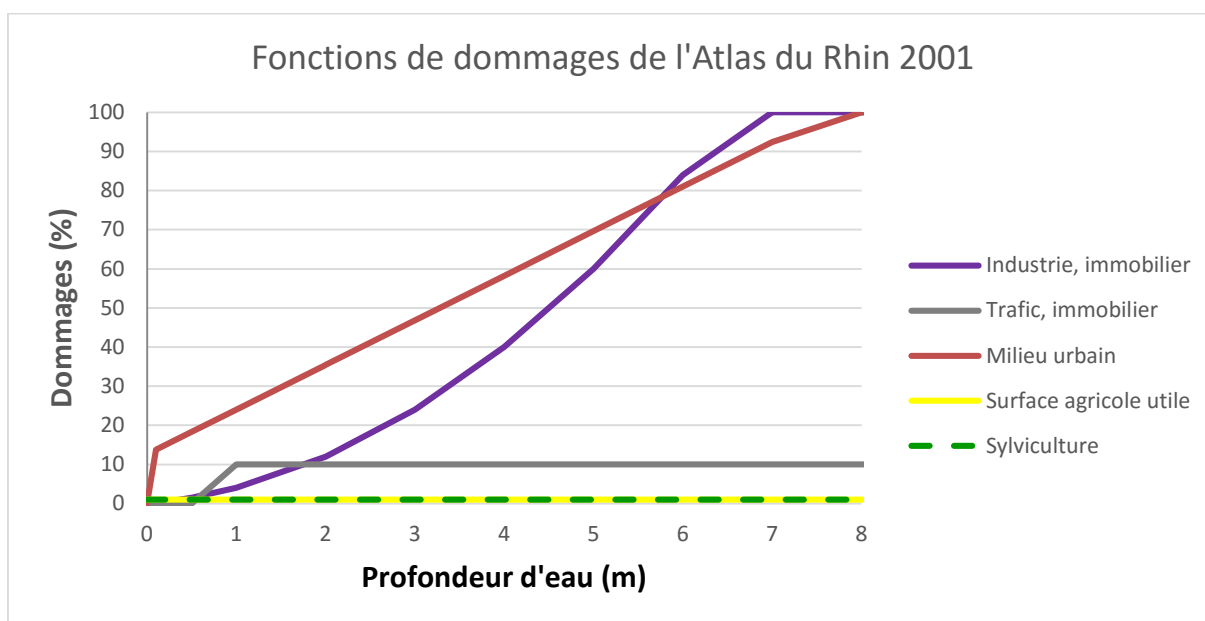


Figure 5 : fonctions de dommages de l'Atlas du Rhin 2001

Les valeurs patrimoniales spécifiques tirées de l'Atlas du Rhin 2001 (voir en annexe 4) sont adaptées pour les différents horizons sur la base de la croissance économique et/ou de l'indice des prix à la consommation au niveau régional (Etats et/ou Länder fédéraux) (voir chap. 3.2.4).

Les **dommages économiques** sont calculés pour chaque cellule de raster (CR) à l'aide de la formule suivante :

Dommages potentiels = valeur patrimoniale (pour chaque catégorie d'occupation des sols ; €/m²) x fonction de dommages « hauteur d'eau-dommages » (pour chaque

catégorie d'occupation des sols) x cellule de raster (surfaces inondables pour 3 scénarios de crue et indication de la hauteur d'eau)

Formule abrégée : $D_{cellule} = VPsp(OS) \times Y(PE,OS) \times CR$

avec :

$D_{cellule}$ = dommages potentiels en situation d'inondation pour chaque cellule de raster (€ ou nombre)

$VPsp(OS)$ = valeurs patrimoniales spécifiques par occupation des sols (€/m²) (annexe 5)

$Y(PE,OS)$ = fonction relative de dommage (%), fonction de (PE) hauteur d'eau et de (OS) occupation des sols (annexe 4)

CR = superficie des cellules de raster, ici : 100x100m

Les valeurs patrimoniales spécifiques et les fonctions de dommages se calquent sur les catégories de la base de données CORINE d'occupation des sols. Les catégories individuelles d'occupation des sols sont réparties en fonction des catégories de l'Atlas du Rhin 2001 (cf. annexe 4). En recoupant les informations hydrauliques et économiques au sein d'un système d'information géographique (SIG) et en utilisant les fonctions de dommages, il est possible de représenter les dommages potentiels en €/m² et de calculer un montant global.

L'**effet de la mesure** est intégré dans le calcul par le biais d'une modification de la fonction de dommage. Selon la mesure considérée, la modification de la fonction peut dépendre de la hauteur d'eau ou être prise en compte de manière forfaitaire par le biais d'un facteur, indépendamment de la hauteur d'eau. Il est expliqué dans le chapitre 4 pour chaque mesure individuelle comment la fonction de dommage change consécutivement à la prise de cette mesure.

Le **risque** est ensuite calculé séparément pour chacun des trois scénarios (probabilité forte, moyenne ou faible) pour tous les horizons (1995, 2005, 2015, 2020 et 2020+).

La formule du risque d'inondation est décrite dans le chapitre 1 : *Risque d'inondation (€/a) = dommages potentiels (€) x probabilité d'inondation (1/a)*

Par ailleurs, il est calculé le **risque intégral ou la valeur annuelle attendue**. Dans le cadre de ce calcul, les dommages calculés pour les trois probabilités d'occurrence sont combinés pour produire une valeur annuelle de dommages attendue (c'est-à-dire le risque annuel moyen sur une période de temps prolongée). Il n'est pas procédé à l'addition des différents risques calculés de manière discrète mais à un calcul (supplémentaire) séparé selon la formule mentionnée ci-dessous.

$$DAA = \frac{1}{T_{HQext}} * SHQext + \left(\frac{1}{T_{HQmedium}} - \frac{1}{T_{HQext}} \right) * \frac{DHQmedium + DHQext}{2} + \left(\frac{1}{T_{HQhigh}} - \frac{1}{T_{HQmedium}} \right) * \frac{DHQhigh + DHQmedium}{2}$$

(Source : HKV, 2006)

avec :

DAA = dommages annuels attendus

T^x = Probabilité d'occurrence pour un débit HQ_x

HQhigh = débit de la crue à forte probabilité

HQmed = débit de la crue à probabilité moyenne

HQext = débit de la crue à faible probabilité

SHQext, med, high = dommages pour les 3 scénarios de crue

Selon une approche similaire à celle du calcul séparé du risque, on peut déterminer la **modification du risque** sur la base des différences du risque annuel attendu (DAA) pour l'année de référence (1995) et les autres horizons.

2.6. Potentialités générales, hypothèses et limites de l'outil et des méthodes

Informations sur les capacités générales, les hypothèses et les limites de l'outil ainsi que sur les méthodes à la base (les informations détaillées figurent dans les chapitres respectifs) :

- L'outil, qui a été développé pour réaliser des analyses des inondations à échelle grossière au niveau du bassin versant, calcule les dommages potentiels pour les quatre enjeux ainsi que le risque pour chaque scénario d'inondation et le risque intégré/global. Il permet de réaliser ces calculs avec ou sans les effets d'une ou de plusieurs mesures. Si l'on réalise ces calculs pour différents horizons, on peut calculer l'évolution ou la modification des dommages potentiels ou du risque à partir des données sortantes de l'outil. Les données sortant de l'outil sont des cartes ou des tableaux.
- L'outil et les méthodes sont en lien étroit avec les dispositions fixées dans la DI : 'santé humaine', 'environnement', 'patrimoine culturel' et 'activité économique', les trois scénarios d'inondation définis, les types de mesures comme prévention, protection et préparation. Ces données liées à la DI sont donc nécessaires en partie.
- L'outil se limite à un nombre restreint de mesures de gestion du risque d'inondation. Ces mesures sont introduites par des indicateurs, ce qui explique pourquoi il n'a pas été tenu compte de toutes les mesures individuelles. Les méthodes et données spécifiques pour les indicateurs sont alimentées par de nombreuses hypothèses basées sur l'expertise (voir chapitre 4).
- Le risque monétaire lié aux activités économiques se base sur l'occupation des sols, les fonctions de dommages « hauteur d'eau-dommage », les valeurs patrimoniales, l'indice des prix à la consommation. Si d'autres paramètres doivent être calculés, il est nécessaire d'ajuster les indications dans les données d'entrée (par ex. pour l'occupation des sols). Les méthodes mises au point spécialement pour la santé humaine, l'environnement et le patrimoine culturel se fondent en grande partie sur l'expertise et ne sont pas monétarisées. Il n'a pas été possible d'utiliser d'autres méthodes de calcul dans l'outil, mais il est éventuellement possible d'introduire d'autres données d'entrée ou des données différentes, par ex. d'autres données relatives à l'occupation des sols et d'autres fonctions de dommages. Des données spécifiques sont requises, par ex. patrimoine culturel, installations classées, réserves naturelles, ...
- Cet outil ne réalise pas d'analyse coûts-bénéfice mais il est possible d'utiliser les résultats produits par l'outil pour effectuer une telle analyse.

- Le traitement/la préparation des données d'entrée et le post-traitement des données sortantes se font en dehors de l'outil et impliquent des connaissances spécifiques en SIG.
- Pour utiliser l'outil, il est nécessaire de disposer d'ArcGIS avec Spatial Analyst et d'avoir des connaissances en SIG et une bonne compréhension des méthodes mises au point par la CIPR.

3. Données (d'entrée) pour l'utilisation de l'outil

Le présent chapitre fournit une synthèse des données requises, de leurs formats et des premières indications sur le traitement des données pour l'outil. Pour les utilisateurs tiers, le traitement des données par la CIPR est une illustration de la manière dont peuvent être traitées les données d'entrée dans le modèle. Des données ont été collectées dans le cadre du projet de la CIPR pour les trois scénarios de crue HQ10, HQ100 et HQextrême et pour les horizons 1995, 2005, 2014/2015, 2020, 2020+ (~2030). L'annexe 10 comprend un tableau synoptique détaillant les données fournies et donnant des indications et informations sur les restrictions.

Les données requises sur les mesures/indicateurs sont évoquées ici en bref, mais elles sont exposées plus en détail dans le chapitre suivant. Les indicateurs sont également définis au chapitre 4.

3.1. Généralités

Le tableau 8 contient une liste des données numériques à utiliser dans l'outil. A propos du format des données, la BfG a mis au point des masques de données dans le cadre de l'actualisation de l'Atlas du Rhin (Atlas du Rhin 2015) (voir document GIS(3)13-04-02f de la CIPR) et système WasserBLiCK). Ces masques définissent la structure et l'attribution des données. Ces masques et Shapefiles/formats de données prédéfinis peuvent être utilisés par des tiers, ce qui facilite l'utilisation de l'outil (pas de nouveau formatage de données nécessaire). On trouvera un exemple d'un tel Shapefile en annexe 9.

De nombreuses données utilisées dans le projet de la CIPR proviennent de l'Atlas 2015. Le reste a été tiré soit de banques de données propres de la CIPR (fonctions de dommages et valeurs patrimoniales ; voir annexes 4 et 5) soit de banques de données européennes (par ex. occupation des sols CLC, stations d'épuration), soit encore de banques de données nationales (par ex. statistiques démographiques, indice des prix à la consommation). Sont considérées comme zones exposées au risque les zones fixées officiellement au titre de la DI (voir rapports DI de la CIPR sur le site : <http://www.iksr.org/fr/directive-inondations/index.html>).

Par la suite, toutes les géodonnées ont été représentées dans le système de coordonnées GCS_WGS_1984. Les données fournies ont donc éventuellement dues être (re)projetées et/ou transformées.

Tableau 8 : données requises et données fournies

Données requises et données fournies		
Données	importantes pour :	qui/où ?
Généralités	Vue générale	
Données topographiques		CIPR
Frontières administratives/politiques		CIPR
Kilométrage du Rhin		CIPR
Profondeur et probabilité d'inondation		
Grille d'inondation pour les 3 scénarios ; référence 2015	Dommages potentiels	WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
Polygones d'inondation pour les 3 scénarios ; référence 2015	Dommages potentiels	WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
Probabilités d'inondation - du Rhin alpin à Iffezheim	Risques de dommages	CIPR
Probabilités d'inondation - d'Iffezheim à Lobith	Risques de dommages	GEHVAL de la CIPR
Probabilités d'inondation - de Lobith au delta du Rhin	Risques de dommages	GEHVAL de la CIPR
Occupation des sols		
CORINE Landcover 1990, 2000, 2006	Dommages potentiels	CIPR/AEE, CH + LI et à l'avenir directement à partir de WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
Enjeu 'activité économique'	Dommages économiques potentiels	
Croissance économique - Scénario 2020/2020+		Etats/Länder
Fonctions de dommages de l'Atlas du Rhin 2001		CIPR
Valeurs patrimoniales spécifiques de l'Atlas du Rhin 2001		CIPR
Enjeu 'santé humaine'	Dommages psychosociaux potentiels	
Habitants pour les 3 scénarios ; référence 2013/2014		WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
Évolution démographique pronostiquée		Offices statistiques des Etats/Länder
Taux d'évacuation		Etats/Länder
Fonction de dommage Population (non appliquée)		HKV
Enjeu 'patrimoine culturel'	Dommages culturels potentiels	
Patrimoine culturel (Shp-Files)		WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
Enjeu 'environnement'	Dommages écologiques potentiels	
Zones de protection de l'eau potable/des captages (Shp-Files)		CIPR (DCE)/WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
zones de protection des oiseaux		CIPR (DCE)/WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
Zones protégées FFH		CIPR (DCE)/WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
Installations classées (Shp-Files) et/ou sites SEVESO (Shp-Files)		CIPR (DCE)/WasserBlick/Atlas du Rhin 2015
Stations d'épuration		CIPR/AEE (ou banques de données nationales)
Mesures/indicateurs		
Effets des mesures		Bibliographie/CIPR/HKV
Mesures sans effet d'abaissement du niveau d'eau avec facteurs de réalisation, géoréférencées	Dommages potentiels/risque de dommages	Etats/Länder
Dispositifs de protection contre les inondations	Risques de dommages	WasserBlick/Atlas du Rhin 2015

Concernant les données liées aux mesures et aux indicateurs : le tableau 9 indique de quelle manière les données sur les mesures (indicateurs) doivent être fournies (unités, niveau, périodes, formats). Le questionnaire correspondant figure en annexe 6. Les données sur les mesures sont fournies soit sous forme de tableau xls soit directement en Shape-Files pour les différents horizons. Des exemples de tableaux xls ou de Shape-Files d'indicateurs sont disponibles sur demande adressée à la CIPR (voir annexe 9).

Tableau 9 : unité, échelle et format des indicateurs

Numéro	Type de mesures	Indicateur	Unité de l'indicateur	Unité	Format privilégié	Echelle/ordre de grandeur
I) Prévention						
I.1.1	Aménagement national et régional du territoire et schémas directeurs d'urbanisme	Règles et plans d'urbanisme dans lesquels figurent des dispositions de protection contre les inondations, (mode de construction adapté au risque d'inondation)	Superficie de la zone dans laquelle est prescrit par des plans d'urbanisme un mode de construction adapté aux crues [m ²] ou indication du pourcentage de la superficie de la commune pour laquelle existent des plans d'urbanisme avec ce type de dispositions.	m ²	Shp-File polygone (ou optionnellement : indication en % sous forme de tableau)	Commune ou niveau supérieur
I.1.2	Préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée	Modification des données relatives à l'occupation des sols (données CLC) à l'intérieur et à l'extérieur des ZI examinées dans les cartes des zones inondables (CZI)	Changement de l'occupation des sols [m ²]	m ²	Données CORINE Land Cover ou données d'occupation des sols plus détaillées CLC : Echelle/ordre de grandeur : raster de 100 *100 m	
I.3.1	Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation	Mesures de construction adaptées au risque d'inondation mises en œuvre	Unité de l'indicateur : Mesures réalisées en %.	% (réalisation)	Shp-File polygone ou tableau	Commune ou niveau supérieur
I.3.2 - enjeu 'activité économique/patrimoine culturel'	Protection technique des bâtiments dans les ménages/communes	Surfaces protégées par des systèmes techniques ou mobiles	Unité de l'indicateur : Polygone avec surface protégée par des systèmes techniques ou mobiles de protection des bâtiments [m ²]	m ²	Shp-File polygone (ou optionnellement : indication en % sous forme de tableau)	Commune ou niveau supérieur
I.3.2 - Enjeu 'environnement'	Mesures techniques de réduction de la vulnérabilité du bâti dans les installations à risque	Installations protégées par des systèmes techniques et/ou mobiles	Unité de l'indicateur : Liste des installations protégées/non protégées	Par installation : protégée/non protégée	Shp-File point (ou optionnellement : indication sous forme de tableau avec données géolocalisées sur les installations)	Installations classées, sites SEVESO (informations tirées de l'Atlas 2015) et données sur les stations d'épuration
I.3.3 - enjeu 'activité économique/patrimoine culturel'	Adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux au risque d'inondation dans les ménages/communes	Mise en sûreté des réservoirs à mazout et/ou installation aux étages supérieurs	Unité de l'indicateur : nombre de ménages (exprimé en % des ménages concernés), qui ont sécurisé leurs réservoirs à mazout ou les ont déplacés vers les étages supérieurs (par commune) (résultats de l'enquête de Bubeck).	% (réalisation)	Shp-File polygone ou tableau	Commune ou niveau supérieur
I.3.3 - Enjeu 'environnement'	Adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux au risque d'inondation dans les installations à risque	Mise en sûreté des réservoirs à mazout et/ou installation aux étages supérieurs	Unité de l'indicateur : liste des installations où sont ancrés/mis en sûreté les réservoirs à mazout et/ou les substances polluantes sont stockées aux étages supérieurs.	par installation : mise en sûreté des réservoirs à mazout et/ou stockage aux étages supérieurs OUI/NON	Shp-File point (ou optionnellement : indication sous forme de tableau avec données géolocalisées sur les installations)	Installations classées, sites SEVESO (informations tirées de l'Atlas 2015) et données sur les stations d'épuration
I.4.1	Mise à disposition de cartes des zones inondables et de cartes des risques d'inondation et sensibilisation à la prévention individuelle, information et préparation aux inondations	fréquence (de remise à jour) des campagnes d'information	Unité de l'indicateur : fréquence de remise à jour des campagnes d'information (ans)	Divers	Shp-File polygone ou tableau	Commune ou niveau supérieur
II) Protection contre les inondations						
II.2	Mesures de rétention des crues	Modification de la probabilité (indications du groupe d'experts HVAL)		Modification de la probabilité et localisation	SHP polyline, SHP point, SHP polygone	Tronçon fluvial/échelle
II.3	Digues, murs de protection, dispositifs de protection mobiles, ...	Une probabilité est également indiquée pour ces mesures. Pourcentage d'évolution/de modification de la probabilité d'inondation entre 1995 et aujourd'hui sous l'effet de l'amélioration de la protection		Localisation, restauration, modification de la probabilité par amélioration de la protection (%)		Tronçon fluvial
II.5	Entretien/renouvellement d'installations techniques de protection contre les inondations			Localisation, restauration, modification de la probabilité par amélioration de la protection (%)		Tronçon fluvial
III) Préparation						
III.1.1	Information sur les crues et prévision	Améliorer les prévisions de crue dans le cadre d'une période définie.	Unité de l'indicateur : Temps de prévision en heures/jours et autres aspects	Divers	Shp-File polygone ou tableau	Land fédéral/Etat
III.2.1	Planification des alertes et des interventions (y compris reconstruction) / avertissement des populations concernées / exercices / formation	Présence et fréquence de remise à jour des plans d'alerte et d'intervention Nombre de systèmes d'avertissement (voies de transmission et de communication de l'avertissement) Indications sur les exercices de protection civile et leur fréquence	Unité de l'indicateur : nombre de systèmes et fréquences de remise à jour	Divers	Shp-File polygone ou tableau	Commune ou niveau supérieur

3.2. Précisions sur les données fournies et le traitement des données

Détails supplémentaires sur le traitement des données dans le cadre du projet de la CIPR (données pour les calculs des horizons 1995, 2005, 2014/2015, 2020 et 2020+). Ces informations peuvent également être importantes à titre exemplaire pour les utilisateurs externes de l'outil. Les annexes 10 et 12 se consacrent à l'évaluation des données et rappelle les hypothèses et limites spécifiques correspondantes.

3.2.1. Données CORINE sur l'occupation des sols

Les données CORINE ont été téléchargées à partir du site de l'European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/>). Il existe trois jeux de données dans différents formats (GeoTIFF ou Shape-File) pour les années 1990, 2000 et 2006¹². Les jeux de données couvrent le bassin du Rhin dans son ensemble à l'exception de la Suisse et du Liechtenstein (uniquement absents du jeu 1990).

Pour la Suisse et le Liechtenstein, les données d'occupation des sols transmises s'orientent sur la méthode et la nomenclature d'identification des surfaces adoptées pour les données CORINE.

Traitement des données

La projection et la nomenclature des données fournies sur l'occupation des sols ont été vérifiées et homogénéisées de manière à ce que l'on puisse regrouper ces données pour les échéances temporelles 1990, 2000 et 2006 en un jeu de données global.

Le jeu de données du Liechtenstein n'a pas été utilisé pour générer le jeu de données 1990 car il a été fourni trop tard. A sa place, les cellules raster du jeu de données 2000 ont été intégrées dans le jeu de données de 1990 et mises en cohérence ultérieurement avec le nouveau jeu de données fourni. Comme il n'y guère eu de modification dans le bassin du Rhin au Liechtenstein, il n'a pas été procédé à d'autres modifications.

Le traitement des données CORINE a débouché sur trois jeux de données raster (1990, 2000 et 2006) avec une projection uniforme et un maillage de 100 m pour le bassin du Rhin.

Remarque : il est apparu dans l'évaluation des résultats qu'il était difficile de comparer les horizons 1995, 2005 et 2015 en raison de l'utilisation de différents jeux de données CORINE (la qualité des données CLC1990 semble moins bonne que celle des données CLC2000 et ceci vaut également pour les données CLC2000 qui sont moins bonnes que les données CLC2006). Après arrivée à terme du contrat passé avec HRV, la CIPR a donc réalisé une comparaison complémentaire de l'évolution des dommages et des risques en utilisant le jeu de données CORINE (CLC2006) pour tous les horizons. Il a ainsi été possible d'éviter les artéfacts de calcul en modifiant la qualité des méthodes de recensement et d'évaluer l'atteinte des objectifs du PAI (1^{er} objectif opérationnel).

¹² NB : il n'a pas été utilisé de jeu de données CLC agrégé de 2006 comme dans l'Atlas du Rhin 2015 (voir annexe ...) mais le jeu de données brutes CLC2006 de l'AEE.

3.2.2. Hauteurs d'eau

Pour l'état actuel (2014/2015), les rasters de hauteur d'eau des trois scénarios ont été traités par la BfG et mis à la disposition de la CIPR sur la base des données fournies par les Etats et Länder dans le cadre de l'Atlas 2015 du Rhin.

Ces rasters ont été utilisés pour les calculs effectués dans le cadre de l'analyse de sensibilité (voir chapitre 4.7). Il est apparu dans l'analyse des résultats que les données manquaient de cohérence, autant au niveau du maillage que des surfaces concernées (par ex. Area HQ100 < Area HQ20) ou des hauteurs d'eau (PE) (par ex. PE HQ20 > PE HQ100). Ceci est dû d'une part à des erreurs dans les jeux de données nationaux respectifs et d'autre part à la mise en commun des rasters individuels en un seul raster global pour le bassin du Rhin. HKV a généré pour le compte de Rijkswaterstaat de nouveaux rasters de hauteur d'eau sur la base des jeux de données nationaux (HKV, 2015).

Traitement des données

Les jeux de données des Etats et des Länder ont été analysés dans un premier temps compte tenu des unités des hauteurs d'eau, de la résolution spatiale, du format des données, de la projection utilisée et du type de données.

Dans un second temps, les jeux de données spécifiques ont été uniformisés à l'aide d'ArcMap, c'est-à-dire qu'ils ont été formatés de manière uniforme conformément aux prescriptions et dans la perspective d'un traitement ultérieur.

La première étape a consisté à convertir les données vectorielles fournies par la France (FR), le Liechtenstein (FL) et la Suisse (CH) en données raster avec une résolution spatiale provisoire de 20x20m qui correspond également à la résolution des données raster fournies par les autres pays.

Ensuite, les rasters de hauteur d'eau de tous les pays, à l'exception de ceux des Pays-Bas (NL) et de la Hesse (DE-HE) qui ne nécessitaient pas de conversion, se sont vus attribuer une unité unique (cm).

Les valeurs *NoData* (Value=999) ont dû être retirées du raster de hauteur d'eau fourni par l'Autriche (AT) pour le scénario HQext. Pour ce faire, tous les pixels affichant la valeur 999 ont été déclarés *NoData* et la fourchette du jeu de données en résultant réduite aux valeurs 0-100.

Le jeu de données mis à disposition par la Rhénanie-du-Nord-Westphalie (DE-NW) a été par ailleurs reprojété d'ETRS 89 /UTM 32N (EPSG : 25832) dans ETRS 89 / ETRS-LAEE (EPSG : 3035) et est passé avec le jeu de données du Bade-Wurtemberg (DE-BW) du type de données *floatingpoint* au type de données *integer* pour éliminer tout artéfact involontaire dû aux décimales superflues du fait de la conversion des unités.

Après ce traitement nécessaire, les jeux de données des différents pays ont été regroupés conformément aux trois scénarios HQ high, HQ medium et HQ extreme pour générer une grille globale pour le bassin du Rhin dans son ensemble.

Les hauteurs d'eau de 0 cm ont ensuite été exclues et les valeurs des pixels correspondants placées sur *NoData*.

Les éventuels écarts au niveau de la cohérence des hauteurs d'eau et des surfaces inondables ont été supprimés. Pour ce faire, les rasters de hauteur d'eau ont été

comparés par calcul différentiel et, en cas d'écart négatif (c'est-à-dire lorsque la hauteur d'eau de HQhigh est > à la hauteur d'eau de HQmedium), la hauteur d'eau de HQhigh a été intégrée dans le raster de HQmedium par le biais de la fonction « Mosaik to New Raster ». Cette démarche a été réalisée de manière analogue avec les rasters de profondeur d'eau des scénarios HQmedium et HQextreme. On a ainsi pu garantir d'une part que les hauteurs d'eau de la crue plus rare sont toujours plus hautes ou au moins aussi hautes et d'autre part que les surfaces inondables de la crue plus fréquente ne sont pas plus étendues que celles de la crue plus rare.

Dans une troisième étape, les trois scénarios ont été ré-échantillonnés pour obtenir une résolution de 100x100 m en utilisant l'extension spatiale des données d'occupation des sols CORINE pour le bassin du Rhin¹³.

Enfin, les hauteurs d'eau impactées par la mer en dehors de digues circulaires néerlandaises sélectionnées aux Pays-Bas ont été exclues.

En ce qui concerne les unités des profondeurs d'eau, la résolution spatiale, la projection utilisée et les types de données, on dispose comme résultat de jeux de données raster uniformisés des profondeurs d'eau pour le bassin du Rhin avec une résolution spatiale de 100x100 m, compte tenu de la cohérence des profondeurs d'eau et des surfaces inondables entre les trois scénarios HQhigh, HQmedium et HQextreme.

3.2.3. Probabilités d'inondation et protection contre les inondations (*voir également au chapitre 4*)

Les mesures de réduction des niveaux d'eau figurant dans le PAI (rapports CIPR n^{os} 199 et 200) et dans le PGRI contribuent à réduire la probabilité d'occurrence (rapport CIPR n^o 229) et entraînent ainsi une réduction du risque d'inondation. Dans les zones endiguées, la probabilité d'occurrence peut également être réduite par ajustement du niveau de protection.

La CIPR a déterminé les probabilités d'inondation résultant des espaces de rétention/polders pour les trois scénarios HQ10, HQ100, HQextrême, pour les états d'aménagement 1995, 2005, 2010, 2020 et 2020+ et pour le tronçon du Rhin allant de Maxau à l'embouchure en mer. L'analyse est rapportée aux échelles pour le tronçon du Rhin compris entre Maxau et Lobith et rapporté aux tronçons pour le Rhin en aval du débouché de la Sieg (échelles de Cologne, de Lobith et les trois bras rhénans du delta) (voir rapport CIPR n^o 229 sur www.iksr.org). La subdivision des tronçons du Rhin du Rhin figure en annexe 1. Il n'a pas été affiché de modification de la probabilité d'inondation en amont de Maxau. Les probabilités d'inondation pour les trois scénarios et les différents horizons ont été intégrés dans les calculs (voir annexe 3)

Zones protégées (par des digues) : les zones protégées par des dispositifs techniques sont nécessaires pour calculer les effets des mesures. Les données fournies sous forme de Shape-Files linéaires à partir de l'Atlas du Rhin 2015 ont été transformés en Shape-Files polygone. Pour les Pays-Bas, les Shape-Files polygone des digues circulaires ont pu être utilisés directement. Ce Shape-File généré pour le bassin du Rhin est utilisé pour tous les horizons.

¹³ Le ré-échantillonnage est le processus permettant d'interpoler les valeurs des pixels en transformant le jeu de données raster. Cette méthode est utilisée lorsque l'entrée et la sortie ne s'alignent pas exactement, par ex. lorsque la taille de pixel change.

Traitement des données

La première étape a consisté à définir les tronçons du Rhin (voir annexe 1) selon l'approche utilisée dans le rapport CIPR 157. Les tronçons référés au kilométrage du Rhin ont ensuite été intégrés dans un Shape-File polygone car, comme pour les digues circulaires aux Pays-Bas, on doit disposer d'unités surfaciques fermées pour le calcul du risque d'inondation, c'est-à-dire d'une surface affichant une probabilité définie. En réunion HIRI(3)13, les surfaces ont été délimitées sur la base de spécificités topographiques existantes (lignes de rupture) à l'aide de cartes détaillées.

Aux Pays-Bas, les limites des digues circulaires ont été révisées de telle sorte que les surfaces se trouvant à l'extérieur des digues soient également intégrées dans les polygones (décalage des limites des digues circulaires depuis la crête de la digue vers le bord du fleuve).

Il a ensuite été généré pour chacun des horizons 2005, 2010, 2020 et 2020+ un Shape-File auquel ont été ajoutées les probabilités d'inondation des trois scénarios HQ10, HQ100, HQextrême (voir tableau détaillé des attributs en annexe 3).

Aux Pays-Bas, seules ont été prises en compte les digues circulaires dans lesquelles les probabilités d'inondation sont impactées par le Rhin. Il n'a pas été tenu compte dans les calculs des digues circulaires influencées par la mer. La limite entre l'impact du Rhin et celui de la mer du Nord se situe environ au PK 938 du Rhin. En conséquence, toutes les digues circulaires situées à l'ouest des digues circulaires 44, 43 et 41 ont été exclues du calcul.

3.2.4. Données de calcul des dommages sur la santé humaine et les enjeux 'environnement', 'patrimoine culturel' et 'activité économique'.

Les données suivantes collectées et traitées par la BfG pour l'établissement de l'Atlas du Rhin 2015 ont été mises à disposition pour le calcul des dommages causés à l'homme et aux enjeux 'environnement', 'patrimoine culturel' et 'activité économique' :

- Personnes touchées pour les trois scénarios HQ10, HQ100, HQextrême à l'échéance temporelle 2014 (Shape-File point et Shape-File polygone)
- Patrimoine culturel (Shape-File point)
- Installations classées IPPC/SEVESO (Shape-File point). Les informations sur les stations d'épuration et les données qui ne viennent pas de l'Atlas du Rhin 2015 ont été fournies par le secrétariat de la CIPR et transformées en Shape file.
- Zones protégées dépendant du milieu aquatique (Shape-Files polygone) Zones protégées (par des digues) (Shape-File linéaire)

En outre, les données de base suivantes

- kilométrage du Rhin (Shape-file points)
- frontières administratives (Shape-file polygone)

et les indications du 1^{er} Plan de gestion du DHI Rhin sur les masses d'eau en bon ou très bon état écologique au titre de la DCE ont été mises à disposition. On a utilisé les fonctions de dommages et les valeurs patrimoniales spécifiques (modifiées) de l'Atlas du Rhin 2001 (CIPR, 2001).

Traitement des données 'santé humaine'

Le Shape-File sous forme de points tiré de l'Atlas du Rhin, qui comprend les personnes touchées pour les trois scénarios en 2015, a été converti en un Shape-File polygone dans le système SIG à l'aide de la fonction JOIN et sur la base des limites administratives. Par ailleurs, deux champs d'attribut ont été ajoutés pour les taux de mise en sûreté 1995 et 2020+.

Il est apparu lors de l'affectation des personnes touchées aux territoires communaux que les surfaces des communes n'étaient pas toujours attribuées précisément. Cette erreur est cependant jugée non significative à l'échelle du bassin du Rhin.

Le nombre absolu d'habitants a été tiré des statistiques officielles nationales. Les valeurs pour 2015, 2020 et 2020+ sont des valeurs prévisionnelles. En Suisse et en Allemagne, les résultats de différents scénarios sont publiés, les valeurs représentées dans le tableau en annexe 7 se réfèrent respectivement à un scénario moyen de développement démographique.

Comme indiqué au chapitre 2, il est tenu compte de l'évolution démographique au niveau régional (Land fédéral, région, canton, province). La structure des niveaux régionaux s'oriente sur le Shape-File des limites administratives du bassin du Rhin, mis à disposition par la BfG. Les Etats et Länder ont différents niveaux administratifs (par ex. en Allemagne : Land fédéral, Bezirksregierung, district) qui ne travaillent pas tous au même niveau de détail. Les tableaux aux annexes 7 et 8 montrent l'évolution démographique absolue et relative aux différents horizons pertinents pour le projet de la CIPR. Alors qu'en Allemagne les prévisions font apparaître à la fois des tendances à la hausse et à la baisse, on part dans tous les autres Etats d'une croissance démographique (exceptions : Bludenz (A) et Limburg (NL)). La source des données est indiquée dans le tableau Excel.

Les Shape Files des horizons 1995, 2005, 2020 et 2020+ ont été générés sur la base du Shape-File 2014 et de l'évolution démographique.

Un tableau dbf a été établi par classe de hauteur d'eau pour le calcul des personnes touchées.

Explication en marge : évolution démographique sur la base de la modification des données CORINE (annexes 7 et 8)

En complément des données statistiques sur l'évolution démographique, nous avons analysé les surfaces construites dans les données CORINE (« tissu urbain continu » et « tissu urbain discontinu »), comme nous l'avons fait pour le caractère régional des données sur l'évolution démographique. Les données CORINE sont disponibles pour le bassin du Rhin (exception faite de la Suisse et du Liechtenstein où les données ont été complétées par la suite) pour les horizons 1990, 2000 et 2006.

A l'exception de Vorarlberg et du district de Speyer, la surface construite augmente dans toutes les régions de 1990 à 2000 et 2006.

Il n'est pas possible de comparer directement les résultats de l'analyse des données CORINE et de l'évolution démographique statistique, les données de base portant sur des périodes de référence différentes. Pour cette raison, nous avons comparé l'évolution relative de la surface construite entre 1990 et 2006 et l'évolution démographique entre 1995 et 2005 (dernière colonne du tableau

en annexe 8). A deux exceptions près, le quotient découlant de l'évolution démographique relative et de l'évolution relative des surfaces est toujours inférieur à 100%, ce qui revient à dire que l'augmentation relative des surfaces est supérieure à celle de la population. Ceci s'explique d'une part par la période plus longue considérée pour l'évolution des surfaces (15 ans) que pour l'évolution démographique (10 ans), d'autre part par le fait que la taille des ménages (nombre de personnes vivant dans un ménage) baisse régulièrement.

Le calcul des personnes touchées par une inondation se fonde sur les statistiques démographiques qui constituent une meilleure base de données car il est fait appel aux chiffres des offices statistiques fédéraux dont le « facteur d'incertitude » est jugé très faible. Par ailleurs, les chiffres démographiques sont disponibles pour tous les horizons considérés dans le cadre du projet.

Traitement des données de l'enjeu 'environnement'

Le Shape-File polygone des enjeux dépendant du milieu aquatique a été établi dans un premier temps à partir des différents jeux de données tirés de l'Atlas du Rhin 2015 (Périmètres de protection de l'eau potable, zones de protection des oiseaux et zones protégées FFH). L'état écologique au titre de la DCE devant y être ajouté, toutes les masses d'eau en bon ou très bon état écologique ont été sélectionnées dans un premier temps et ajoutées au Shp-File. Les seules masses d'eau qui se situent dans le bassin du Rhin et remplissent les critères sont le lac de Constance et la Sûre, un tributaire de la Moselle au niveau de la frontière germano-luxembourgeoise qui se trouvent cependant en dehors de la zone inondable. La largeur de la Sûre a été estimée à 9 m (mesurée à partir de vues aériennes prises à proximité de la localité de Rombach-Martelagne, Luxembourg). La sensibilité de niveau 2 conformément au tableau 2 a été attribuée aux masses d'eau de surface DCE.

Par ailleurs, les Shape-Files des probabilités d'inondation ont été modifiés : les surfaces ont été déclinées en surfaces partielles (distantes de 5 km) conformément au kilométrage du Rhin, étant donné que les éventuels impacts négatifs émanant d'installations dangereuses ne se ressentent que sur les enjeux situés en aval (figure 3).

Les stations d'épuration ont été ajoutées au Shape-File des installations dangereuses. Les informations du tableau xls ont tout d'abord été géoréférencées puis dotées des attributs 'potentiel de pollution' (toxicité) et 'zone d'impact' conformément au tableau 3.

Les tableaux présentés au chapitre 2 ont été transformés en tableaux dbf.

Traitement des données de l'enjeu 'patrimoine culturel'

Les Shape-Files des biens culturels fournis ont pu être repris sans modification. Les tableaux dbf ont été générés conformément au chapitre 2.

Traitement des données pour l'enjeu 'activité économique'

Les fonctions de dommages et les valeurs patrimoniales spécifiques sont traitées sur la base de l'Atlas du Rhin 2001 pour qu'elles soient disponibles sous forme de tableaux dbf pour les calculs. Les fonctions de dommages sont exprimées en pour mille en fonction de la hauteur d'eau (cm), les valeurs patrimoniales sont traitées quant à elles sous forme de Shape-File polygone (déclinées selon les Etats et Länder) pour les horizons 2005, 2010, 2020 et 2020+. Nous avons utilisé pour ce faire les indices des prix à la consommation.

Les recherches effectuées sur l'indice des prix à la consommation ou, dans le cas des Pays-Bas, sur le produit intérieur brut (PIB), ont montré qu'il était disponible au niveau

des Länder en Allemagne et au niveau national dans les autres Etats. La variation moyenne annuelle la plus élevée est relevée aux Pays-Bas, la plus faible en Suisse. Dans le cadre du projet de la CIPR, il a été décidé d'utiliser l'indice des prix à la consommation comme indice de la croissance économique au niveau national (et également régional s'il est disponible).

Sur la base de ces données, il est possible de prévoir (extrapoler) la variation annuelle moyenne pour les horizons considérés dans le futur.

Tableau 10 : indice des prix à la consommation/PIB et modification annuelle moyenne

SHNONAMN1	SHN1NAMN1	Indice des prix à la consommation				Modification annuelle moyenne		
		1995	2001	2005	2010	1995-2001	2001-2005	2005-2010
Allemagne	Bade-Wurtemberg	100	107,00	112,40	119,90	1,17	1,35	1,50
Allemagne	Bavière	100	106,80	112,70	120,70	1,13	1,48	1,60
Allemagne	Hesse	100	106,80	111,20	117,90	1,13	1,10	1,34
Allemagne	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	100	107,20	112,30	119,20	1,20	1,28	1,38
Allemagne	Rhénanie-Palatinat	100	106,80	111,80	118,30	1,13	1,25	1,30
France	-	100	106,80	114,30	122,10	1,13	1,88	1,56
Pays-Bas	-	100	112,50	120,40	128,40	2,08	1,98	1,60
Autriche	-	100	108,50	115,70	125,20	1,42	1,80	1,90
Suisse	-	100	107,70	110,30	115,70	1,28	0,65	1,08

Il a été décidé par ailleurs de tenir compte des différents indices nationaux/régionaux pour la croissance économique et non pas des données d'EUROSTAT (qui ne se prêtent pas à 100% aux calculs de la CIPR).

L'Atlas du Rhin 2001 n'englobe pas de valeurs patrimoniales spécifiques pour le land fédéral allemand de Bavière, l'Autriche et le Liechtenstein. Pour cette raison, les valeurs du Bade-Wurtemberg ont été reprises pour la Bavière. Pour le Liechtenstein et l'Autriche, les valeurs ont été déterminées à l'aide de la comparaison des parités de pouvoir d'achat des pays. La comparaison des parités de pouvoir d'achat de l'Allemagne, du Liechtenstein et de l'Autriche est présentée dans le tableau ci-dessous. Il s'est toutefois avéré à la fin du projet que l'indice des prix à la consommation (et les valeurs patrimoniales spécifiques) pour le Liechtenstein, qui a été calculé sur la base des parités de pouvoir d'achat, a été placé très haut comparé à celui de la Suisse (espace économique commun) et de l'Autriche et est incorrect. Pour cette raison, les résultats du Liechtenstein sur l'activité économique ont été retirés des calculs. Les données seront recalculées à une date ultérieure avec des paramètres corrects.

Tableau 11 : parités de pouvoir d'achat de l'Allemagne et de l'Autriche (DE = Allemagne ; le pouvoir d'achat est considéré équivalent à 100% en 2013 en Allemagne (DE = 100%)).

Land/Région	Parités de pouvoir d'achat	
	Pouvoir d'achat 2013 [€/a]	PPA (DE = 100%)
Allemagne	20 621	1,000
Autriche	21 295	1,033

Les valeurs patrimoniales spécifiques de tous les Länder et Etats figurent dans le présent rapport (annexe 5).

4. Mesures et indicateurs

Le chapitre 4 présente les mesures de gestion du risque d'inondation utilisées dans l'outil ainsi que les hypothèses et modes de calcul définis pour les indicateurs associés aux

mesures. Par ailleurs, ce chapitre englobe des explications sur une analyse de sensibilité réalisée pour déterminer l'effet des mesures.

Pour faciliter le travail et la transposition dans l'outil, on a défini un code/un numéro particulier comprenant les grandes catégories de mesures selon la DI (I. Prévention, II. Protection, III. Préparation) et la mesure/l'indicateur particulier (en chiffres arabes), par ex. les réglementations d'urbanisme = mesure I.1.1.

Les indicateurs varient en fonction des quatre répercussions négatives potentielles par enjeu de la DI : santé humaine, environnement, patrimoine culturel et activité économique. Après un chapitre général sur les indicateurs (4.1), les chapitres 4.2 et 4.3 présentent pour les trois catégories 'prévention', 'protection' et 'préparation' les indicateurs liés aux enjeux 'santé humaine' et 'environnement'. Le chapitre 4.4 se consacre quant à lui aux mesures / indicateurs définis pour les enjeux 'activité économique' et 'patrimoine culturel'. Des informations plus précises sur la disponibilité des indicateurs figurent en annexes 11 et 12. On trouve en annexe 13 une matrice avec les combinaisons d'effets des mesures/indicateurs (voir explications au chapitre 4.5). En effet, certaines mesures se renforcent ou s'annulent en combinaison avec d'autres. En outre, le chapitre 4.6 donne des indications générales sur l'utilisation d'indicateurs, sur les hypothèses importantes retenues et sur les restrictions d'utilisation. Pour finir, le chapitre 4.7 présente l'analyse de sensibilité sur l'effet théorique des mesures sur la réduction du risque d'inondation et les enseignements qui en sont tirés.

4.1. Généralités

Les indicateurs sont utilisés pour quantifier les informations obtenues sur la mise en œuvre de mesures. Les indicateurs peuvent être monétaires, quantitatifs ou qualitatifs.

Explication : le calcul de la réduction du risque tient compte de mesures tirées de différents champs d'action (prévention, protection et préparation). Ces catégories des mesures couvrent les aspects évoqués dans la DI (EU Common Implementation Strategy - CIS). Des indicateurs ont été déterminés par catégorie de mesure conformément à la DI. Un indicateur est ici une entité mesurable, un critère simplificateur permettant d'appréhender la réalité. Il a une fonction indicative et met en relief une évolution donnée. Les indicateurs doivent être mesurables et représentatifs des différentes catégories de mesures : ils fournissent des informations objectives et quantifiables sur la mise en œuvre de mesures. Chaque indicateur a un effet maximal attendu qui est estimé et défini sur la base de sources bibliographiques et de jugement d'experts. Les données nationales rassemblées sur la mise en œuvre des mesures (exprimées sous forme d'indicateurs) fournissent le degré de réalisation d'une mesure.

L'indicateur est ainsi la combinaison de l'effet et du degré de réalisation. Les différents indicateurs sont couplés à un nombre de propriétés.

Effet : taux de réduction possible des dommages potentiels par cellule de raster et par scénario lorsque les mesures ont été réalisées.
L'effet est indiqué/intégré dans l'outil.

Paramètre/
degré de
réalisation : le paramètre ou degré de réalisation indique si une mesure, mesurée à l'aide d'un indicateur, a été mise en œuvre. Le degré de réalisation est inventorié en externe (par ex. au sein de la CIPR) et sert de données d'entrée dans l'outil.

Dans l'outil, l'effet est un paramètre qui est estimé sur la base de sources bibliographiques ou de déclarations d'experts. Le degré de réalisation des indicateurs doit être déterminé à l'aide d'un inventaire et sert de donnée d'entrée pour les calculs. Le degré de réalisation en soi donne, en tant que fonction sur l'axe 'temps', des informations qualitatives sur les progrès faits.

Le tableau 12 donne un aperçu des mesures et indicateurs intégrés dans l'outil et les calculs. Quelques mesures d'importance mineure pour le bassin du Rhin ont été supprimées ou regroupées.

Tableau 12 : liste des mesures et indicateurs

N°	Type de mesures	Indicateur :
I	Prévention	
I.1.1	Aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme	Règles et plans d'urbanisme dans lesquels figurent des dispositions de protection contre les inondations, (mode de construction adapté au risque d'inondation)
I.1.2	Préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée (France = PPRI)	Modification des données relatives à l'occupation des sols (données CLC) à l'intérieur et à l'extérieur des zones inondables examinées dans les CZI
I.3.1	Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation	Mesures de construction adaptées au risque d'inondation mises en œuvre
I.3.2 - enjeu 'activité économique/patrimoine culturel'	Protection technique des bâtiments dans les ménages/communes	Surfaces protégées par des systèmes techniques ou mobiles
I.3.2 - Enjeu 'environnement'	Mesures techniques de réduction de la vulnérabilité du bâti dans les installations à risque (installations classées, SEVESO, stations d'épuration) :	Installations protégées par des mesures de protection technique, des mesures techniques de réduction de la vulnérabilité du bâti et/ou des systèmes mobiles.
I.3.3 - enjeu 'activité économique/patrimoine culturel'	Adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux au risque d'inondation dans les ménages/communes	Mise en sûreté des réservoirs à mazout et/ou installation aux étages supérieurs
I.3.3 - Enjeu 'environnement'	Adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux au risque d'inondation dans les installations à risque (installations classées, SEVESO, stations d'épuration)	Mise en sûreté des réservoirs à mazout et/ou installation aux étages supérieurs
I.4.1	Mise à disposition de CZI et de CRI/ Sensibilisation à la prévention individuelle, information et préparation aux inondations	fréquence de campagnes d'information

II	Protection contre les inondations	
II.2	Mesures de rétention des crues	Modification de la probabilité (rapport CIPR n° 229)
II.3	Digues, murs de protection, dispositifs de protection mobiles, ...	Une probabilité est également indiquée pour ces mesures. Pourcentage d'évolution/de modification de la probabilité d'inondation entre 1995 et aujourd'hui sous l'effet de l'amélioration de la protection
II.5	Entretien/renouvellement d'installations techniques de protection contre les inondations	
III	Préparation	
III.1.1	Information sur les crues et prévision	Améliorer les prévisions de crue dans le cadre d'une période définie.
III.2.1	Planification des alertes et des interventions (y compris reconstruction) / avertissement des populations concernées / exercices / formation	Existence et fréquence d'actualisation des plans d'alerte et d'intervention ; nombre de systèmes d'avertissement (voies et moyens de transmission de l'avertissement) Indications sur les exercices de protection civile et leur fréquence

Pour chaque indicateur, les indications ci-dessous sont décrites dans le chapitre 4 (tableau 12) ainsi que dans le tableau général 9 :

- exposé de l'indicateur
- indication de l'enjeu sur lequel agit l'indicateur (les premiers indicateurs présentés sont ceux en relation avec les enjeux 'santé humaine' et 'environnement' suivis de ceux en relation avec les enjeux 'activité économique' et 'patrimoine culturel').
- utilisation, c'est-à-dire mise en application, de l'indicateur dans le (mode de) calcul
- pour la réalisation : unité ou ordre de grandeur de l'indicateur¹⁴
- forme et horizons des données à fournir
- ordre de grandeur de l'effet maximal attendu et hypothèses retenues pour sa détermination
- indications sur le degré de réalisation de l'indicateur

En outre, le présent chapitre intègre des combinaisons de différents indicateurs (voir aussi l'annexe 13).

¹⁴ L'effet de l'indicateur n'est pas mentionné dans les tableaux ci-dessus. Il figure dans ce chapitre et plus précisément dans les sous-chapitres relatifs aux différents indicateurs.

Des informations détaillées supplémentaires sur les mesures et indicateurs fournis dans le cadre du projet de la CIPR ainsi que les étapes de traitement des données figurent dans le rapport de synthèse de la CIPR (rapport CIPR n° 236, 2016).

4.2. Indicateurs sur la santé humaine

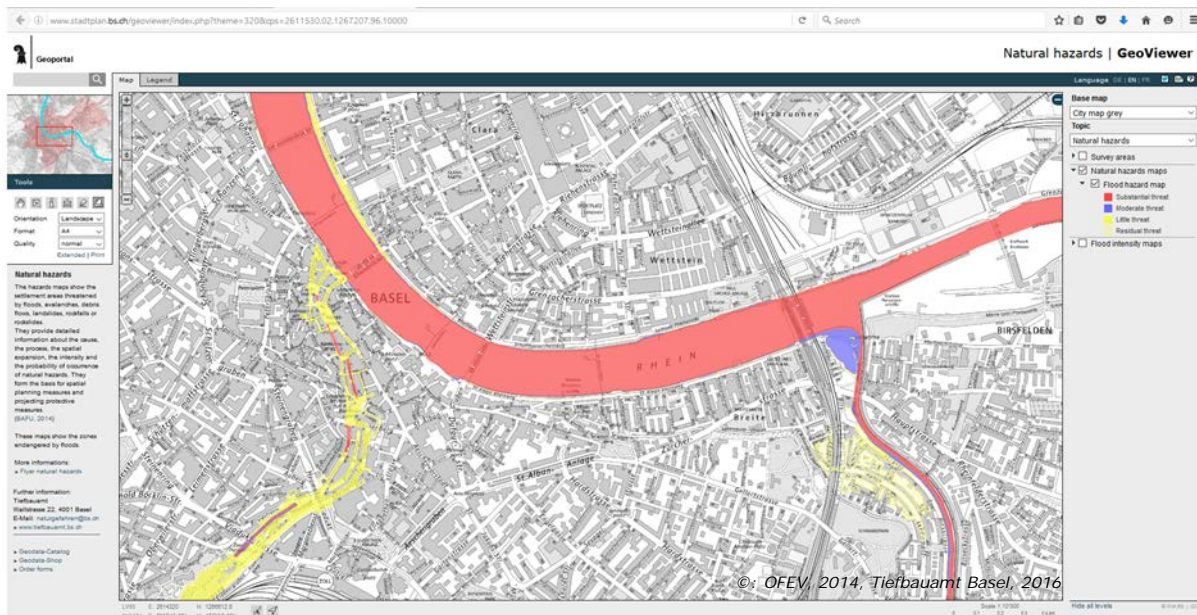
(détails supplémentaires sur les indicateurs dans le chapitre 4.4)

Aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme (I.1.1) et Préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée (France = PPRI) (I.1.2)

Les deux mesures de préservation des surfaces (plans d'urbanisme I.1.1 et préservation de zones inondables I.1.2) agissent sur le nombre d'habitants potentiels. La mesure I.1.1 n'a toutefois d'effet que sur l'augmentation du nombre de personnes menacées. On doit ainsi choisir un effet maximal inférieur à 100%. L'indicateur est le nombre d'habitants dans la zone inondable (3 scénarios et risque intégral) aux horizons de temps considérés (et compte tenu de l'évolution démographique recensée par les offices statistiques). Pour l'enjeu 'santé humaine' également, l'effet maximal de l'indicateur 'protection des surfaces' devrait être conçu de manière dynamique, conformément à l'évaluation de l'enjeu 'activité économique' (voir chap. 4.4).

Prévention en matière de construction (I.3) et Protection technique des bâtiments (I.3.2)

Dans les mesures de prévention en matière de construction (I.3), seule la protection technique des bâtiments a un effet sur l'enjeu 'santé humaine'. Quand l'eau ne franchit pas les systèmes techniques (par surverse ou sous-verse), l'effet est de 100% ($h < 2$ m). L'indicateur est le nombre d'habitants protégés par le système technique.

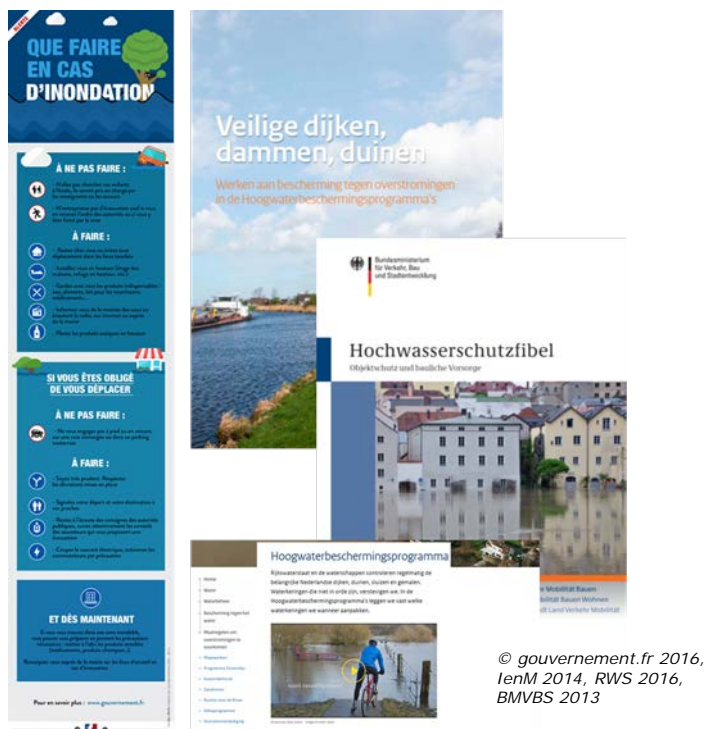


Carte de dangers de Bâle-Ville (cf.

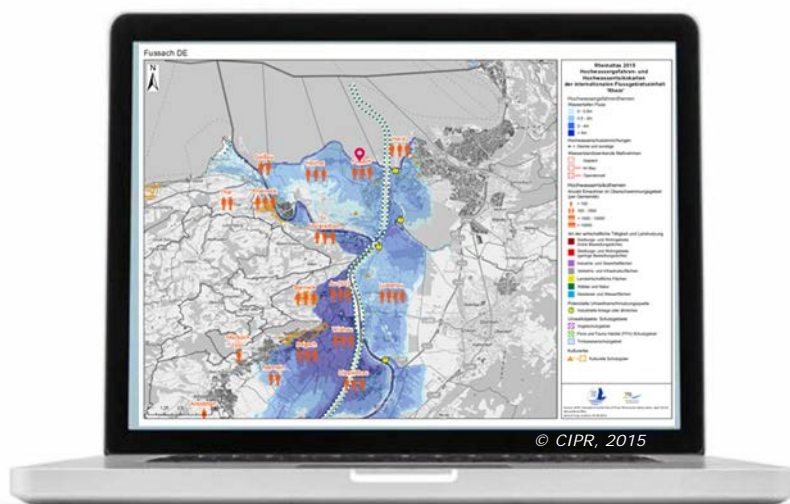
<http://www.stadtplan.bs.ch/geoviewer/index.php?language=fr&cps=2611530.02.1267206.64.10000>

Mise à disposition des CZI/CRI et sensibilisation (I.4.1) et Préparation aux inondations (III)

La mise à disposition de CZI/CRI (I.4.1) et les mesures de préparation aux inondations (III) ont un impact sur les taux de mise en sûreté. Si sont mises en œuvre ces mesures, on part du principe que le taux de mise en sûreté (effet) peut être rehaussé. La méthode de calcul de l'effet est expliquée ci-dessous. Les indicateurs sont les mêmes que ceux de l'enjeu 'activité économique'.



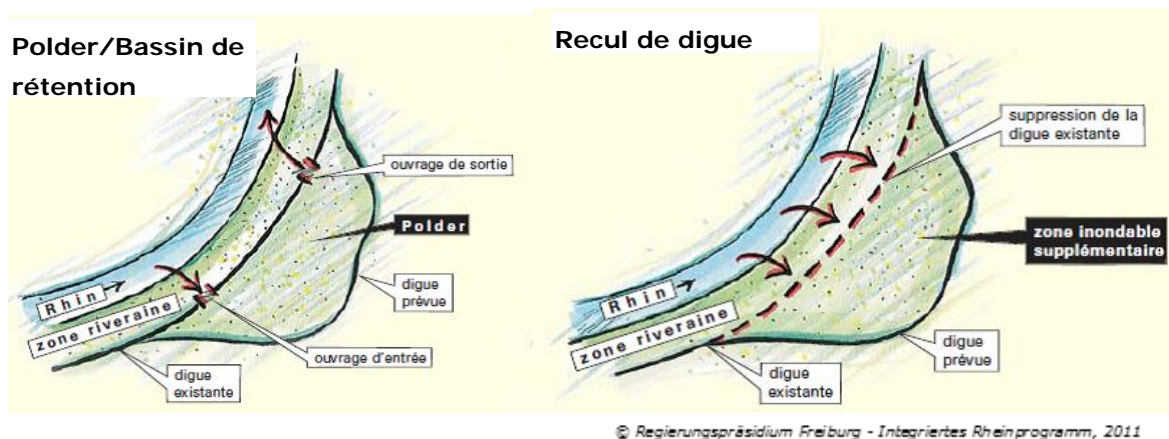
Différentes formes de documentation



Extrait : Atlas du Rhin 2015 pour les cartes des zones inondables et les cartes des risques d'inondation (base : cartes nationales)

Mesures de protection contre les inondations : modification de la probabilité d'inondation (II)

Les mesures de protection contre les inondations sont prises en compte au travers des calculs de la modification des probabilités (recensement réalisé par le GE HVAL dans le cadre de la CIPR). L'indicateur correspond donc à la modification de la probabilité d'inondation.



Exemples de mesures d'abaissement du niveau d'eau sur le Rhin

Le diagramme ci-dessous présente la réalisation des indicateurs « Mise à disposition des CZI/CRI et sensibilisation (I.4.1) » et « Préparation aux inondations (III) » dans l'outil. Ce diagramme et le système de points qui lui est associé se basent sur les hypothèses et expertises de la CIPR selon lesquelles la sensibilisation et l'information renforcées des personnes potentiellement touchées améliorent leur prise de conscience/perception du risque. Un exemple montrant comment atteindre les points figure ci-dessous dans le paragraphe « Liste des données requises et calcul » et de manière détaillée en annexe 14.

Pour calculer l'effet, on a besoin dans un premier temps des informations suivantes mises à disposition par la CIPR.

Liste des données requises et calcul :

- Indication du taux de mise en sûreté en % par enquête dans les Etats, c'est-à-dire pourcentage de personnes par région pouvant être évacuées avant une éventuelle inondation et ne sont donc plus menacées, pour la période de référence 1995 pour les zones à considérer (par ex. au niveau des communes, digues circulaires). Il s'agit ici du taux de mise en sûreté sans prise en compte des mesures au sens de la DI ; d'autres mesures déjà prises à cette date peuvent influencer le taux de mise en sûreté. Le « taux de mise en sûreté » peut être amélioré au moyen de mesures de sensibilisation, de prévision, d'avertissement et de gestion de crise.
- Indication du taux de mise en sûreté maximal pouvant être atteint (2020+) dans la zone considérée. Celui-ci dépend en grande partie des caractéristiques de la zone. Le taux de mise en sûreté maximal est élevé dans les zones de plaine avec de faibles profondeurs de submersion, il ne l'est pas en revanche dans les polders situés à un bas niveau, du fait de la défaillance possible du dispositif de protection

contre les inondations, de hauteurs d'eau élevées et de capacités de transport limitées.

- Pour les périodes à considérer 2005, 2015 et 2020, le taux de mise en sûreté est calculé à l'aide de l'organigramme. Il est nécessaire pour ce faire de disposer d'un Shape-File sous forme de polygone avec les attributs suivants :
 - Disponibilité de CZI/CRI avec la fréquence de remise à jour en années
 - Réalisation de campagnes d'information avec indication de la fréquence en années
 - Indications sur la prévision des crues (III.1.1) conformément au chap. 4.2.3
 - Indications sur le plan d'alerte et d'intervention, y compris la fréquence de remise à jour
 - Indications sur le système d'avertissement, y compris les voies de transmission de l'avertissement
 - Indications sur les exercices de protection civile et leur fréquence

Les données mentionnées ci-dessus et l'organigramme permettent de calculer dans un premier temps le nombre de points atteint pour chaque scénario et chaque période. Le nombre maximal de points s'élève à 48. Il a été tenu compte dans les cases oranges des facteurs permettant de pondérer les différentes mesures. Alors qu'il est accordé une grande importance aux mesures 'prévision et information' (facteur 3), l'importance des CZI/CRI est jugée plutôt faible (facteur 1) (ces différents facteurs s'expliquent par l'hypothèse selon laquelle la prévision des crues est la mesure la plus importante. Les cartes sans informations correspondantes sur la prévision ne sont pas véritablement utiles dans le cadre de l'évacuation). Toutes les autres mesures se voient attribuer le facteur 2.

A partir de la différence entre le taux de mise en sûreté à la date de référence ($S_{réf}$) et le taux maximal de mise en sûreté (S_{max}), il est possible de calculer dans un premier temps le potentiel maximal d'amélioration (V_{max}).

$$V_{max} = S_{max} - S_{réf}$$

Après avoir calculé le nombre de points atteint, on peut calculer la part relative de l'effet à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Effet}_{rel} = \text{nombre de points atteints} / \text{nombre maximal de points}$$

En multipliant l'effet relatif de la mesure et le potentiel maximal d'amélioration, on obtient l'amélioration atteinte pour la période considérée (V_{att}) par rapport à la période de référence.

$$V_{att, \text{année } i} = \text{effet}_{rel, i} * V_{max}$$

Le taux de mise en sûreté de l'année considérée (S_i) est ensuite calculé par addition du taux de mise en sûreté de la période de référence et de l'amélioration.

$$S_i = S_{réf} + V_{att}$$

Avec l'indication du taux de mise en sûreté de la période de référence et du taux maximal de mise en sûreté, on peut indirectement tenir compte du fait qu'il s'agit d'une zone endiguée ou non endiguée.

Il est indiqué dans l'organigramme, à titre d'exemple, un taux de mise en sûreté de 50% pour la période de référence et un taux maximal de mise en sûreté de 95%. Les données fournies par la CIPR pour une période donnée (supposons dans l'exemple pris que celles-ci s'appliquent à 2015) sont entourées en vert. A partir de ces informations, il est possible dans un premier temps de calculer le nombre de points atteints et l'effet relatif.

$$\text{Potentiel d'amélioration} = 95\% - 50\% = 45\%$$

$$\text{Nombre de points atteints}_{2014} = 1*1 + 1*3 + (2+1+3)*3 + 2*2 + 2*2 + 0*2 = 30$$

$$\text{Effet}_{\text{rel}, 2014} = 30/48 = 0,625$$

$$V_{2014} = 0,625 * 45\% = 28,125\%$$

$$\underline{S_{2014} = 50 + 28,125 = 78,125\%}$$

L'application dans l'outil est expliquée à l'aide d'un exemple dans l'annexe 14.

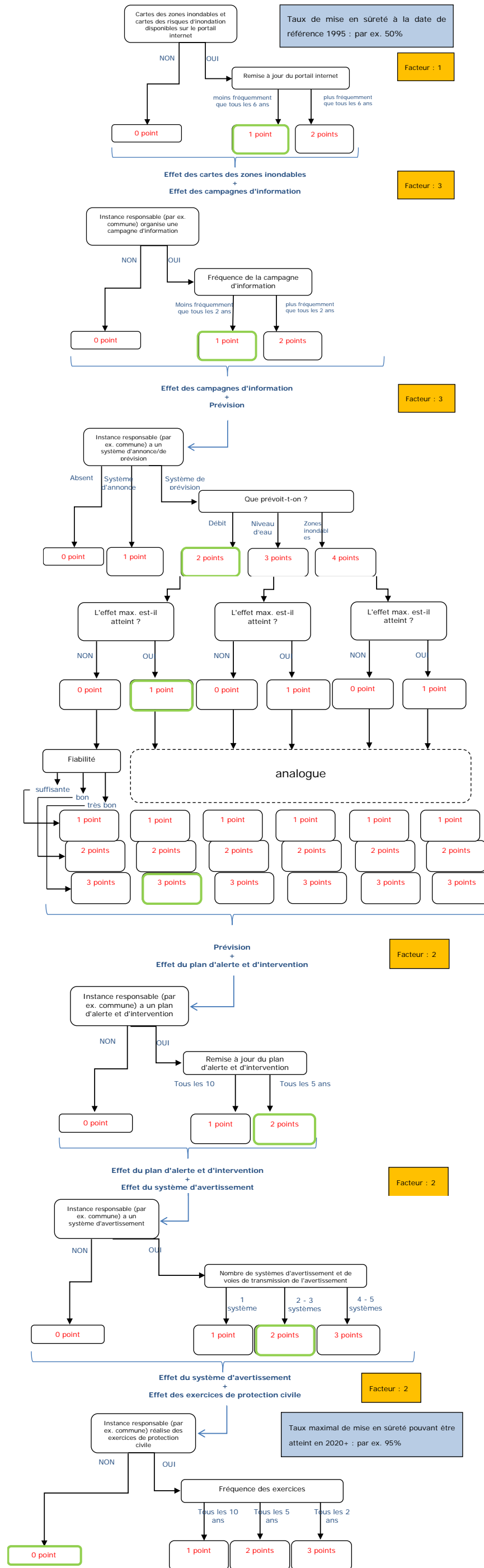


Figure 6 : organigramme relatif aux indicateurs sur la santé humaine

4.3. Indicateurs sur l'enjeu 'Environnement'.

Dans le cadre de l'enjeu 'environnement', des indicateurs sont définis pour les mesures 'protection technique des bâtiments' (I.3.2) et 'stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté aux risques d'inondation (I.3.3)'. Ces indicateurs s'orientent sur ceux définis pour les enjeux 'activité économique' et 'patrimoine culturel' (voir chap. 4.4) et sont modifiés compte tenu de la méthode de calcul du dommage potentiel pour l'enjeu 'environnement' (voir chap. 2). Dans cette méthode, les enjeux liés à l'eau sont indiqués comme zones de captage d'eau potable et zones Natura 2000.

Protection technique des bâtiments (au sein de la zone inondable) (I.3.2)

Indicateur :

installation protégées par des mesures de protection technique, des mesures techniques de réduction de la vulnérabilité du bâti et/ou des systèmes mobiles (installations classées, installations SEVESO, stations d'épuration).



Explications :

les systèmes mobiles protègent les entreprises et leurs entrepôts et empêchent qu'ils soient inondés. Il est ainsi possible de réduire ou de prévenir la contamination des eaux d'inondation et les répercussions négatives en découlant pour l'enjeu 'environnement'. Ces mesures ne sont efficaces que pour une hauteur d'eau de 2 m au maximum quand les systèmes ne sont pas submergés.

Effet des mesures :

la protection technique des bâtiments a un effet sur les surfaces HQ10 et HQ100 ainsi que sur les surfaces plus étendues HQextrême.

Max. 90% par scénario et cellule de raster quand la mesure permet d'éviter une inondation.

Source sur les effets des mesures :

- jugement d'experts

Si les installations dont peuvent émaner des dangers (installations classées, secteurs d'activité SEVESO et stations d'épuration) sont protégées par des systèmes mobiles, on part du principe que l'eau ne peut ou ne peut guère pénétrer dans le périmètre de ces installations, ce qui permet de prévenir les impacts négatifs (c'est-à-dire les pollutions engendrées par les installations) sur les enjeux dépendant du milieu aquatique.

L'étanchéification de bâtiments à l'aide de différents systèmes compte parmi les mesures les plus efficaces de prévention des dommages, pour autant que ces systèmes résistent à

la pression de l'eau. Selon le système appliqué, l'eau peut plus ou moins s'infiltrer ou pénétrer dans le bâtiment, par ex. par reflux dans les canalisations. Le taux maximal hypothétique est donc fixé ici à 90%. Contrairement à l'évaluation des enjeux 'Activité économique' et 'Patrimoine culturel', on applique une méthode simplifiée pour évaluer l'enjeu 'Environnement'. Cette approche est justifiée par la méthode de calcul des enjeux à l'aide de la distance de recherche. La distance de recherche est réduite de 90% pour toutes les installations dangereuses impactées par une hauteur d'eau de 2 m max. sans cette mesure. La surface touchée des différents enjeux dépendant du milieu aquatique s'en voit modifiée.

Calcul :

l'effet de la mesure se traduit par la réduction de la distance de recherche (ligne pointillée en jaune par rapport à ligne pointillée en bleu) (voir figure 7). Alors que les deux enjeux dépendant du milieu aquatique sont touchés dans leur quasi-totalité dans le scénario sans mesure, seule une petite surface de l'enjeu de moindre ampleur est touchée si l'on réduit la distance de recherche de 90%.

Dans le cas de la protection technique des bâtiments, on part du principe qu'elle permet de réduire les dommages, que la zone soit endiguée ou non. L'indication du degré de protection, c'est-à-dire de l'efficacité de la mesure en fonction du scénario retenu, est une information essentielle. L'effet de la mesure est calculé pour chaque cellule de raster et pour chaque scénario.

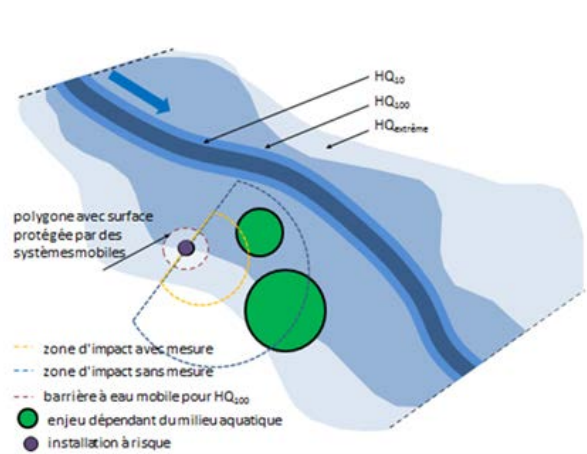


Figure 7 : représentation de la mesure « Protection technique des bâtiments (I.3.2) » eu égard à l'enjeu 'environnement'

Adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux au risque d'inondation (I.3.3)

Indicateur :

mise en sûreté des cuves à mazout et/ou installation aux étages supérieurs dans les installations dangereuses.



Stockage de cuves fixes

Explications :

en mettant en sûreté les cuves à mazout ou en stockant les substances dangereuses pour les eaux aux étages supérieurs, on peut abaisser sensiblement les dommages dans les zones protégées dépendant du milieu aquatique.

Effet des mesures :

le stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté aux risques d'inondation a un effet sur les surfaces HQ10 et HQ100 ainsi que sur les surfaces plus étendues HQextrême.

Max. 50% par scénario et cellule de raster

Source sur les effets des mesures :

- CIPR (2006) : dommages immobiliers potentiels pour DE et CH (uniquement zones non endiguées), 90% ($h < 2$ m), 50% et 0% pour CH ($h > 2$ m)
- CIPR (2002) : 30 à 40% au travers d'usages adaptés ; les dommages sont plus étendus quand du mazout entre en ligne de compte (200 à 300%) ; dans le cas d'entreprises industrielles, le stockage de substances dangereuses dans les étages supérieurs entraîne une baisse de 50 à 75% et dans le cas d'un stockage hors de la zone inondable de 100%.
- Kreibich et al. (2005) : 53% en adaptant les usages
- jugement d'experts

Calcul :

le calcul de l'effet de la mesure de stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté aux risques d'inondation est effectué pour les trois scénarios de manière analogue à la mesure « Protection technique des bâtiments (I.3.2) » et conformément à la figure 7. Pour cette mesure, la distance de recherche est réduite de 50%.

4.4. Indicateurs pour les enjeux 'activité économique' et 'patrimoine culturel'

4.4.1. Prévention (I)

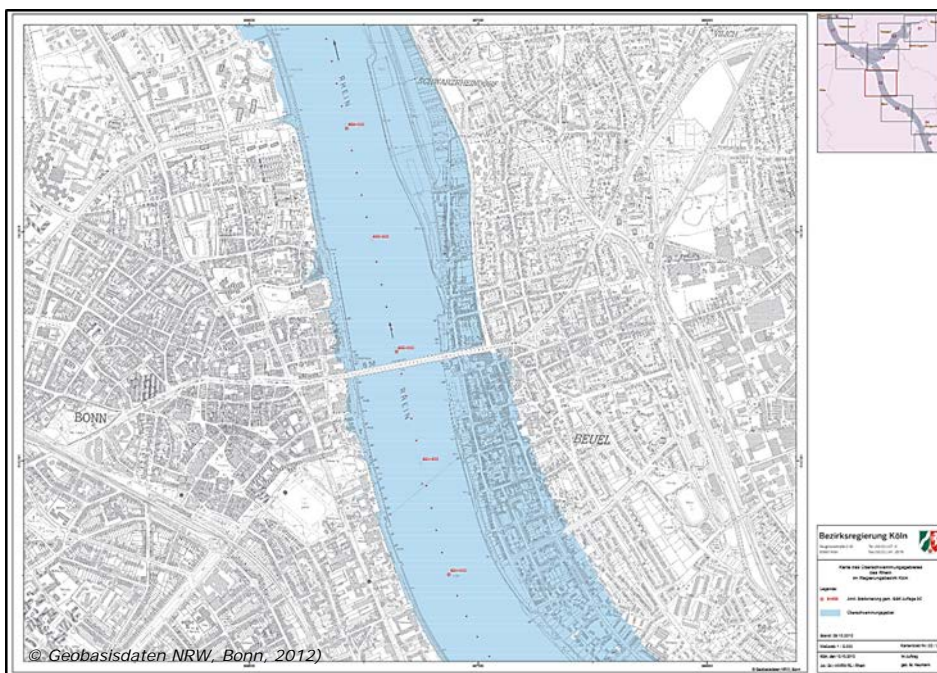
Préservation des surfaces (I.1)

L'évaluation des mesures de préservation de surfaces se fonde sur des dispositions réglementaires/juridiques¹⁵. Elle ne porte pas sur la modification de l'occupation actuelle des sols mais sur l'occupation future. Il est important de garder ici à l'esprit que l'état de référence est celui de 1995. Sous l'angle de la situation actuelle, une modification du risque dans le passé est donc concevable (par ex. si l'année examinée est 2005).

Aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme (I.1.1)

Indicateur :

règles et de plans d'urbanisme dans lesquels figurent des dispositions de protection contre les inondations, (par ex. mode de construction adapté au risque d'inondation)



Zones inondables fixées à Bonn (cf. <http://www.bezreg-koeln.nrw.de>)

Explications :

les prescriptions de l'aménagement du territoire sont concrétisées et complétées dans les plans d'urbanisme.

Les informations techniques sur la gestion des eaux sont prises en compte par ex. au travers de la désignation et de la préservation de surfaces pour les mesures prévues de protection contre les inondations.

En établissant des plans d'urbanisme, on limite (adapte) ou empêche le développement urbain, de sorte que les dommages potentiels n'augmentent pas ou uniquement dans une faible mesure (à l'avenir). L'effet des mesures correspond à la différence entre les

¹⁵ Plans d'urbanisme, préservation de ZI, appelées zones inondables à statut juridique spécifique (ÜSG) en Allemagne et PPRI en France.

dommages après entrée en vigueur des plans d'aménagement du territoire et d'urbanisme (prévention des dommages) et ceux dans l'état actuel d'occupation des sols. Ceci signifie que des dommages peuvent se produire à l'avenir même si les usages sont adaptés, mais ils sont alors nettement moins importants.

La mesure 'aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme' (I.1.1) avec l'indicateur proposé se réfère au mode de construction adapté sur la base de dispositions réglementaires (règles de construction) lorsque ces dispositions sont respectées. On peut ici prendre comme exemple le fait de construire sans cave ou de surélever le rez-de-chaussée. La mesure se réfère en premier lieu aux zones nouvellement affectées à la construction, c'est-à-dire aux dommages potentiels futurs. En règle fondamentale, les dispositions de construction s'appliquent également aux zones déjà urbanisées dans le cas de mesures d'aménagement ou de construction dans les parcelles restées vacantes entre les surfaces bâties. On part cependant du principe que ces cas se limitent à un faible pourcentage du total et qu'ils peuvent donc être négligés dans le cadre de cette analyse à grande échelle.

Il n'est pas fait de distinction pour cette mesure entre les différentes compétences et le type de mesures, c'est-à-dire que l'intégration de zones inondables dans le plan d'occupation des sols est évaluée de la même manière qu'un plan d'urbanisme prescrivant que le seuil d'une porte doit être surélevé d'un m par rapport au terrain naturel. L'effet réel des exemples mentionnés est certainement variable. Il ne peut toutefois qu'être estimé grossièrement dans le cadre de l'approche macroscale et sous l'angle de la fourniture des données.

Effet des mesures :

la source bibliographique CIPR (2002) part d'un taux de croissance annuel des dommages potentiels compris entre 1 et 2%. Les expériences faites dans le domaine de la rénovation énergétique permettent également de déterminer cet ordre de grandeur en Allemagne pour l'habitat (voir entre autres BMVBS (ministère fédéral allemand des Transports) (2013))¹⁶. La mise en œuvre de la mesure 'aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme' (I.1.1) permet de réduire cette croissance des dommages potentiels. En regard de la limitation de la densité urbaine dans les zones exposées au risque d'inondation (en particulier en Allemagne par la fixation de zones inondables), le taux de croissance d'1% a été jugé surestimé. Pour calculer les horizons par rapport à l'année de référence, on retient pour le bassin du Rhin dans son ensemble un effet maximal dynamique de 0,5%.

Cette approche fortement simplifiée ne peut être utilisée que tant que l'indicateur I.1.2 'préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée' n'est pas appliqué ; dans le cas contraire, la préservation des zones HQ₁₀₀ serait prise en compte plusieurs fois.

Par ailleurs, l'application du paramètre de réalisation doit permettre de tenir compte des aspects suivants :

- la fixation des zones inondables est en général progressive

¹⁶http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2013/DL_ON032013.pdf?__blob=publicationFile&v=5

- la fixation de zones inondables ou les dispositions des plans d'urbanisme concernent presque exclusivement les zones HQ₁₀₀. On peut s'attendre à une hausse ralentie des dommages potentiels du fait, entre autres, des dispositions d'urbanisme, des effets de l'information sur HQ₁₀₀ et les primes d'assurance généralement plus élevées. Pour le domaine entre HQ₁₀₀ et HQ_{extrême}, une atténuation de la croissance des dommages potentiels apparaît peu réaliste. Ainsi, dans le Land fédéral allemand de Bade-Wurtemberg par exemple, il n'existe pas de prescriptions en dehors de la zone HQ₁₀₀. L'effet dû à la sensibilisation est estimé plutôt faible dans ce domaine. Ce constat vaut également pour les zones protégées. En pratique, on observe même souvent ici une augmentation particulièrement élevée des dommages potentiels. Pour ces raisons, l'influence sur la croissance des dommages potentiels sera pratiquement nulle dans ces zones.

Il serait plus réaliste, notamment pour une actualisation, de faire une différenciation entre la croissance des dommages potentiels dans le parc immobilier du fait de la rénovation / valorisation dans la zone HQ₁₀₀ d'une part et une croissance des dommages potentiels correspondant au moins aux taux de croissance régionaux d'autre part. Ceci ne peut être reproduit dans le modèle à échelle grossière disponible.

Tableau 13 : effet maximal de l'indicateur 'aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme (I.1.1)'

	1995	2005	2014	2020	2020+
Croissance des dommages potentiels en cas de réalisation intégrale de la mesure [%] ¹⁷	0	5	9,5	12,5	17,5

Le tableau fait ainsi état d'une baisse linéaire des dommages potentiels et/ou d'une réduction de plus en plus importante de la croissance des dommages potentiels par rapport à la situation que l'on aurait s'il n'y avait pas de dispositions d'urbanisme.

Le tableau montre également que tous les bâtiments ont théoriquement été renouvelés sur une période de 200 ans et qu'il n'en a pas été construit de nouveaux et qu'il n'y aurait donc plus de dommages potentiels, tous les bâtiments étant adaptés aux inondations à l'avenir.

Source sur les effets des mesures :

- Propre estimation (HKV et CIPR)
- CIPR (2002)
- Indications BW

Calcul :

la description de la méthode de calcul peut être expliquée à l'aide de l'illustration ci-dessous : y sont représentés en bleu les trois scénarios d'inondation, en rouge les surfaces urbaines actuelles et en jaune clair les nouvelles constructions situées en dehors de la superficie couverte par une crue HQ₁₀₀ et dont le mode de construction doit être adapté au risque d'inondation. A l'examen de la superficie inondable en cas de crue

¹⁷Des informations supplémentaires sur les hypothèses des effets maximaux et des sources bibliographiques sur les effets de ces indicateurs/mesures et autres peuvent être tirées du rapport final interne sur le projet (rapport final HKV). Il est important de souligner globalement que les hypothèses relatives aux indicateurs se basent parfois fortement sur l'expertise (CIPR).

HQextrême, il ressort qu'env. 80 % des surfaces bâties concernées (en rouge) ne sont pas adaptées au risque d'inondation et qu'env. 20 % (surfaces en jaune) le sont.

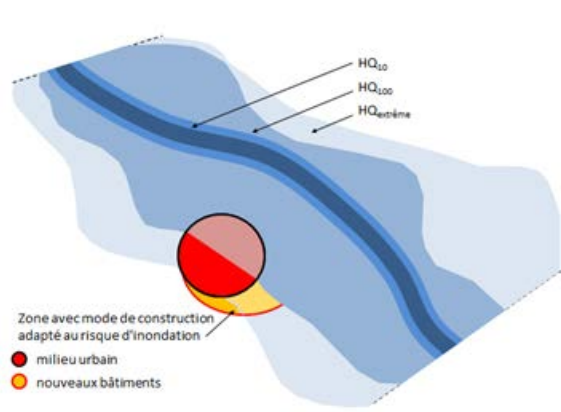
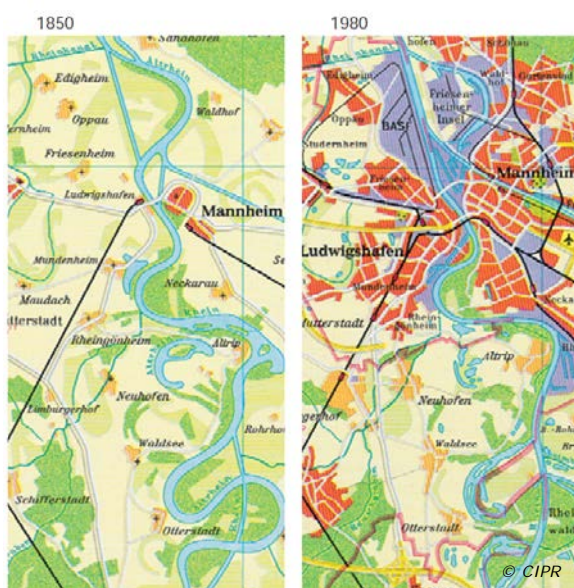


Figure 8 : présentation de la mesure « Aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme (I.1.1) »

Préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée (France = PPRI (I.1.2)

Indicateur :

modification des données relatives à l'occupation des sols (données CLC) à l'intérieur et à l'extérieur des zones inondables examinées dans les trois scénarios présentés dans les CZI.



Exemple d'évolution de l'occupation des sols au fil du temps

Explications :

les usages constructifs sont limités ou interdits dans les zones désignées inondables (en Allemagne : zones inondées par une crue centennale sur la base de la WHG (loi fédérale sur le régime des eaux) et de la législation sur les eaux des Länder ; en France : zones désignées sur la base de la crue centennale ou de la plus haute crue connue). Des permis de construire sont délivrés (uniquement en cas exceptionnels) à condition que le risque d'inondation soit pris en compte (construction adaptée et/ou mesures techniques de protection contre les inondations). L'impact des mesures correspond à la différence entre

les dommages avec mise en œuvre des mesures (de prévention des dommages) et ceux dans l'état actuel d'occupation des sols. En comparant l'évolution urbaine à l'intérieur et à l'extérieur des zones inondables, on peut montrer comment l'urbanisation évolue avec et sans mesures.

Dans le cas de la mesure 'Préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée (I.1.2)', l'accent est mis sur l'interdiction de construction dans les zones inondables, la conséquence étant pour l'avenir un arrêt de l'augmentation des surfaces construites (pas de croissance des dommages potentiels dû à de nouvelles constructions). L'hypothèse avancée est ici que des dérogations (par ex. l'implantation d'installations commerciales et industrielles à certaines conditions afin de maintenir un pôle économique) restent dans un ordre de grandeur négligeable. Dans les surfaces urbanisées existantes, les dommages potentiels augmenteront sous l'effet de la croissance économique et des rénovations / valorisations des usages dans le parc immobilier (voir I.1.1).

Effet des mesures :

la préservation de zones inondables (M I.1.2) a un effet sur les surfaces HQ10 et les surfaces HQ100. Aucun effet n'est attendu sur les surfaces HQextrême plus étendues car il ne s'y trouve pas, par définition, de zones juridiquement définies comme inondables.

Effet : 100% par scénario et cellule de raster

Source sur les effets des mesures :

- propre estimation (HKV, CIPR)
- CIPR (2006)

Calcul :

le calcul de la mesure est décrit, tout comme pour la mesure précédente, à l'aide d'une illustration (figure 9).

La mesure 'préservation de surface' a pour effet de limiter l'extension des surfaces urbaines en dehors des zones définies comme inondables (HQ100) (surfaces jaunes). Les zones représentées en rose sont soumises à une interdiction de construction et la croissance des dommages potentiels y est donc stoppée.

En raison de la disponibilité limitée des données CORINE, l'effet de la mesure ne peut être calculé que pour les années 2005 et 2014. Si les jeux actuels sont remis à jour à l'avenir ou si l'on peut se fonder sur d'autres données relatives à l'occupation des sols, le calcul de l'effet de la mesure sera également possible pour 2020 et 2020+. Il faut cependant ensuite procéder à un ajustement avec l'indicateur I.1.1 (voir plus haut).

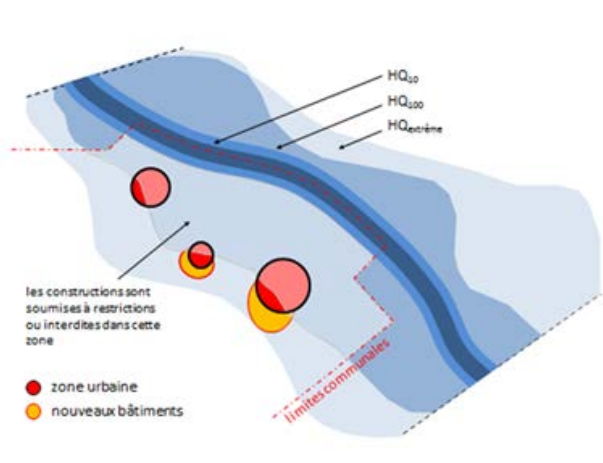


Figure 9 : présentation de la mesure 'préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée (France = PPRI) (I.1.2)'

Prévention en matière de construction (France = réduction de la vulnérabilité (I.3)

Les hypothèses suivantes sont posées pour la distinction à faire entre les mesures de construction adaptée au risque d'inondation (I.3.1) et celles portant sur la protection technique des bâtiments (I.3.2) :

Comparée à la construction adaptée aux risques d'inondation (prévention en matière de construction), la protection technique des bâtiments en zone inondable (mise hors d'atteinte) n'est pas une mesure permanente mais elle suppose une intervention en situation d'inondation. Cette intervention vise à empêcher l'inondation du bâtiment par ex. par colmatage des ouvertures (portes/fenêtres/soupiraux (voir figure 10 ci-dessous).

Les mesures de construction adaptée au risque d'inondation n'ont pas pour but de protéger le bâtiment de l'intrusion des eaux mais de le planifier et de le construire en l'adaptant au risque, de manière à limiter le plus possible les dommages (par ex. au moyen de portes et carrelages résistant à la pression).



Exemples de « mode de construction adapté aux inondations (I.3.1) » (à gauche) et de « protection technique des bâtiments » (à droite) (cf. <http://www.bmub.bund.de/Hochwasserschutzfibel>)

Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation (I.3.1)

Indicateur :

nombre de mesures de construction adaptée au risque d'inondation mises en œuvre

Explications :

des modes de construction adaptés au risque d'inondation permettent de réduire les dommages dans des situations de hauteur d'eau allant jusqu'à 2 m. Il est fait la distinction entre réduction des dommages sur les bâtiments et sur les biens ménagers par application de fonctions de dommage pour le volet 'zones urbaines'. Une subdivision supplémentaire s'appuie sur le type des mesures considérées selon qu'elles rentrent dans la catégorie dite de prévention humide (adaptation des usages et de l'équipement du bâtiment) ou dite de prévention sèche (mettre hors d'atteinte, étanchéifier, renforcer). Il n'est pas cependant pas procédé à une telle subdivision dans l'outil. L'estimation du degré de réalisation se réfère donc à toutes les mesures de prévention en matière de construction.

A l'opposé de la mesure « Aménagement du territoire au niveau national et régional et plans d'urbanisme (I.1.1) », la mesure « Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation (I.3.1) » est une mesure volontaire que prend le propriétaire (ou également la commune) pour abaisser ou éviter les dommages en situation d'inondation. Par ailleurs, cette mesure porte en premier lieu sur les constructions existantes, c'est-à-dire sur le mode de construction de bâtiments touchés par les inondations (exemple : utilisation adaptée des caves, pas de biens de valeur dans les caves) ; cette mesure peut toutefois être également prise en compte dans la planification de nouvelles constructions.

Effet des mesures :

la mesure 'planification et construction adaptée au risque d'inondation' (I.3.1) a un effet sur les surfaces HQ10 et HQ100 ainsi que sur les surfaces plus étendues HQextrême. On distingue par ailleurs ici les surfaces endiguées des surfaces non endiguées, fournies et indiquées toutes deux sous forme de polygones/polylignes et non pas par commune. En indiquant des facteurs de réalisation, il convient notamment de tenir compte du fait que l'efficacité peut fortement varier en fonction des profondeurs d'inondation pour les différents scénarios d'inondation. Dans les zones non endiguées, les bâtiments et les biens ménagers sont susceptibles d'être fréquemment inondés (HQhigh et HQmedium). On ne peut pas partir du principe que des mesures sont également efficaces en présence d'un HQextrême.

Biens ménagers : si la mesure est entièrement réalisée, le dommage peut être réduit de 40% max. de la valeur avant réalisation de la mesure (endigué) ; 55% (non endigué) pour une hauteur $h < 2$ m par scénario et cellule de raster. Quand $h > 2$ m, l'effet est nul.

Bâtiments : max. 30% (endigué) ; 60% (non endigué) pour une hauteur $h < 2$ m (80% dans les caves) par scénario et par cellule de raster. Quand $h > 2$ m, l'effet est nul.

Pour les calculs, on a opté pour une moyenne de 35% de biens ménagers et de bâtiments dans les zones endiguées et de 55% dans les zones non endiguées, obtenue à partir de CIPR (2002) et Kreiblich et al (2005), quand $h < 2$ m (pas de différence pour $<$ ou > 1 m) (voir détails ci-dessous).

Source sur les effets des mesures :

- CIPR (2002): biens ménagers jusqu'à 40% et bâtiments de 60% à 100% ($h < 1$ m) ; non utilisés : 15% à 35% si sont utilisés des matériaux insensibles à l'eau dans les bâtiments ; 75% - 85% étanchéification de caves
- Kreibich et al. (2005) : 24% dans les bâtiments sans cave ($h < 1$ m) ; 36% à 53% pour les bâtiments et 48% à 53% pour les biens ménagers dans le cas de modes de construction adaptés au risque d'inondation ($h > 2$ m)

Pour mesurer l'effet sur les biens ménagers, il a été retenu la valeur la plus basse pour les zones endiguées et la valeur la plus haute pour les zones non endiguées, ceci pour appuyer l'hypothèse selon laquelle l'expérience face aux inondations est plus large dans les zones non endiguées (voir explications ci-après).

Dans le cas des facteurs de réduction appliqués aux dommages subis par les biens immobiliers, la fourchette des effets est plus large que celle déterminée pour les biens ménagers. Ici, l'équipement adapté au risque (mesure permanente, à l'opposé de la protection des bâtiments qui suppose une intervention concrète en cas d'inondation) joue un rôle essentiel et il est nettement déterminé par la conscience du risque, ce qui explique pourquoi la différence entre zones endiguées et zones non endiguées est plus significative que dans le cas des biens ménagers. Etant donné que l'analyse réalisée dans le cadre de la CIPR se situe à un niveau macroscale et qu'il n'est pas fait de distinction entre les différentes mesures de prévention en matière de construction (l'étanchéification pouvant par ex. permettre d'éviter toute formation de dommages), il a été choisi un taux de 60% d'effet maximal dans les zones non endiguées et de 30% dans les zones endiguées.

L'effet de la mesure est une moyenne obtenue à partir des sources bibliographiques indiquées et différenciée selon qu'elle s'applique à des zones endiguées ou non endiguées. Dans les zones non endiguées, on part du principe que l'effet de réduction des dommages potentiels mobiliers (équipement ménager) est plus élevé en raison de l'expérience acquise par les populations touchées au contact des crues (inondations plus fréquentes que dans les zones endiguées).

L'impact d'une mesure dépend de la hauteur d'eau (max. 2 m). Moins cette hauteur d'eau est importante, plus l'effet est grand.

Calcul :

la méthode de calcul est expliquée à l'aide de la figure ci-dessous pour le scénario HQextrême. En fonction de la profondeur d'eau, la mise en œuvre de la mesure fait baisser les dommages potentiels à l'intérieur des contours indiqués quand le niveau d'eau est < 2 m. La fonction de dommage est modifiée autant pour les zones endiguées que pour les zones non endiguées selon la hauteur d'eau conformément aux hypothèses ci-dessus sur l'effet maximal. L'effet de la mesure est calculé pour chaque cellule de raster et pour chaque scénario.

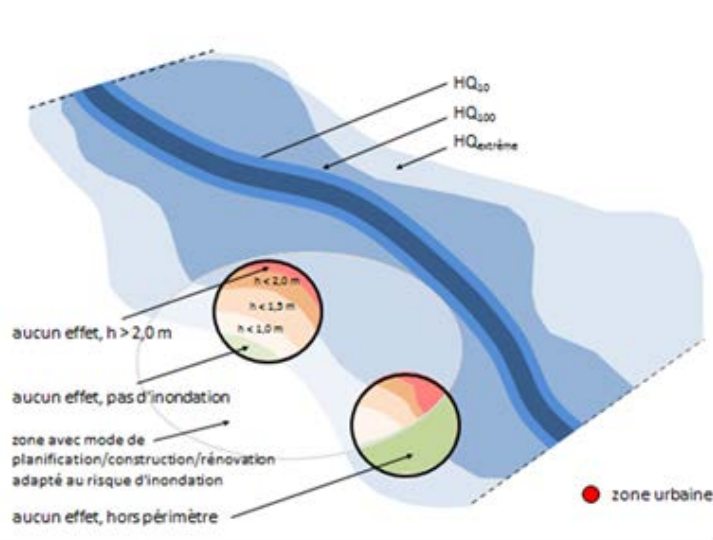


Figure 10 : présentation de la mesure « Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation (I.3.1) »

Les surfaces vertes montrent que la mesure n'est pas appliquée sur ces surfaces et/ou que la zone correspondante n'est pas inondée. Les surfaces rouges désignent les zones dans lesquelles est appliquée la mesure sans que celle-ci fasse cependant effet en raison de la hauteur d'eau ($h > 2\text{ m}$). Dans les zones présentant un dégradé de rouge/orange, la mesure agit conformément à la fonction de dommage modifiée.

Les fonctions de dommage appliquées aux catégories 'zones urbaines' et 'industrie' (biens mobiliers et immobiliers) sont modifiées sous l'effet de la mesure de prévention en matière de construction comme illustré ci-dessous :

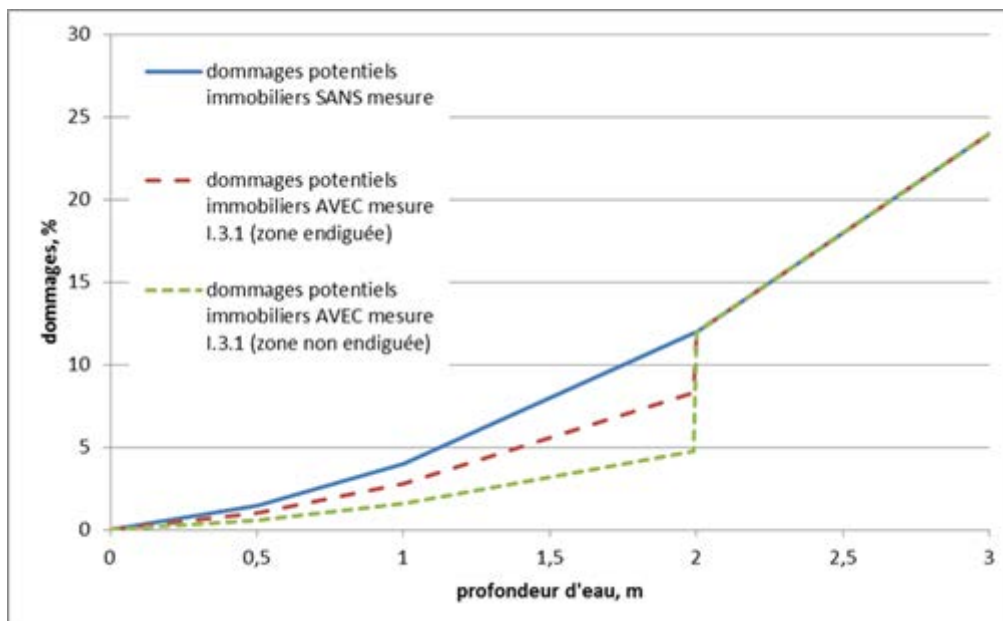


Figure 11 : modification de la fonction des dommages immobiliers (zones urbaines et industrie) sous l'effet de la mesure de « prévention en matière de construction (I.3) » dans les zones endiguées et les zones non endiguées (fonction utilisée (exemple sans mesure) : « Biens industriels immobiliers » : $y = 2 \cdot x^2 + 2x$)

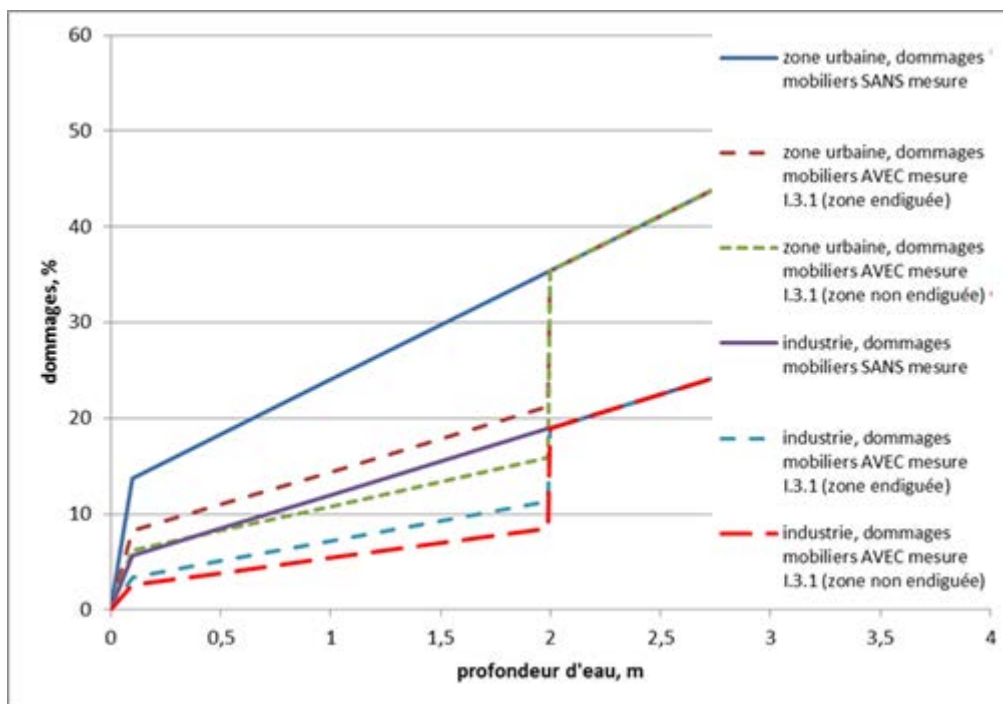


Figure 12 : modification de la fonction des dommages mobiliers (zones urbaines et industrie) sous l'effet de la mesure de « prévention en matière de construction (I.3) » dans les zones endiguées et les zones non endiguées (fonction utilisée (exemple sans mesure) : « zones urbaines, biens mobiliers (35% économie, 60% habitat, 5% Etat) » : $y = 11,4 * x + 12,625$ ainsi que « Industrie, biens mobiliers » : $y = 7 * x + 5$)

Les sources bibliographiques CIPR (2002) et Kreibich et al. (2005) font clairement ressortir dans les fonctions de dommage que l'effet des mesures se limite là aussi aux hauteurs d'eau $h < 2$ m. Quand les hauteurs d'eau sont plus importantes, les dommages potentiels restent inchangés.

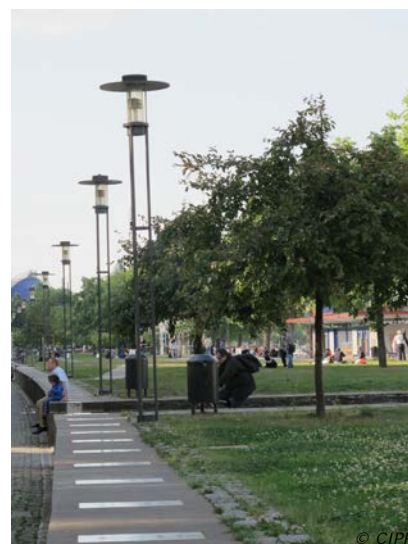
Le calcul de la réduction des dommages dépend de l'efficacité de la mesure et du degré de réalisation. Prenons par exemple une commune avec 1 000 maisons situées dans la zone inondable (endiguée et non endiguée). Dans le cadre d'une enquête, 100 propriétaires mentionnent avoir pris des mesures de construction adaptée au risque d'inondation, ce qui correspond à un facteur de réalisation de 10%. L'effet de la mesure dans la zone endiguée est alors de 3,5% (effet = effet max. * degré de réalisation = 35 % * 10 %).

Dans le cadre de l'estimation du risque d'inondation à échelle grossière, il n'a pas été possible de réaliser de recensements détaillés portant à la fois sur l'existence de telles mesures de construction et sur leur efficacité dans les différents scénarios d'inondation. Les facteurs de réalisation fixés ne représentent de ce fait qu'une estimation approximative. En général, on partira du principe qu'il existe une forte relation entre la probabilité d'inondation et le facteur de réalisation. Même dans l'estimation régionale du risque d'inondation, on ne pourra en général procéder qu'à des estimations très approximatives. Il convient donc d'examiner dans chaque cas si l'on peut renoncer à cet indicateur en faveur de l'indicateur I.1.

Protection technique des bâtiments (au sein de la zone inondable) (I.3.2)

Indicateur :

surfaces protégées par des systèmes techniques ou mobiles



Murs de protection contre les inondations à Cologne



Petites digues de protection

Explications :

les systèmes mobiles protègent les bâtiments et empêchent qu'ils soient inondés. Il en résulte une réduction des dommages potentiels autant mobiliers qu'immobiliers. Ces mesures ne sont efficaces que pour une hauteur d'eau de 2 m au maximum quand les systèmes ne sont pas submergés (*voir explications ci-dessous*).

Effet des mesures :

si la mesure est entièrement réalisée, les dommages potentiels peuvent être réduits de 90% max. par scénario et cellule de raster quand la mesure permet d'éviter une inondation, c'est-à-dire lorsque les niveaux d'eau sont inférieurs à 2 m (ou la protection jusqu'à 2 m).

La protection technique des bâtiments a un effet sur les surfaces HQ10 et HQ100 ainsi que sur les surfaces plus étendues HQextrême.

Source sur les effets des mesures :

- CIPR (2006) : 90% ($h < 0,5$ m) zones urbanisées et industrie (immobilier = mobilier) pour DE et CH (uniquement zones non endiguées), 50% ($h < 2$ m), 10% ($h > 2$ m) (voir ci-dessous explications détaillées sur le choix de ces réductions dans les calculs et/ou fonctions de dommages).
- CIPR (2002) : 50 à 80% de réduction des dommages dans les bâtiments privés et même 100% si les caves sont étanchéifiées ; 25 à 100% pour les usages commerciaux et industriels
- Kreibich et al. (2005) : 30% de réduction des dommages pour les bâtiments privés

Dans les deux documents CIPR, l'effet de la protection technique des bâtiments (mise hors d'atteinte) est décrit de manière relativement détaillée sans cependant qu'il soit indiqué sur quels résultats et données il se fonde (à l'exception de l'exemple du bâtiment commercial de Lucerne en Suisse). L'étanchéification de bâtiments à l'aide de différents systèmes compte parmi les mesures les plus efficaces de prévention des dommages, pour autant que ces systèmes résistent à la pression de l'eau. Nous estimons donc que le degré d'efficacité indiqué dans la source bibliographique CIPR (2006) pour différentes hauteurs d'eau correspond à une approche réaliste (et a déjà été intégré de ce fait dans les fonctions de dommages, voir figure 14). Quand les hauteurs d'eau sont inférieures à 0,5 m, on part du principe que tout dommage (autant mobilier qu'immobilier) peut pratiquement être évité. Selon le système appliqué, l'eau peut plus ou moins s'infiltrer ou pénétrer dans le bâtiment, par ex. par reflux dans les canalisations. Le taux maximal hypothétique est donc fixé ici à 90%. Plus le niveau d'eau augmente, moins la mesure fait effet. Quand les hauteurs d'eau sont supérieures à 2 m, on part du principe que la réduction des dommages potentiels est faible.

Calcul :

L'effet de la mesure est local dans les zones protégées par des mesures techniques au sein de la zone inondable (voir figure 13, les surfaces en rose sont ici protégées contre une crue HQ100). La protection peut s'appliquer à des bâtiments individuels ou, comme le présente la figure 13, s'étendre à un groupe de bâtiments ou à des zones urbaines. En fonction de la hauteur d'eau, les dommages sont rabaissés au sein de la zone protégée conformément à la fonction de dommage modifiée (figure 14). Dans le cas de la protection technique des bâtiments, on part du principe qu'elle permet de réduire les dommages, que la zone soit endiguée ou non. L'indication du degré de protection, c'est-à-dire de l'efficacité de la mesure en fonction du scénario retenu, est une information essentielle. L'effet de la mesure est calculé pour chaque cellule de raster et pour chaque scénario.

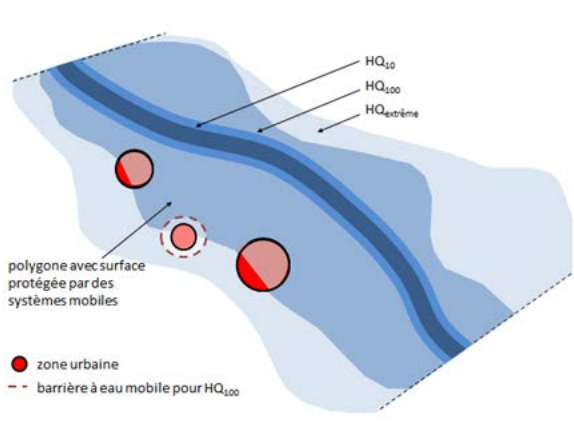


Figure 13 : présentation de la mesure « Protection technique des bâtiments (1.3.2) »

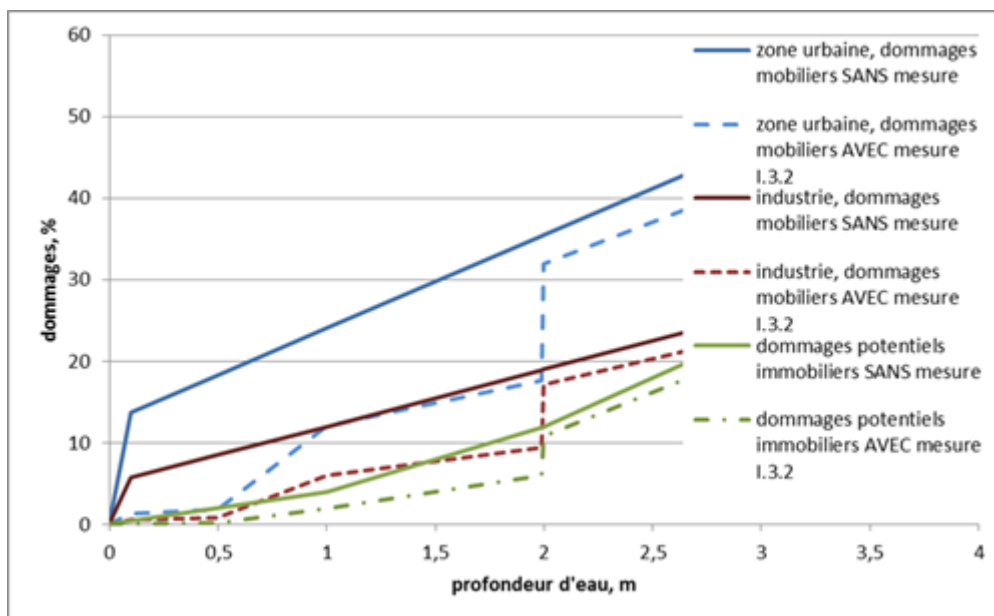


Figure 14 : modification de la fonction des dommages immobiliers et mobiliers (zones urbaines et industrie) sous l'effet de la mesure « Protection technique des bâtiments (I.3.2) » (fonctions utilisées (exemple sans mesure) : « zone urbaine, biens mobiliers » : $y=11,4*x+12,625$, « Industrie, biens mobiliers » : $y=7*x+5$ et « Industrie, biens immobiliers » : $y=2*x^2+2x$) (ici, les pourcentages de réduction indiqués dans la publication CIPR (2006) ont été atteints ; voir indications ci-dessus dans la rubrique « Source sur les effets des mesures »)

Dans le cadre de l'estimation du risque d'inondation à échelle grossière, il n'a pas été possible, comme pour l'indicateur I.3.1, de réaliser de recensements détaillés portant à la fois sur l'existence de telles mesures de construction et sur leur efficacité dans les différents scénarios d'inondation. Les facteurs de réalisation fixés ne représentent de ce fait qu'une estimation approximative. En général, on partira du principe qu'il existe une forte relation entre la probabilité d'inondation et le facteur de réalisation. Même dans l'estimation régionale du risque d'inondation, on ne pourra en général procéder qu'à des estimations très approximatives. Il convient donc d'examiner dans chaque cas si l'on peut renoncer à cet indicateur en faveur de l'indicateur I.1.

Adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux aux risques d'inondation (I.3.3)

Indicateur :

mise en sûreté des réservoirs à mazout et/ou installation aux étages supérieurs



Exemple d'ancrage d'un réservoir à mazout

Explications :

en mettant en sûreté les cuves à mazout ou en stockant les substances dangereuses pour les eaux aux étages supérieurs, on peut abaisser sensiblement les dommages.

Le calcul de la réduction des dommages dépend donc de l'efficacité de la mesure et du degré de réalisation. Prenons par exemple une commune avec 1 000 maisons situées dans la zone inondable (endiguée et non endiguée). Dans le cadre de l'enquête, 500 propriétaires mentionnent avoir pris des mesures de mise en sûreté, ce qui correspond à un facteur de réalisation de 50%. L'effet de la mesure dans la zone endiguée est alors de 15% (= 30 % x 50 %).

Effet des mesures :

le stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté aux risques d'inondation a un effet sur les surfaces HQ10 et HQ100 ainsi que sur les surfaces plus étendues HQextrême.

Max. 30% (endigué) ; 50% (non endigué, c'est-à-dire plus grande hauteur d'inondation et éventuellement pourcentage plus élevé de personnes non préparées) par scénario et cellule de raster

Pour les calculs, il est déterminé et choisi - sur la base du jugement d'experts de la CIPR - une moyenne obtenue à partir des sources CIPR et Kreibich et al pour les zones endiguées et non endiguées (voir détails ci-dessous).

Source sur les effets des mesures :

- Jugement d'experts
- CIPR (2006) : dommages immobiliers potentiels pour DE et CH (uniquement zones non endiguées), 90% (h < 2 m), 50% et 0% pour CH (h > 2 m)
- CIPR (2002) : 30 à 40% au travers d'usages adaptés ; les dommages sont plus étendus quand du mazout entre en ligne de compte (200 à 300%) ; dans le cas d'entreprises industrielles, le stockage de substances dangereuses dans les étages supérieurs entraîne une baisse de 50 à 75% et dans le cas d'un stockage hors de la zone inondable de 100%.
- Kreibich et al. (2005) : 53% en adaptant les usages

Les indications sur l'effet de la mesure consistant à 'adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux au risque d'inondation' font référence à la fois à la mise en sûreté des réservoirs à mazout dans le domaine de la construction individuelle et aux mesures de sécurisation et de prévention dans les entreprises commerciales et industrielles. La source bibliographique CIPR (2002) nomme l'exemple d'une station-service à Vallendar que la crue rhénane de 1993 avait submergée pendant 14 jours sous 1,3 m d'eau et qui a ensuite été équipée d'éléments mobiles de protection.

Cet exemple débouche sur des facteurs de réduction très élevés, tout comme le fait de stocker des substances dangereuses pour l'eau hors de la zone inondable (effet de 100%). Etant donné que les résultats de l'enquête de Bubeck ont été utilisés dans le cadre du projet de la CIPR et que ces résultats se réfèrent exclusivement aux ménages privés, les taux de réduction appliqués sont au maximum de 50 et de 30%, l'efficacité de cette mesure dans le secteur privé étant estimée moins importante. Les résultats de Kreibich et al. (2005) étayaient cette hypothèse. Comme déjà indiqué dans le chapitre

I.3.1, l'expérience acquise au fil des crues explique pourquoi il est fait la distinction entre effet en zone endiguée et effet en zone non endiguée. Ceci revient à dire que dans les zones non endiguées, on part du principe que l'effet de réduction est plus élevé en raison de l'expérience acquise par les populations touchées au contact des crues (inondations plus fréquentes que dans les zones endiguées).

Dans le cadre de l'estimation du risque d'inondation à échelle grossière, il n'a pas été possible, comme pour l'indicateur I.3.1, de réaliser de recensements détaillés portant à la fois sur l'existence de telles mesures de construction et sur leur efficacité dans les différents scénarios d'inondation. Les facteurs de réalisation fixés ne représentent de ce fait qu'une estimation approximative. En général, on partira du principe qu'il existe une forte relation entre la probabilité d'inondation et le facteur de réalisation. Même dans l'estimation régionale du risque d'inondation, on ne pourra en général procéder qu'à des estimations très approximatives.

Calcul :

l'effet de la mesure de stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté au risque d'inondation est calculé pour les trois scénarios conformément à l'illustration ci-dessous (figure 15). Au niveau communal, les dommages potentiels baissent dans un ordre de grandeur correspondant au produit de l'effet maximal et du degré de réalisation dans les zones urbaines. La formule de calcul est la suivante :

Dommages avec mesures = $0,30 \times \text{facteur de réalisation} \times \text{dommages sans mesures}$
(pour les zones endiguées)

Les dommages potentiels peuvent également être calculés par le biais de la modification de la fonction de dommage appliquée aux zones urbanisées (biens immobiliers et mobiliers) et à l'industrie (biens immobiliers et mobiliers) indépendamment de la hauteur d'eau, figure 16 et figure 17, et par multiplication avec le facteur de réalisation.

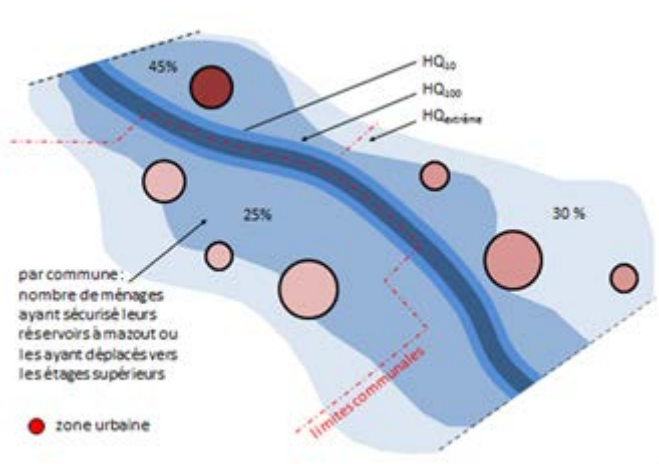


Figure 15 : présentation de la mesure « Stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté au risque d'inondation (I.3.3) »

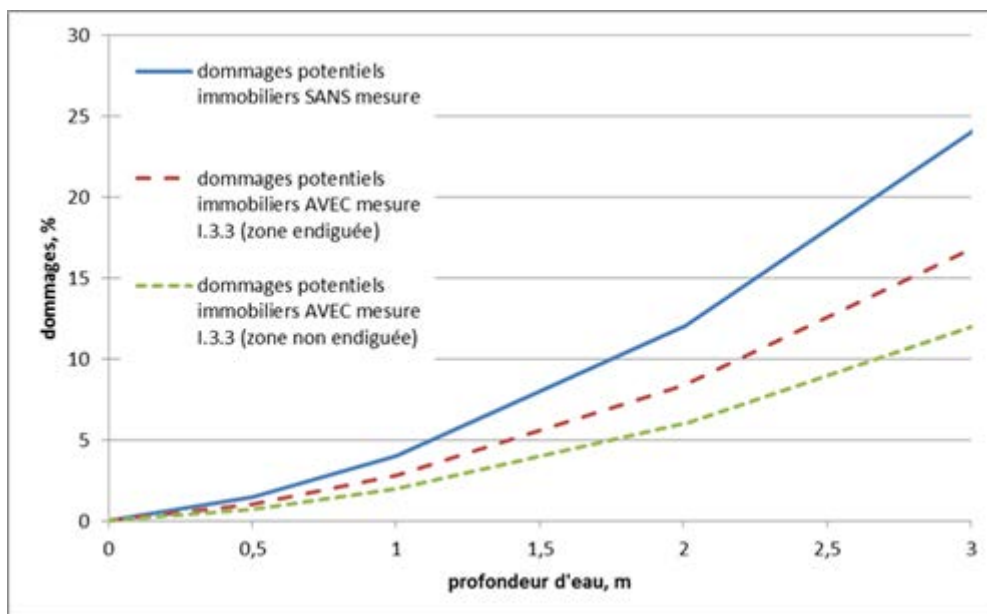


Figure 16 : modification de la fonction des dommages immobiliers (industrie) sous l'effet de la mesure de « stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté aux risques d'inondation (I.3.3) » dans les zones endiguées et les zones non endiguées (fonction utilisée (exemple sans mesure) : « Biens industriels immobiliers » : $y=2*x^2+2x$)

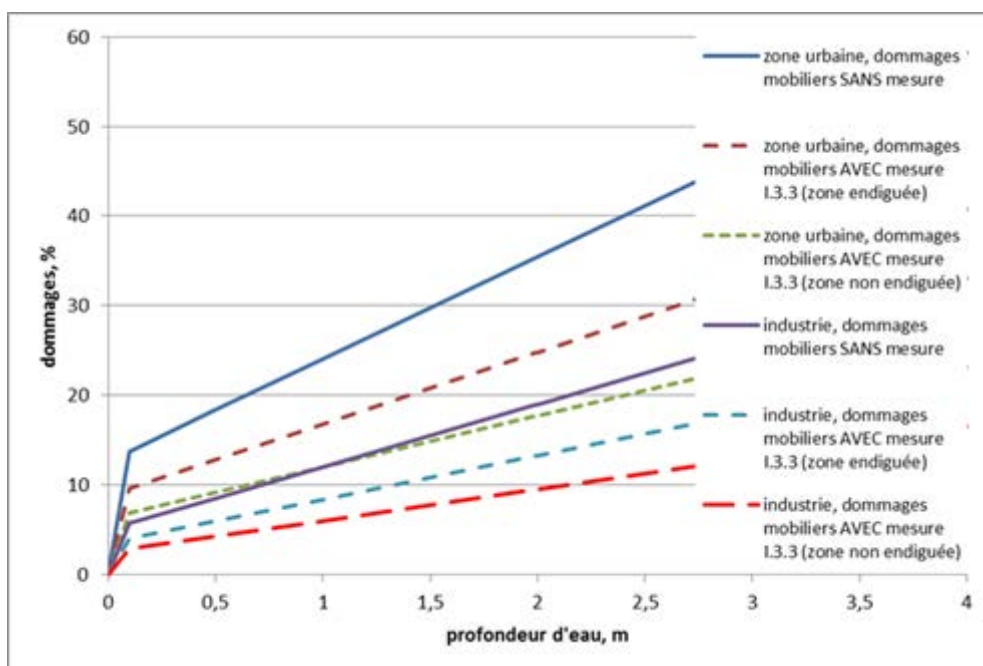


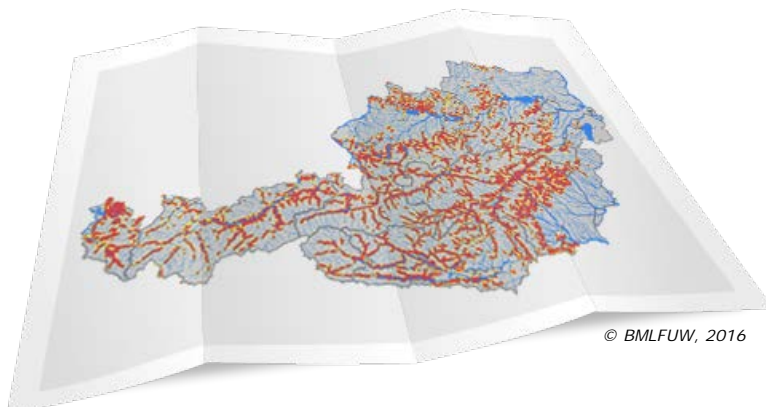
Figure 17 : modification de la fonction des dommages mobiliers (zones urbaines et industrie) sous l'effet de la mesure de stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté au risque d'inondation dans les zones endiguées et les zones non endiguées (fonctions utilisées (exemple sans mesure) : « Zones urbaines, biens mobiliers » : $y=11,4*x+12,625$ et « Industrie, biens mobiliers » : $y=7*x+5$)

Autres mesures de préparation (I.4)

Mise à disposition de cartes des zones inondables et de cartes des risques d'inondation et sensibilisation à la prévention individuelle, information et préparation aux inondations (I.4.1)

Indicateur :

'fréquence de campagnes d'information (y compris existence/mise à disposition de CZI et de CRI)'



© BMLFUW, 2016

Cartes des zones inondables (cf. www.naturgefahren.at)



© CIPR

Infobus de l'HKC (Hochwasser Kompetenz Centrum ; cf. <http://www.hkc-online.de/de/projekte/hkc-infomobil/index.html>) : unité mobile d'information et de formation

Explication et calcul :

la sensibilisation au risque est une condition importante pour l'action des personnes touchées en situation d'inondation. Des mesures ne peuvent être efficacement engagées qu'une fois connus le risque et les actions possibles. La publication des CZI et des CRI est ici une bonne base de départ. D'autres moyens d'information peuvent être mis à disposition, comme par ex. des dépliants ou des outils médiatiques (par ex. le guide du ministère fédéral allemand des Transports (BMVBS) sur la protection contre les inondations). Il est également possible d'organiser, entre autres, des journées d'information, des ateliers, des partenariats « Inondation ».

En déplaçant les biens (verticalement) vers les étages supérieurs ou en sortant les voitures etc. de la zone inondable, il est possible de réduire sensiblement les dommages potentiels mobiliers.

Cette réduction des dommages potentiels n'est possible que si sont connus les risques et les zones concernées (CZI et CRI).

L'organigramme montre comment l'indicateur est appliqué dans l'outil. S'il existe des CZI et des CRI, l'effet dépend tout d'abord de l'état de mise à jour des cartes. A ceci s'ajoute dans un deuxième temps l'information sur la réalisation de campagnes d'information et, dans l'affirmative, sur leur fréquence. Si les CZI/CRI sont mises à jour plus fréquemment que tous les six ans et si sont réalisées des campagnes d'information plus fréquemment que tous les deux ans, l'effet maximal de la combinaison des mesures est respectivement de 5 ou 10%.

On suppose en général que plus les améliorations ou mises à jour des cartes et les campagnes d'information sont fréquentes, plus les personnes sont prêtes et disposées à mettre leurs biens en sécurité, ce qui fait baisser les dommages potentiels.

Effet des mesures :

la combinaison de la mise à disposition de CZI et de CRI et des mesures de sensibilisation à la prévention individuelle, d'information et de préparation aux inondations a un effet sur les surfaces HQ10 et HQ100 ainsi que sur les surfaces plus étendues HQextrême. Max. 5% (endigué) ; 10% (non endigué) par scénario et cellule de raster.

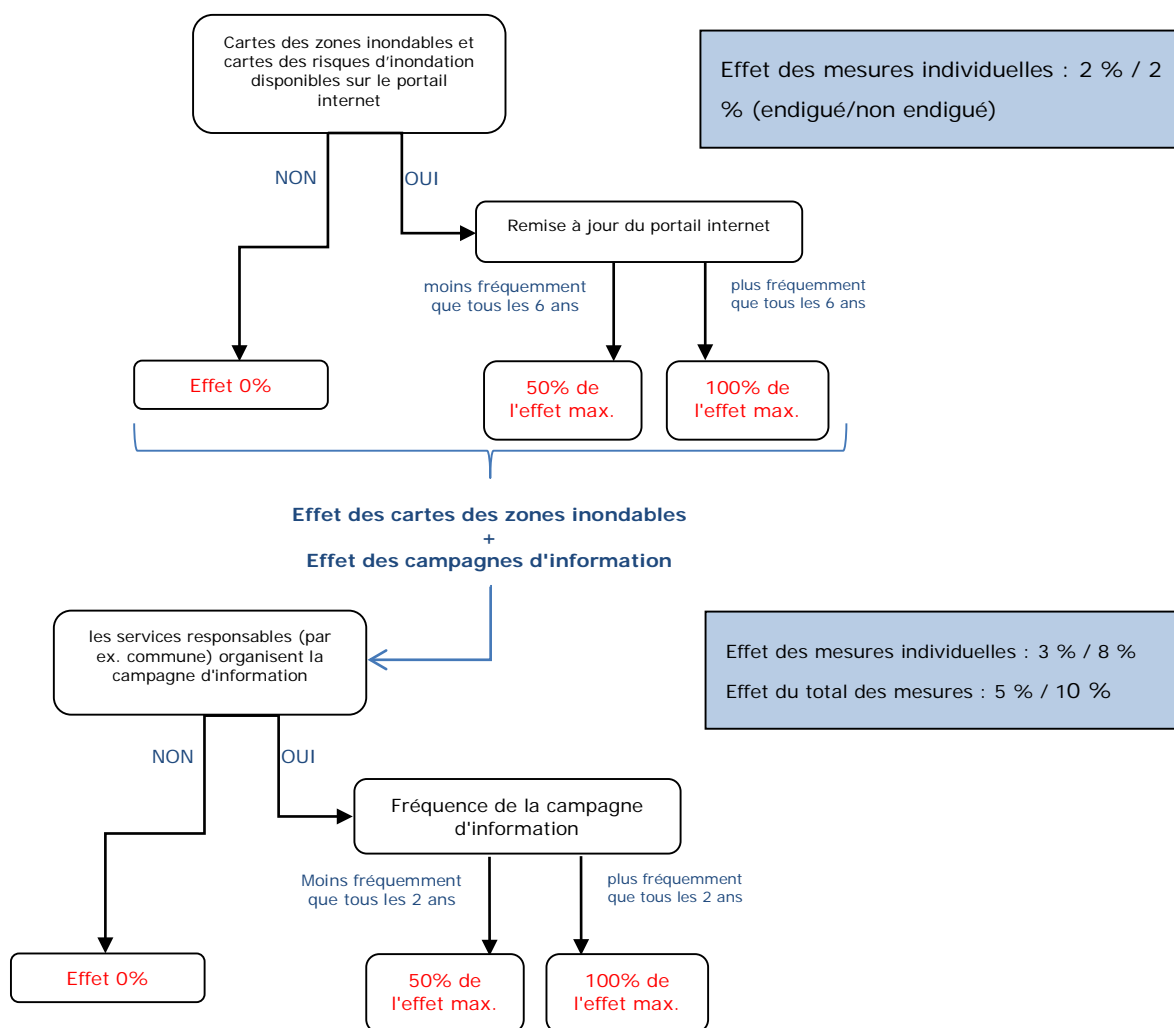


Figure 18 : organigramme sur l'indicateur « Mise à disposition de cartes des zones inondables et de cartes des risques d'inondation et sensibilisation à la prévention individuelle, information et préparation aux inondations (I.4.1) »

Source sur les effets des mesures :

- jugement d'experts

On ne dispose pas encore d'expérience sur l'effet de la mesure 'mise à disposition de CZI et CRI, sensibilisation à la prévention individuelle, information et préparation aux inondations'. Conformément à la DI adoptée en 2007, des CZI et des CRI sont établies pour toutes les zones à risque important d'inondation, présentées aux communes et au public, et publiées sous diverses formes (généralement sur portails internet). En regard du cycle régulier de remise à jour (tous les 6 ans), on part du principe que cette mesure a un effet durable. La présentation des risques et la sensibilisation de tous les concernés sont les fondements de la prévention des inondations. L'effet est jugé variable, avec 5% dans les zones endiguées et 10% dans les zones non endiguées, car on part de l'hypothèse que la disposition à prendre et à mettre en œuvre des mesures est plus grande dans les zones non endiguées et que l'existence de CZI/CRI dans ces zones a par conséquent un impact plus significatif.

La fonction de dommage est modifiée pour les zones urbanisées (biens immobiliers et mobiliers) et l'industrie (biens immobiliers et mobiliers) indépendamment de la hauteur d'eau.

4.4.2. Protection contre les inondations (II)

Indicateur :

l'indicateur correspond donc à la modification de la probabilité d'inondation.

Explications :

les mesures de protection contre les inondations sont prises en compte au travers des calculs de la modification des probabilités et de la subdivision entre tronçons protégés/endigués et tronçons non protégés/non endigués dans l'analyse des risques (voir annexes 1 et 3).

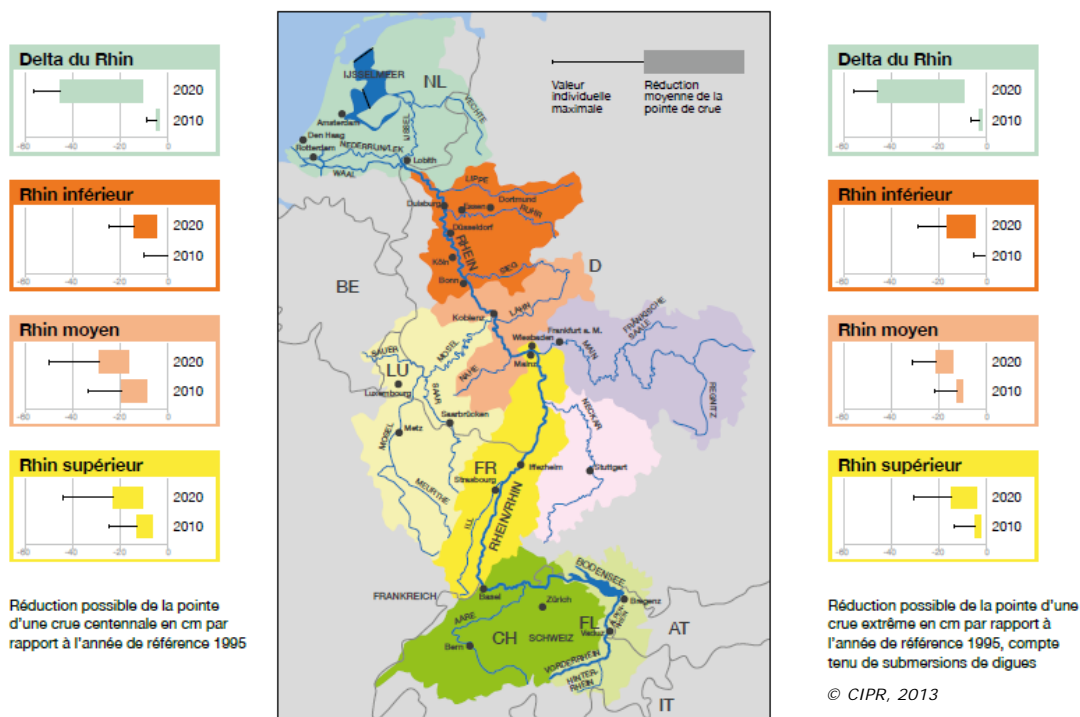


A gauche : tronçon du Rhin non endigué (Rhin moyen) ; à droite : tronçon du Rhin endigué (Rhin supérieur)

Seules ont été prises en compte dans les calculs du groupe d'experts 'Validation' de la CIPR les mesures de rétention (c'est-à-dire, conformément aux tableaux 9 et 12, les mesures de restauration de la rétention naturelle des eaux, de régulation du débit et d'aménagement des cours d'eau). Les modifications des probabilités d'inondation consécutives à l'amélioration du niveau de protection grâce aux « mesures techniques de prévention contre les inondations » (par ex. les systèmes mobiles de Cologne) et aux « autres mesures techniques (par ex. le rehaussement de digues) ont été mises à disposition par la CIPR (voir annexe 3). Une probabilité commune est indiquée pour les deux types de mesures.



Exemple de mesure d'élargissement du fleuve à Lent/Nimègue aux Pays-Bas. Recul de digue à Lent. A gauche : situation actuelle ; à droite : situation future (programme « Espace pour le fleuve », projet « Espace pour le Waal » <http://www.ruimtevoordewaal.nl>)



Réduction possible de la pointe d'une crue au travers de mesures d'abaissement des niveaux d'eau : état 2010 et 2020

4.4.3. Préparation aux inondations (III)

Prévention par l'information (informations sur les crues et prévision des crues (III.1.1))

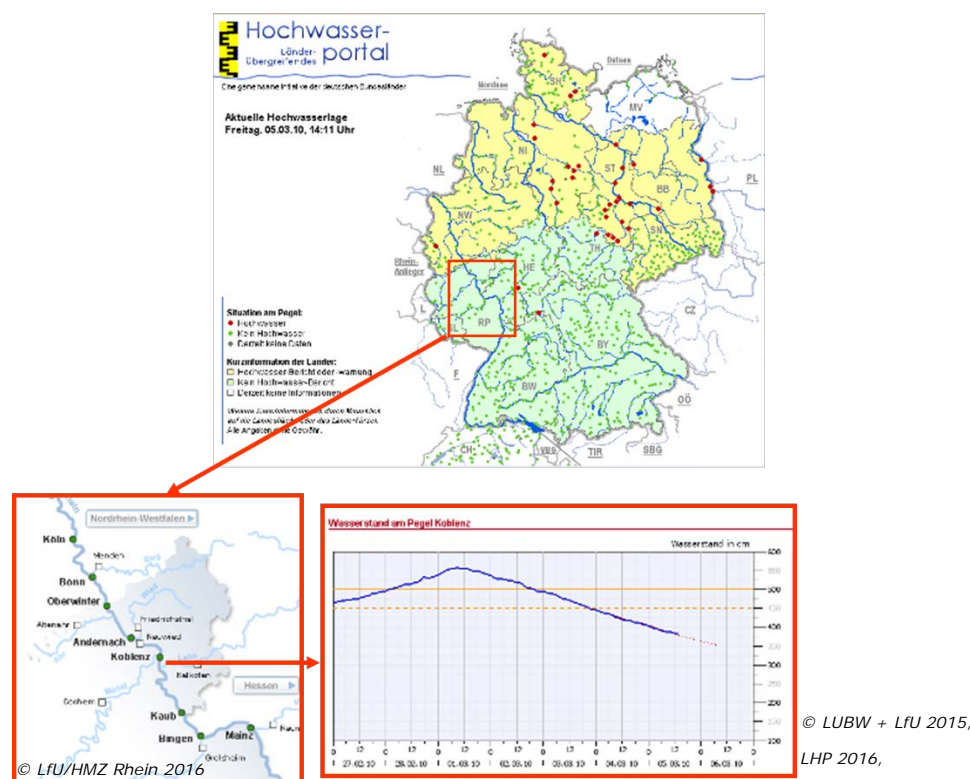
Indicateur :

améliorer les prévisions de crue dans le cadre d'une période définie (par ex. en prolongeant les temps de prévision).



Centres de prévision des crues sur le Rhin

(cf. <http://www.ksr.org/fr/themes/inondations/centres-dannonce-et-de-prevision/carte-interactive/index.html>)



Exemple d'informations sur les prévisions de crue diffusées sur internet (crue survenue début juin 2016 ; cf. www.hochwasserzentralen.de)

Explication et calcul :

une meilleure prévision de crue peut se traduire par un prolongement du temps de prévision, ce qui prolonge également les temps de préalerte et de préparation et permet par conséquent d'abaisser les dommages et éventuellement d'améliorer les opérations d'évacuation (taux d'évacuation plus élevé).

En déplaçant les biens (verticalement) vers les étages supérieurs ou en sortant les voitures etc. de la zone inondable, il est possible de réduire sensiblement les dommages potentiels mobiliers. La sensibilisation par la diffusion d'informations et la prévision sont les fondements des mesures de réduction de la vulnérabilité des bâtiments (prévention en matière de construction). Plus une prévision est précise et plus son temps est long, plus la marge de manœuvre est importante.

Dans la partie supérieure de l'organigramme présenté ci-dessous, il est fait la distinction entre système d'annonce, système de prévision et absence de système. Pour les systèmes de prévision, une importance supplémentaire est accordée au paramètre sur lequel porte la prévision. Alors que la prévision de débit ne signale généralement qu'aux personnes maîtrisant bien les questions de genèse des crues et de régime hydrologique si des inondations sont attendues et si des dommages sont susceptibles d'en découler, la prévision de l'extension de la zone probablement inondée est, pour les personnes moins expertes, une information utile et simple à interpréter pour estimer les conséquences d'une inondation.

Pour le temps de prévision, l'effet maximal est atteint, dans le cas du Rhin, quand est doublé le temps de prévision obtenu de 1995 à 2005. Conformément au Plan d'Action contre les Inondations Rhin, il n'est pas observé de modification de ce critère après 2005.

Une amélioration supplémentaire est possible après 2005 au travers d'une meilleure précision des prévisions (fiabilité) que doivent estimer les centres de prévision des crues. Si rien ne peut être dit sur la fiabilité, on considère alors que la fiabilité est « suffisante ».

L'organigramme est expliqué à partir de l'exemple suivant (cases vertes) :

un système de prévision est en service pour pronostiquer l'évolution du niveau d'eau. Le temps de prévision maximal souhaité est atteint et la prévision est estimée très fiable. On obtient comme résultat 90% de l'effet maximal réalisable (15% ou 20%), c'est-à-dire 13,5% (= $0,9 \times 15\%$) dans les zones endiguées et 18% (= $0,9 \times 20\%$) dans les zones non endiguées.

Effet des mesures :

l'information sur les inondations et la prévision ont un effet sur les surfaces HQ10 et HQ100 ainsi que sur les surfaces plus étendues HQextrême.

Les mesures peuvent permettre d'éviter au plus 15% (endigué) - 20% (non endigué) des dommages potentiels mobiliers par scénario et cellule de raster.

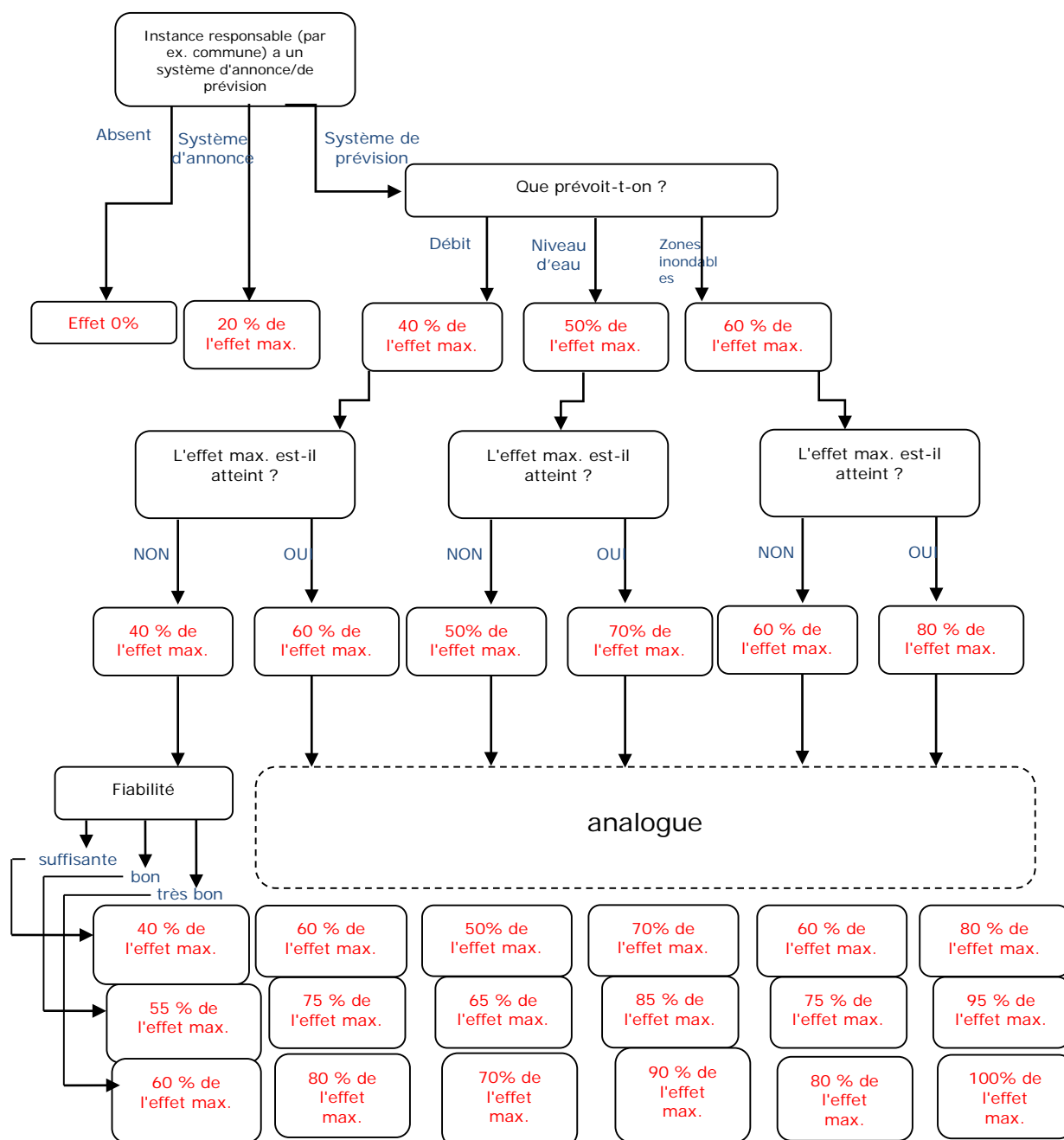


Figure 19 : organigramme sur l'indicateur « Prévention par l'information (informations sur les crues et prévision des crues) (III.1.1) »

Source sur les effets des mesures :

- jugement d'experts
- CIPR (2006) : dommages potentiels mobiliers, zones urbaines
- Messner et al. (2006) : 21% en moyenne des dommages potentiels économiques tangibles directs ; 48% au maximum avec un délai d'avertissement de 8 heures.
- Wind et al. (1999) : réduction de 35% des dommages potentiels lors de la crue de 1995 par rapport à celle de 1993 ; cette réduction est mise sur le compte de l'expérience acquise par les ménages au contact des inondations et des temps de préalerte légèrement prolongés.
- L'effet de la mesure 'information sur les crues et prévision' a été analysé à la fois dans le bassin de la Meuse (1993 et 1995) et dans le bassin du Rhin (1993 et

1995). On constate dans tous les cas une baisse notable des dommages potentiels mobiliers avec la deuxième crue, ce qui est à mettre sur le compte d'une prévision de crue améliorée et également d'une sensibilité plus élevée, d'une meilleure préparation et de la prise de mesures de prévention. Les dommages mobiliers potentiels ont pu être réduits de 80%. Ces expériences ont également été publiées pour le bassin de l'Elbe (Jüpner Université technique de Kaiserslautern, ateliers, 2002 et 2013).

La distinction entre zones endiguées (15%) et zones non endiguées (20%) se fonde sur la déclaration susmentionnée et sur les indications de la source bibliographique CIPR (2006). Comme il s'agit exclusivement de la mesure 'prévision', les facteurs de réduction mentionnés dans la bibliographie pour les combinaisons de mesures ont été abaissés.

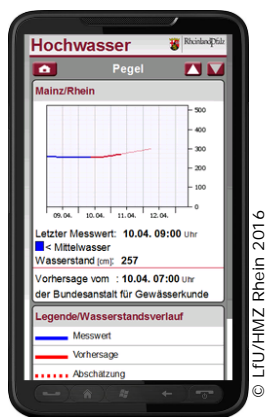
La fonction de dommage est modifiée pour les zones urbanisées (biens immobiliers et mobiliers) et l'industrie (biens immobiliers et mobiliers) indépendamment de la hauteur d'eau.

4.4.4. Gestion des catastrophes (III.2)

Avertissement des personnes touchées/plan d'alerte et d'intervention/exercices et formation (III.2.1)

Indicateur :

existence et fréquence de remise à jour du plan d'alerte et d'intervention, nombre de systèmes d'avertissement (voies et moyens de transmission de l'avertissement) par commune, fréquence des exercices par an



Application mobile de visualisation et d'avertissement des niveaux de crue



© STEB Köln



© CIPR

Réunion de crise du centre de protection contre les inondations de Cologne et exercice effectué lors des journées 'Inondations' de la DWA

Explication et calcul :

en déplaçant les biens (verticalement) vers les étages supérieurs ou en sortant les voitures etc. de la zone inondable, il est possible de réduire sensiblement les dommages potentiels mobiliers. L'existence d'un plan d'alerte et d'intervention et l'avertissement des populations concernées est la base et la condition préalable (de la plupart) des actions. L'hypothèse de la CIPR est la suivante : plus la prévision de crue est bonne (temps de prévision long), plus l'avertissement peut être précoce et précis. Les mesures d'urgence peuvent être partie intégrante des plans d'alerte et d'intervention.

Remarque : dans la réalité et malgré les nombreuses avancées réalisées dans ce domaine au cours des dernières années, le degré de fiabilité des prévisions prolongées reste inférieur à celui des prévisions à plus court terme. Ceci signifie qu'une meilleure prévision au sens d'une prévision plus précise ne signifie pas automatiquement un temps de préalerte prolongé.

En outre, les exercices et les formations sont à la base d'une protection fiable contre les inondations. Ils permettent d'éviter les erreurs et les mauvaises décisions en situation d'inondation et contribuent à renforcer la sensibilisation et la conscience du risque.

En préparant et en formant de manière ciblée les forces d'intervention et les personnes touchées, on peut réduire les dommages potentiels.

L'organigramme montre comment l'indicateur est appliqué dans l'outil. Il est demandé dans un premier temps s'il existe un plan d'alerte et d'intervention. S'il n'existe pas de plan, l'effet des mesures combinées est égal à 0. S'il existe un plan, son degré de remise à jour est vérifié.

On citera comme exemple l'existence d'un plan d'alerte et d'intervention communal pour une zone endiguée, ce plan étant remis à jour à des intervalles moins fréquents que tous les 5 ans. L'effet correspond à 50% de l'effet maximal ($0,5 \times 10 \% = 5 \%$).

S'y ajoutent comme deuxième niveau le système d'avertissement et le nombre de voies de transmission de l'avertissement. Pour l'exemple susmentionné, on supposera que le système d'avertissement est équipé de 2 à 3 voies de transmission redondantes. L'effet de cette mesure prise individuellement correspond à 1,25% (50% de 2,5%) et l'effet de la combinaison de mesures 'Plan d'alerte et d'intervention + système d'avertissement' s'élève à 6,25 %. Le dernier niveau est celui des exercices et formations ainsi que des fréquences de réalisation. L'évaluation de l'effet des mesures individuelles et de la combinaison des mesures suit le même principe que celui de l'évaluation des mesures du système d'avertissement.

Dans l'exemple cité, on part de l'hypothèse que la commune effectue des exercices de protection civile tous les deux ans. L'effet individuel est estimé avec 100% d'effet maximal (2,5%), la combinaison des trois niveaux débouche sur un effet global de 8,75% (6,25% + 2,5%).

Pour mieux illustrer cet exemple, on a entouré en vert les cases des résultats individuels dans l'organigramme présenté ci-après.

En présence d'un plan d'alerte et d'intervention, mais en absence d'un système d'avertissement et d'exercices, on suivra la partie gauche de l'organigramme (flèche verte). L'effet maximal pouvant être atteint est dans ce cas de 12,5 ou 25%.

La somme des effets s'effectue selon la structure des tableaux d'interdépendance figurant en fin de document (voir annexe 13).

Effet des mesures

La combinaison des mesures « Avertissement des personnes touchées/plan d'alerte et d'intervention/exercices et formation » a un effet sur les surfaces HQ10 et HQ100 ainsi que sur les surfaces plus étendues HQextrême.

Durch die Maßnahme kann der potenzielle Schaden um Max. 15% (endigué) - 30% (non endigué) par scénario et cellule de raster abgesenkt werden.

Source sur les effets des mesures :

- jugement d'experts
- CIPR (2006) : dommages potentiels mobiliers et immobiliers dans la catégorie 'zones urbaines et industrie'. L'effet se réfère aux mesures d'urgence, plan d'intervention, mesures de lutte contre les risques majeurs et espaces de décharge.

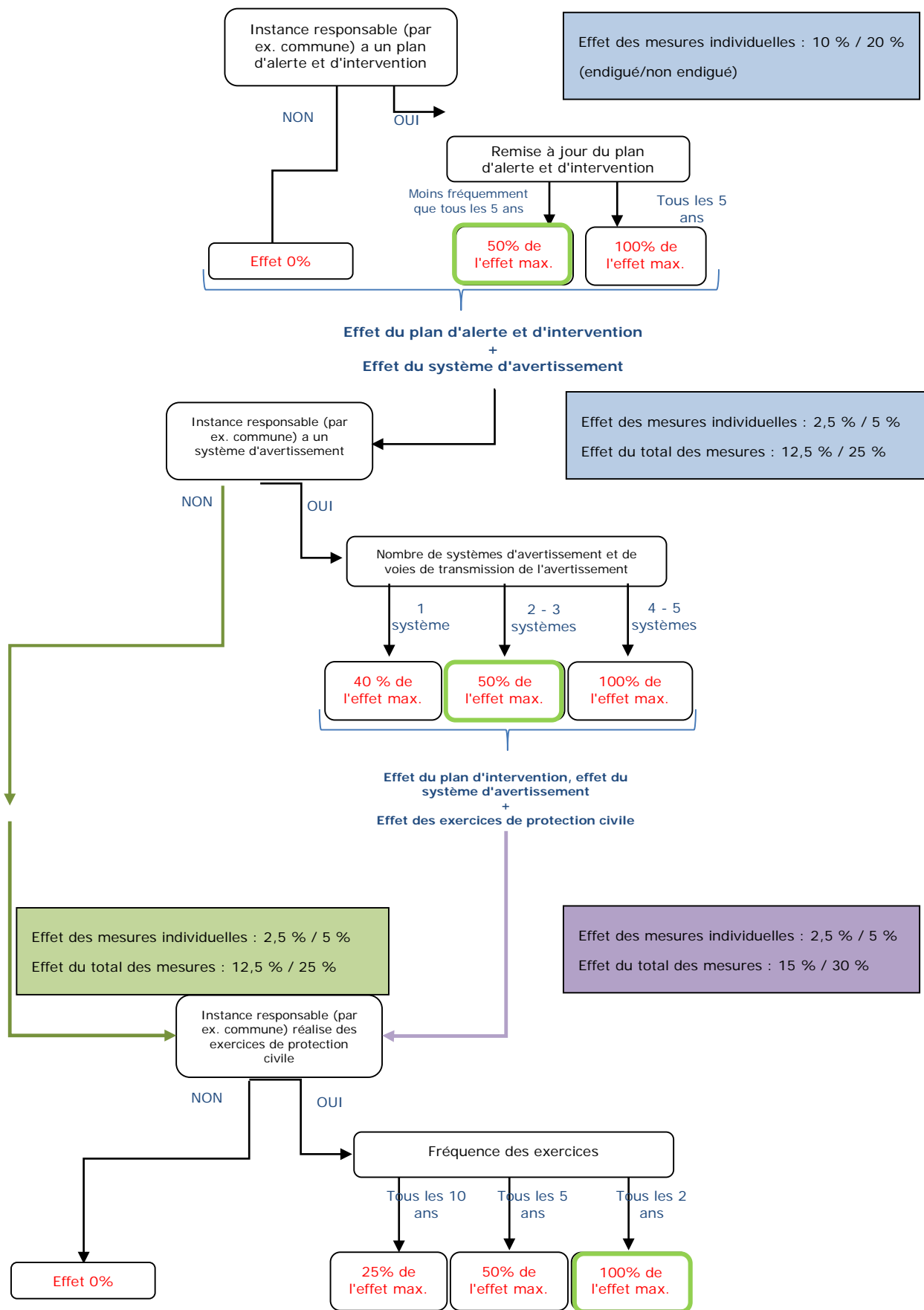


Figure 20 : organigramme sur l'indicateur « Avertissement des personnes touchées/plan d'alerte et d'intervention/exercices et formation (III.2.1) »

4.5. Combinaison de mesures

Outre l'effet des mesures individuelles, il existe des **interactions entre les mesures**. Celles-ci sont décrites dans une matrice de dépendance pour les zones endiguées et non endiguées (annexe 13). Dans le cadre du projet, on entend par zones endiguées/non endiguées des zones protégées/non protégées par des installations techniques de protection contre les inondations.

Lorsque plusieurs mesures agissant sur les enjeux 'activité économique' et 'patrimoine culturel' sont combinées dans une même zone, leurs effets ne peuvent généralement pas être tout simplement additionnés car il pourrait en découler un effet supérieur à 100%. On part en outre du principe que l'effet de mesures individuelles se complète ou n'agit qu'en combinaison de plusieurs mesures.

Les hypothèses ci-dessous, qui se fondent sur le jugement d'experts de la CIPR (voir pour plus de détail le rapport final, HKV 2016), sous-tendent la matrice :

- Dans le cas des **mesures de préparation aux inondations (III.)** et/ou des **cartes des zones inondables (I.4.1)**, l'effet maximal de deux ou d'un nombre supérieur de mesures correspond à l'effet de la mesure la plus efficace. Ceci donne donc 22,5% dans les zones non endiguées et 45% dans les zones endiguées.
- Dans le cas des mesures de **prévention en matière de construction (Prévention en matière de construction (planification, construction et rénovation adaptées aux inondations (I.3.1), Protection technique des bâtiments (I.3.2) et Stockage de substances dangereuses pour les eaux adapté aux risques d'inondation (I.3.3))**, on prend comme référence la mesure la plus efficace quand sont combinées deux mesures de ce volet. Quand sont combinées des mesures de **prévention en matière de construction** et des **mesures de prévention des inondations**, on prend comme référence l'effet des mesures de prévention en matière de construction. Quand sont combinées des mesures de **prévention en matière de construction** et les **mesures CZI/CRI/information**, l'effet peut atteindre un maximum de 100%.
- Quand sont combinées des **mesures de protection contre les inondations (II) et d'autres mesures**, on prend comme référence l'effet inchangé des mesures (ou de la combinaison de mesures).

La combinaison des mesures agissant sur la santé humaine a déjà été décrite dans les chapitres 2 et 4 (« Indicateurs pour la santé humaine »).

4.6. Indications sur l'utilisation d'indicateurs, sur les hypothèses importantes retenues et sur les restrictions d'utilisation

Limites et restrictions générales :

- De nombreuses informations sur les effets et sur le degré de réalisation de mesures se fondent encore en grande partie sur les connaissances d'experts.
- Les estimations et les hypothèses concernant les indicateurs/mesures devraient être remplacées à l'avenir par des jeux de données de meilleure qualité. Il est souhaitable

d'améliorer en continu les données d'entrée ; le recensement de données est une tâche de grande ampleur, autant en termes de dépenses que de temps.

- A échelle grossière, il ne sera pas possible avec des moyens raisonnables de déterminer des jeux de données détaillés pour certains indicateurs comme la réalisation de mesures de protection des bâtiments et leur efficacité pour les trois scénarios d'inondation ; ceci ne peut se faire qu'à un niveau local/régional.
- Les types de mesures de l'UE ou des Etats peuvent diverger des catégories définies dans le cadre du projet CIPR, ce qui peut rendre plus difficile une connexion directe avec la surveillance du PGRI (ceci peut particulièrement être le cas dans les Etats qui ne sont pas membres de l'UE et ne mettent donc pas en œuvre la DI). Avant d'effectuer les calculs, il convient de reclasser les mesures nationales dans les catégories de mesures existant dans l'outil et de procéder à un contrôle de compatibilité entre les définitions des mesures nationales et des mesures CIPR.
- Pour des indicateurs identiques, les données et « interprétations » peuvent parfois être très différentes/hétérogènes.
- Problème de logique : le fait qu'une mesure n'existe pas, n'est pas réalisée ou n'a pas été indiquée/fournie ne signifie pas obligatoirement qu'il y a impact négatif sur la réduction du risque.
- Patrimoine culturel : le nombre de biens culturels touchés augmente lorsque baisse la probabilité d'inondation. Ni les mesures ni les différents horizons n'ont d'impact sur le nombre de biens.
- Environnement : la superficie des enjeux touchés dépendant du milieu aquatique augmente lorsque baisse la probabilité d'inondation. Ni les mesures ni les différents horizons n'ont d'impact sur les surfaces.

Hypothèses et décisions sur les indicateurs :

Les hypothèses et décisions suivantes s'appliquent aux données communiquées pour les indicateurs et leur utilisation dans les calculs :

- A la date actuelle, le Bade-Wurtemberg est le seul Land fédéral du bassin allemand du Rhin ayant pu fournir des données. Ces données sont reprises pour les autres Länder fédéraux.
- Si aucune information n'est indiquée pour un indicateur, celui-ci n'est pas pris en compte.
- Une valeur théorique de taux de mise en sûreté a été choisie pour le calcul des mesures qui touchent la santé humaine (taux de mise en sûreté de 20% en 1995 et de 80% en 2020+).
- Les données sur les indicateurs utilisés dans l'outil sont hétérogènes du fait des différences au niveau de l'interprétation et de l'indication des indicateurs.

Remarques sur le travail à investir :

- Certains indicateurs requièrent de nombreuses données détaillées.
- L'intégration des données nationales dans des input-files (ou masques de données) prend un certain temps et demande des connaissances en SIG. Ceci est par ex. le cas pour la transformation des données ou d'autres indications en Shapefiles. Les Etats devraient de préférence se charger eux-mêmes du traitement des données.

- Dans de nombreux Etats, il peut s'avérer difficile de donner des informations sur la mise en œuvre de mesures par le passé et à l'avenir (pronostics, estimations). Pour un grand nombre de mesures, il est déjà extrêmement compliqué de déterminer la mise en œuvre actuelle au niveau de détail requis.
- Il est très difficile/laborieux d'obtenir des informations au niveau des ménages, communes, installations classées, entreprises SEVESO et stations d'épuration.

4.7. Analyse de sensibilité sur l'effet théorique des mesures sur la réduction du risque d'inondation

Dans le cadre de l'analyse relative à l'impact des mesures du PGRI sur la modification du risque et en relation avec la mise en œuvre de la DI, le GE HIRI a réalisé une analyse dite 'de sensibilité' exposée dans le présent chapitre.

4.7.1. Avant-propos

Il a été analysé dans le cadre de l'analyse quelles mesures étaient plus efficaces que d'autres et où résidait un « potentiel d'amélioration ». Dans les calculs intégrant tous les indicateurs, le paramètre de l'effet maximal et le degré de réalisation varient. Globalement, la variation de l'effet maximal est plus sensible que la variation de la réalisation. Pour les deux paramètres, l'amélioration de la situation a un effet moindre sur le risque que la détérioration de la situation. Ceci est dû à l'addition des mesures individuelles pour obtenir une réduction globale des dommages.

Au moyen de l'analyse de sensibilité, on a examiné comment la modification relative des dommages et des risques évoluait en fonction de degrés variables de réalisation d'une mesure et quand elle produisait son effet maximal. Pour l'enjeu 'activité économique', cette méthode a été appliquée avec des indicateurs hypothétiques (individuels) et avec la somme de tous les indicateurs.

L'analyse de sensibilité a permis de répondre à deux questions :

1. Dans quelle **fourchette** évoluent les résultats lorsque l'on fait varier l'hypothèse de « l'effet » dans des marges réalistes ?
2. Quels sont les indicateurs (représentant les mesures) ayant un **impact important** sur le risque d'inondation et sur sa réduction ?

Deux types de calculs ont été réalisés à cette fin :

1. calcul avec tous les indicateurs. On s'est fondé ici sur les états 1995 et 2005. A partir de l'état 2005, le degré de réalisation des mesures se fonde sur une estimation tirée des rapports n^{os} 156 et 157 sur l'identification par le GE HIRI de la réduction des risques de dommages en 2005.
2. modification/variation d'indicateurs individuels (également fondés sur les anciens degrés de réalisation de 2005).

4.7.2. Détermination des fourchettes de résultats

Il est effectué ici un examen plus poussé des fourchettes de résultats envisageables quand sont pris en compte tous les indicateurs ayant un impact sur l'enjeu 'activité économique'.

Les données des travaux réalisés dans le cadre du bilan 1995-2005 du PAI pour identifier la réduction des risques de dommages en 2005 (rapports CIPR n^{os} 156 et 157) sont à la base de la détermination, l'état de référence retenu étant 1995. On a utilisé le jeu de données Corine Land Cover de 2000.

Les degrés de réalisation des mesures estimés par le passé pour 2005 ont été intégrés dans les valeurs de réalisation des indicateurs actuels. La modification des risques recalculée est globalement comparable à celle estimée en 2005 bien que des différences soient à signaler (au niveau méthodologique). Cette remarque s'applique par ex. aux nouvelles données sur les CZI produites au titre de la DI et utilisées dans les nouveaux calculs, ainsi qu'aux données d'occupation des sols différentes de celles de l'exercice d'identification de 2005, ce qui empêche toute comparaison systématique. En outre, le PAI mettait exclusivement l'accent sur HQextrême alors que la présente analyse prend trois probabilités d'inondation en compte. Cette analyse utilise des données nationales provisoires, ce qui explique pourquoi seuls sont présentés et reproduits des résultats agrégés (de modification du risque). Les calculs de la présente analyse débouchent toutefois sur une réduction du risque d'environ 20 % sur la période comprise entre 1995 et 2005, ce qui correspond globalement aux résultats de l'exercice d'identification de 2005.

En se fondant sur cette situation de départ, on a fait varier deux aspects /paramètres dans le cadre de l'analyse de sensibilité :

- le degré de réalisation de toutes les mesures : Les valeurs de réalisation ont été rehaussées ou abaissées par rapport à l'état de référence 2005 (voir « réalisation plus/moins » dans le tableau 14).
- on a fait varier l'effet maximal pouvant être atteint par rapport à l'état de référence (voir « effet plus/moins » dans le tableau 15). L'état de référence retenu est l'état 2005 sans mesures.

Tableau 14 : variantes de calcul

Désignation	Modification de l'effet	Réalisation*
Etat 2005 sans mesures (référence)	aucune	<i>pas de mesures (degré de réalisation = 0)</i>
2005 avec mesures	aucune	Bilan PAI 2005 (cf. annexe 1)
Effet plus	10%	Bilan PAI 2005 (cf. annexe 1)
Effet moins	-10%	Bilan PAI 2005 (cf. annexe 1)
Réalisation plus	aucune	Bilan PAI 2005 plus (cf. annexe 1)
Réalisation moins	aucune	Bilan PAI 2005 moins (cf. annexe 1)
		<i>* avec valeurs de réalisation du bilan PAI 2005 (voir indications détaillées en annexe 1)</i>

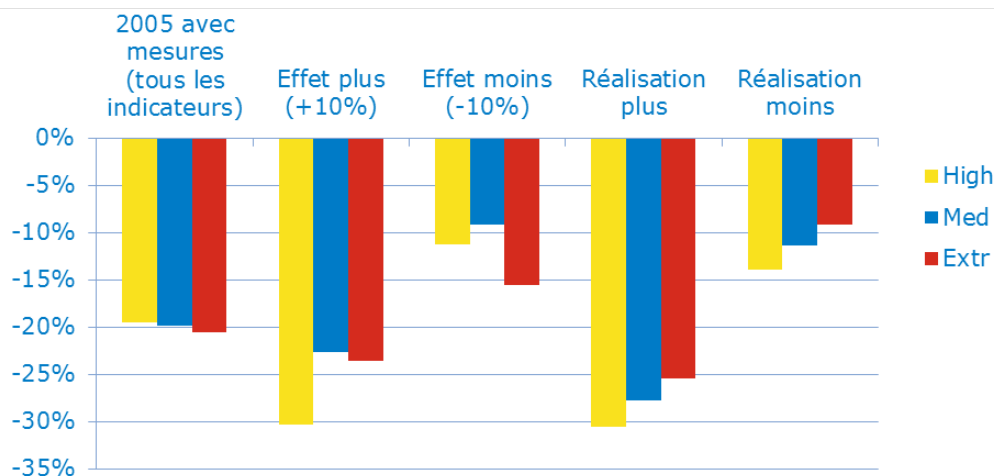


Figure 21 : modification du risque (économique) d'inondation (état 2005) avec application/calcul de différentes variantes « état 2005 avec mesures », « effet plus/moins », « réalisation plus/moins » (la référence étant ici l'état 2005 sans mesures ; les mesures « théoriques » pour 2005 sont tirées de l'exercice d'identification 2005 effectué dans le cadre du PAI).

Bien que l'on note quelques différences, l'effet d'un degré de réalisation rehaussé de 10 % ou abaissé de 10% est globalement identique à celui de la modification de l'effet maximal. La fourchette des résultats reste dans une marge d'env. 10%.

A partir de ces résultats, on peut estimer quel peut être le degré de précision des déclarations sur la modification du risque. En regard de la mesurabilité des indicateurs, on retient que le degré de précision des modifications calculées est en gros de l'ordre de 20 %.

4.7.3. Analyse de l'effet de mesures individuelles

Pour déterminer la contribution relative des indicateurs à la modification du risque d'inondation, on a également effectué - selon un mode correspondant à celui du calcul réalisé avec tous les indicateurs - un calcul avec des indicateurs individuels (voir figure 22 ci-dessous). Pour modifier le risque, on a aussi utilisé ici « l'état 2005 sans mesures » comme variante de référence.

Il a été appliqué à chaque indicateur le même degré de réalisation qu'en 2005 et les valeurs de réalisation des indicateurs restants ont été ramenés à 0 %.

Exemple de lecture : La modification relative du risque obtenue pour la mesure 'prévision des crues' par rapport à la variante « Etat 2005 sans mesures » est d'env. 15 % (colonne bleue) dans le scénario HQmed). Ceci revient à dire que la mesure de 'prévision des crues' permet de réduire le risque de 15% dans un scénario HQmed.

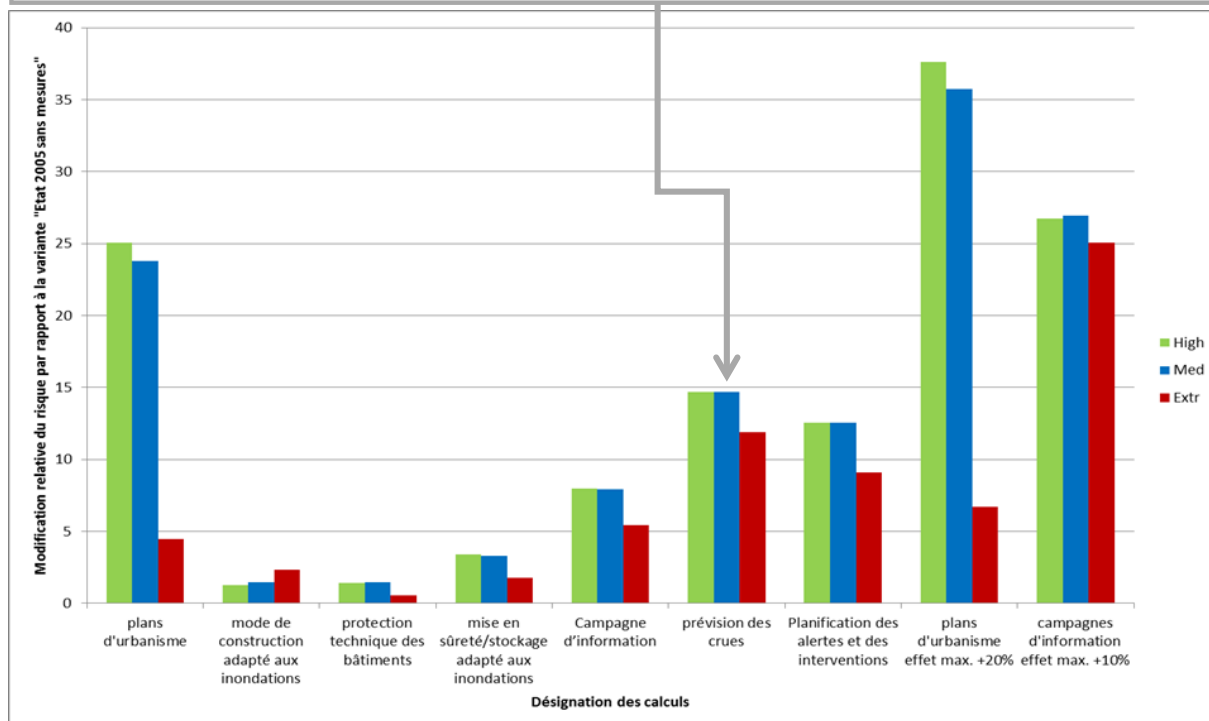


Figure 22 : modification du risque dans les calculs effectués avec des indicateurs individuels par rapport à la variante « état 2005 sans mesures y compris croissance des dommages potentiels » en %

La comparaison de mesures individuelle montre en synthèse que la plus grande réduction possible du risque sur les crues moyennes et fréquentes est obtenue avec la mesure « préservation des surfaces » combinée à un degré de réalisation de 95%, ceci en raison des zones inondables de grande superficie existant dans la partie allemande du bassin du Rhin. Si l'on considère globalement tous les scénarios, les mesures portant sur la prévention (campagne d'information, prévision des crues, plans d'alerte et d'intervention) sont les plus prometteuses pour réduire le risque. Les autres mesures préventives ont un plus faible effet de réduction à l'échelle du bassin du Rhin. Cet effet peut cependant être sensible localement.

Dans le cas des mesures 'préservation des surfaces' ('plans d'urbanisme et préserver les surfaces inondables') et « CZI » ('campagnes d'information'), on a rehaussé - dans cette partie de l'analyse - l'effet maximal de 20 % et de 10 % (NB : l'effet n'a pas été modifié pour les autres mesures). Les deux mesures engendrent une modification sensible du risque en fonction de l'augmentation de l'effet maximal de la mesure.

5. Outil d'identification de la réduction du risque d'inondation, étapes et exemples de calcul

Ce chapitre formule et expose les étapes de calcul, la structure de l'outil et de ses différents ModelBuilders (= modules de calcul dans ArcGIS) ainsi que les formes de présentation des résultats.

Le guide de l'utilisateur (Users Guide) (référence ...) et l'outil de la fonction d'aide rassemblent des descriptions détaillées sur l'installation des différentes boîtes à outils/ModelBuilders et sur les modes de calcul.

5.1. Etapes de calcul

Input : en dehors de l'outil (étapes de travail préalables aux calculs)

1. Définir la zone d'étude et la transformer en format SIG.
2. Choisir un ou plusieurs horizons
3. Traitement/préparation des données dans les formats SIG correspondants, éventuellement différents travaux de traitement SIG (par ex. localisation des personnes dans les zones humaines dans les données relatives à l'occupation des sols, adaptations des valeurs patrimoniales en fonction de l'indice à la consommation des prix ou ajustements es chiffres démographiques à l'aide de la croissance démographique).

Dans l'outil

1. Intégration des données/Shapefiles dans l'outil (voir les détails ci-dessous et les précisions dans le guide de l'utilisateur) pour un horizon donné (tout d'abord l'état de référence).
2. Répétition avec d'autres données d'entrée pour d'autres horizons.
3. Calculs des dommages potentiels et/ou du risque par scénario d'inondation et/ou intégral. Ce travail peut être réalisé pour un ou plusieurs enjeux et avec ou sans effet d'une ou plusieurs mesures/indicateurs.

Possibilité de visualiser des résultats/calculs partiels sous forme de cartes ou de tableaux.

Output : en dehors de l'outil (post-traitement et évaluation des données sortantes et/ou résultats des calculs)

Si l'on réalise les calculs pour différentes échéances temporelles, on peut calculer l'évolution ou la modification des dommages potentiels ou du risque à partir des données sortantes de l'outil. Ces données sortantes sont des cartes ou des tableaux qui débouchent sur des dommages en euros ou le nombre d'enjeux touchés pour la zone préalablement déterminée. On peut ensuite les évaluer au choix dans Excel ou ArcGIS en dehors de l'outil.

5.2. Généralités sur l'outil

L'outil est construit dans un système SIG à l'aide de boîtes à outils/modules (= « boîte à outils » dans ArcGIS) et de ModelBuilder. La structure de l'outil dans ArcGIS est présentée dans la figure 23.

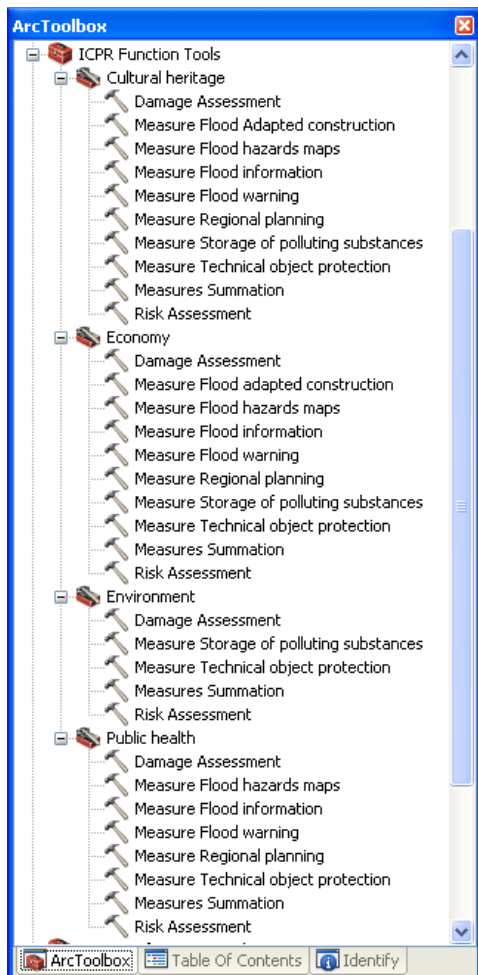


Figure 23 : boîtes à outils/ModelBuilder dans ArcGIS

L'outil se compose de quatre boîtes à outils constituée par analogie avec les quatre enjeux de la DI. Ces boîtes à outils englobent un nombre variable de ModelBuilder en fonction du nombre d'indicateurs définis. Toutes les boîtes à outils englobent les ModelBuilder Damage Assessment, différentes mesures (Measure ...), la Measure Summation et le Risk Assessment.

On présente ici à titre d'exemple le ModelBuilder Damage Assessment pour l'enjeu 'activité économique' (figure 24). La description détaillée des différentes boîtes à outils et des ModelBuilder figure dans le manuel d'emploi technique (référence). Par ailleurs, l'outil dispose d'une fonction 'Aide' qui fournit des explications (figure 24).

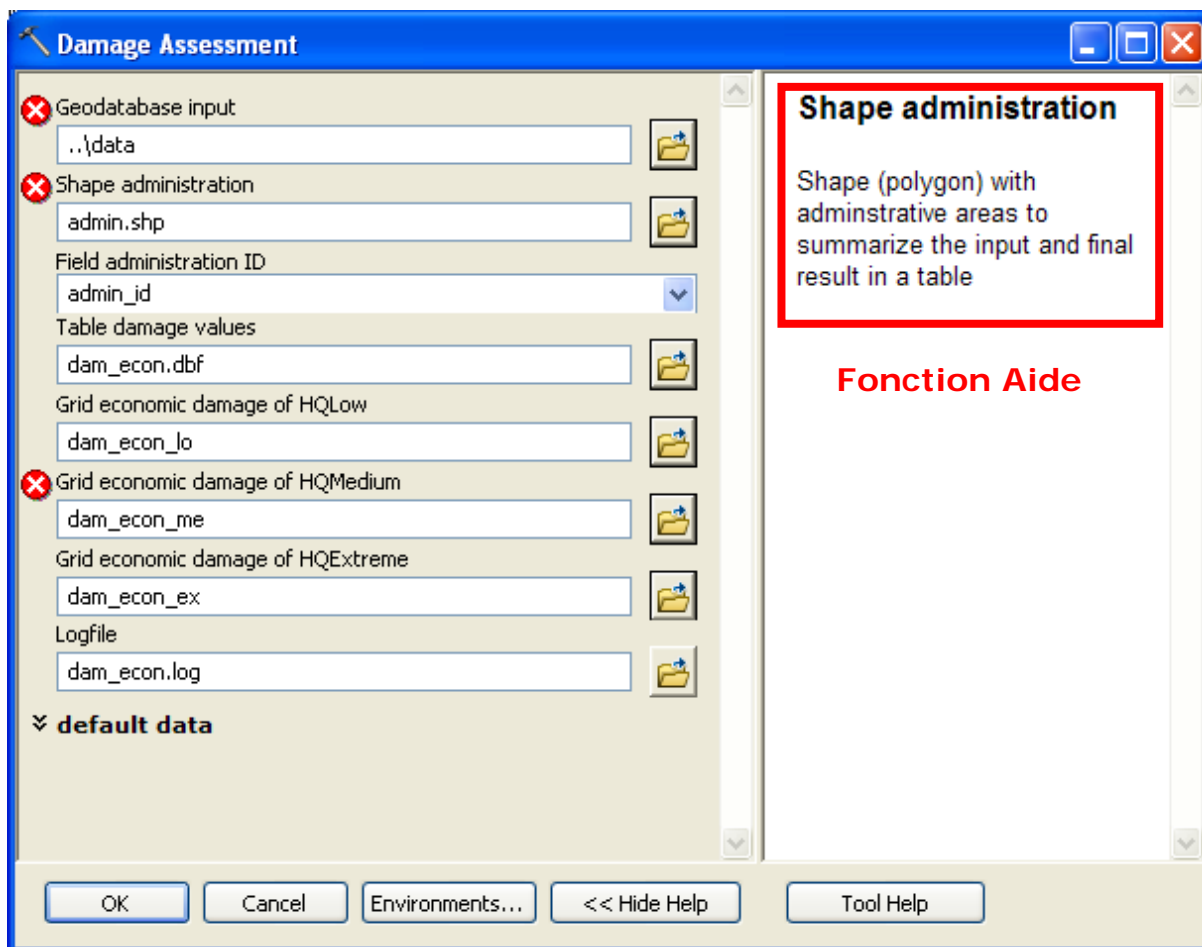


Figure 24 : exemple du ModelBuilder Damage Assessment, y compris fonction d'aide

Les calculs pour la CIPR ont été effectués avec des cellules raster de 100 * 100 m. L'outil permet également d'utiliser des cellules raster plus petites ou d'un autre type. L'influence de la taille des cellules de raster est exposée dans l'annexe 15.

Une version bêta de l'outil « Estimation/analyse des dommages » a été mise au point pour calculer les dommages potentiels pour la santé humaine et les enjeux 'environnement', 'patrimoine culturel' et 'activité économique'. Un calcul se fera pour un scénario (par ex. HQ100) et une année (par ex. 1995) pour tous les enjeux.

ModelBuilder « Estimation des dommages »

- Les résultats peuvent être représentés à différentes échelles. Partant de la plus petite unité (commune), il est possible de regrouper ces petits polygones en polygones de plus grande taille (régions/Länder, tronçons d'évaluation HIRI, voir annexe 1).
- L'outil offre en outre la possibilité de générer des résultats pour une zone spécifique en procédant auparavant à une sélection manuelle.
- Les représentations de résultats partiels et sorties de résultats du module « Estimation des dommages » pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique sont disponibles à la fois sous forme de tableaux et sous forme de cartes.
- A partir de l'espérance de perte annuelle, le calcul du risque est à effectuer séparément pour chaque scénario (HQ10, HQ100 et HQextrême) et également

sous forme intégrale (tous les scénarios ensemble). Les différentes formules de calcul du risque sont expliquées dans les chapitres 1 et 2.

- La coloration des résultats en sortie de l'outil est conforme à celle de la légende de l'Atlas du Rhin 2015 (voir http://geoportal.bafg.de/mapapps/ressources/apps/ICPR_FR/index.html?lang=en).

L'entrée des données, les étapes de calcul et la sortie des données des différents ModelBuilder sont décrites dans les paragraphes ci-dessous :

Boîte à outils 'santé humaine'

- Le fichier d'entrée est un Shape-File sous forme de polygone qui comprend les personnes touchées dans une zone donnée (polygone). Le tableau des attributs contient le nombre de personnes touchées.
- Le Shape-File est converti en un raster à l'aide de l'attribut « nombre ». Les personnes touchées sont exclusivement localisées sur les surfaces bâties (catégorie CORINE « surfaces à caractère urbain continu » et « surfaces à caractère urbain discontinu »).
- En multipliant le chiffre des personnes touchées localisées sur les surfaces bâties par la valeur inverse du taux de mise en sûreté, c'est-à-dire (1 - taux de mise en sûreté), on obtient le nombre de personnes restées dans la zone inondable et fortement menacées.
- De manière fondamentale, il est possible de regrouper les procédures SIG pour certains secteurs administratifs (il faut disposer d'un Shape-File avec les limites administratives) en exécutant la fonction ZONAL, ce qui permet d'évaluer des secteurs sélectionnés à partir du tableau ci-dessous (tableau 15).
- Pour l'enjeu 'santé humaine', les résultats sont exportés - pour chaque année de référence et chaque scénario d'inondation - sous la forme de deux tableaux correspondant aux 2 niveaux de calcul pour les personnes touchées et les personnes touchées après évacuation.

Tableau 15 : exemple de tableau présentant les résultats pour la santé humaine

Classe de profondeur d'eau (m)	Nombre de personnes touchées						
	Bassin versant	Etats			Régions		
		D	F	...	Région 1	Région 2	...
<0,5							
0,5- 2,0							
...							

- Le résultat est également enregistré sous forme de raster pour les 2 niveaux.

Boîte à outils « environnement »

- On utilise comme données d'entrée un Shape-File sous forme de points présentant les sources de danger avec l'attribut du danger quantitatif correspondant au potentiel de pollution et une zone d'impact ainsi qu'un Shape-File sous forme de polygone des enjeux dépendant du milieu aquatique avec l'attribut 'sensibilité' de l'enjeu.

- Le Shape-File des enjeux dépendant du milieu aquatique est converti en un raster avec la valeur de la sensibilité.
- Afin de pouvoir calculer la hauteur d'inondation moyenne là où se trouve le bien, il est généré une zone tampon autour de la source de danger et la valeur est extraite du raster de hauteur d'eau du scénario correspondant.
- Il n'est pas tenu compte dans la suite du processus des biens où la hauteur d'eau est égale à zéro ou pour lesquelles on dispose de valeurs NoData.
- Pour les biens menacés, il est généré une zone tampon dans le sens de l'écoulement conformément à la zone d'impact fixée.
- A l'aide d'une instruction IF - AND, il est généré un raster qui comprend les enjeux menacés dépendant du milieu aquatique.
- Les résultats pour l'enjeu 'environnement' sont présentés sous forme de tableau (voir tableau 16) et de Shape-File.

Tableau 16 : exemple de tableau présentant les résultats pour l'enjeu 'environnement'

Dommages	Nombre de biens immobiliers						
	Bassin versant	Etats			Régions		
		D	F	...	Région 1	Région 2	...
faibles							
moyens							
élevés							

Boîte à outils « Patrimoine culturel »

- Les données d'entrée se composent d'un Shape-File sous forme de points avec l'attribut « type » conformément à la description « Méthode d'évaluation de l'enjeu 'patrimoine culturel' ».
- Afin de pouvoir calculer la hauteur d'inondation moyenne là où se trouve le bien culturel, il est généré une zone tampon autour du bien et la valeur est extraite du raster de hauteur d'eau du scénario correspondant.
- Il n'est pas tenu compte dans la suite du processus des biens où la hauteur d'eau est égale à zéro ou pour lesquelles on dispose de valeurs NoData.
- Un tableau d'entrée faisant le lien entre la hauteur d'eau et l'importance culturelle est utilisé pour déterminer les impacts de l'inondation sur l'enjeu 'patrimoine culturel'.
- Les résultats pour l'enjeu 'patrimoine culturel' sont présentés sous forme de tableau (voir tableau 17) et de Shape-File.

Tableau 17 : exemple de tableau présentant les résultats pour l'enjeu 'patrimoine culturel'

Dommages	Nombre de biens						
	Bassin versant	Etats			Régions		
		D	F	...	Région 1	Région 2	...
faibles							
moyens							
élevés							

- Il est fondamentalement possible de regrouper les procédures SIG pour certains secteurs administratifs (il faut alors disposer d'un Shape-File avec les limites administratives) en exécutant la fonction ZONAL, de sorte que l'évaluation du tableau ci-dessus peut également se faire pour des secteurs sélectionnés.

Boîte à outils « Activité économique »

- Afin de garantir la flexibilité de l'outil, il est mis au point un tableau d'entrée comprenant les informations sur les fonctions de dommage, un tableau de valeurs patrimoniales mobiles et immobiliers (asset values) et un tableau faisant état de la relation entre l'occupation des sols CORINE et les catégories de dommage de l'Atlas du Rhin 2001 (cf. annexe 4).
- Il est prévu au total 20 catégories de dommage, 6 ayant été utilisées ici (voir annexe 4). En cas de besoin, les tableaux mentionnés ci-dessus peuvent être complétés par des données correspondantes (par ex. dans d'autres bassins versants).
- Au démarrage de l'outil, il est demandé combien de catégories de dommage doivent être prises en compte.
- L'étendue des rasters s'oriente sur le raster d'occupation des sols.
- Les valeurs patrimoniales sont indiquées séparément pour chaque horizon considéré en fonction des données CORINE. La fonction RECLASS permet de transformer les valeurs patrimoniales en un format raster correspondant (avec référence spatiale).
- Le raster des valeurs patrimoniales, le raster des niveaux d'eau du scénario respectif et le tableau contenant les informations sur les fonctions de dommages sont utilisés pour effectuer les calculs.
- De manière fondamentale, il est possible de regrouper les procédures SIG pour certains secteurs administratifs (il faut disposer d'un Shape-File avec les limites administratives) en exécutant la fonction ZONAL, ce qui permet d'évaluer des secteurs sélectionnés à partir du tableau ci-dessous (tableau 18).
- Le réglage standard (par défaut) prévoit la suppression de toutes les données intermédiaires. Il convient de cocher la case pour enregistrer les données intermédiaires.
- Les résultats de l'enjeu 'activité économique' sont représentés sous forme graphique, de raster (€/cellule raster) et de tableau.

Tableau 18 : exemple de tableau présentant les résultats des dommages économiques

Dommages (€) par scénario d'inondation (par ex. HQ100) et horizon (par ex. 2015)	Catégorie de dommages					Total
	milieu urbain	industrie	trafic	Surface agricole	autres	
Bassin versant						
Etat/Land						
D						
F						
...						
Total des dommages par Etat						
Région						
Région 1						
Région 2						
....						
Total des dommages par région						

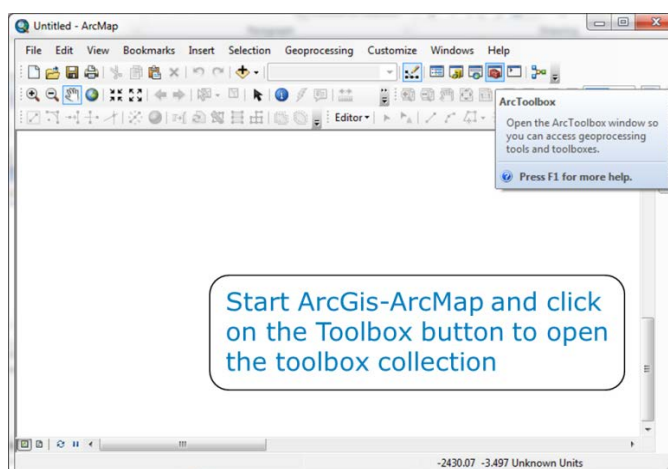
5.3. Exemple de calcul : utilisation du module « Economie »

Ce paragraphe donne un exemple d'utilisation du module « Economie » du volet « Evaluation des dommages » (Damage Assessment). Cet outil permet d'estimer l'impact en euros de l'inondation sur l'enjeu 'activité économique' dans les zones inondables. Les résultats du module sont des cartes et un tableau.

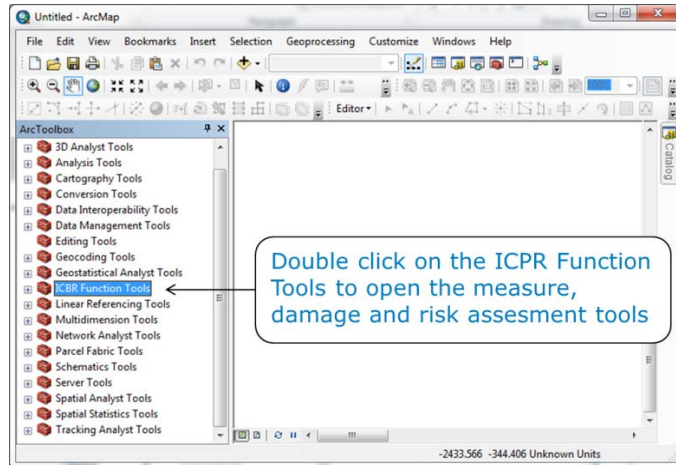
Les données sortantes du module d'évaluation des dommages sont les données d'entrée du module « Mesure » (Measure) et « Evaluation du risque » (Risk Assessment). L'effet de chaque mesure est calculé à l'aide d'un propre module. L'effet de toutes les mesures est calculé par un module global (Summation). Les résultats du module « Evaluation du risque » sont des cartes et un tableau.

Pour calculer le risque d'inondation sans l'effet des mesures, il convient d'utiliser les résultats du module d'évaluation des dommages comme entrées dans le module d'évaluation du risque.

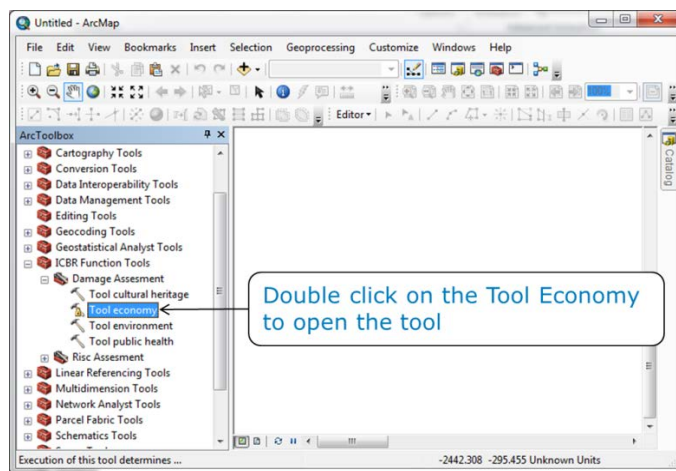
Step 1: Start ArcMap



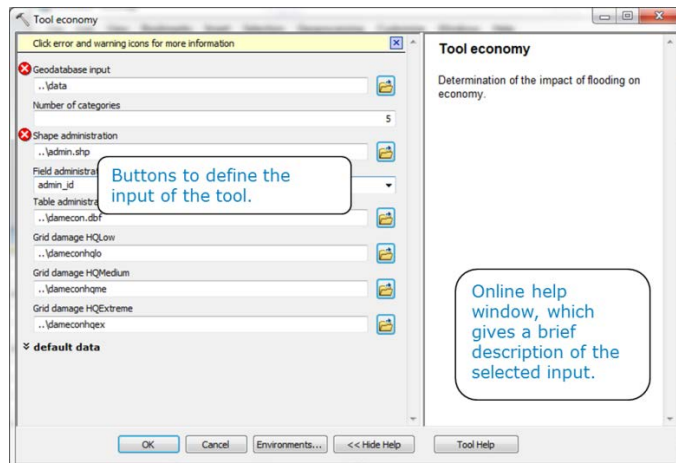
Step 2: Open toolbox



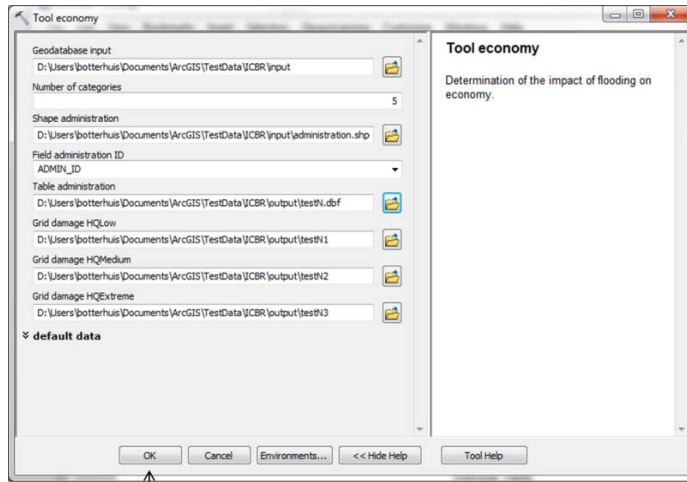
Step 3: Open tool



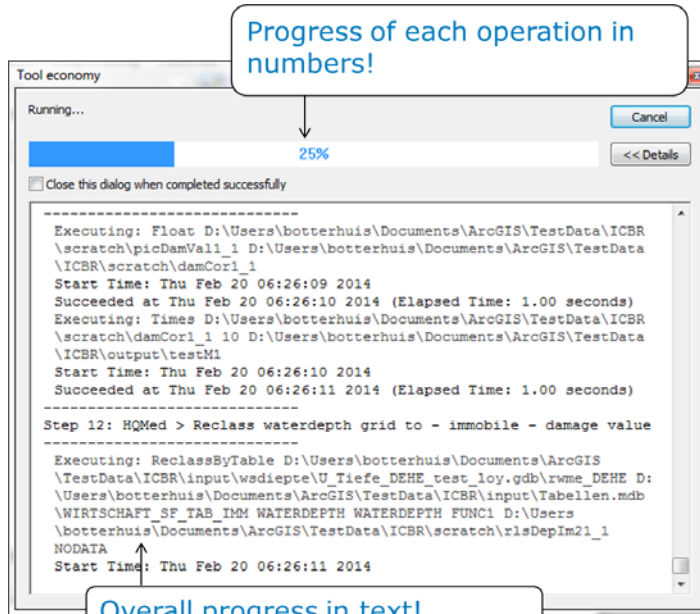
Step 4: Define input



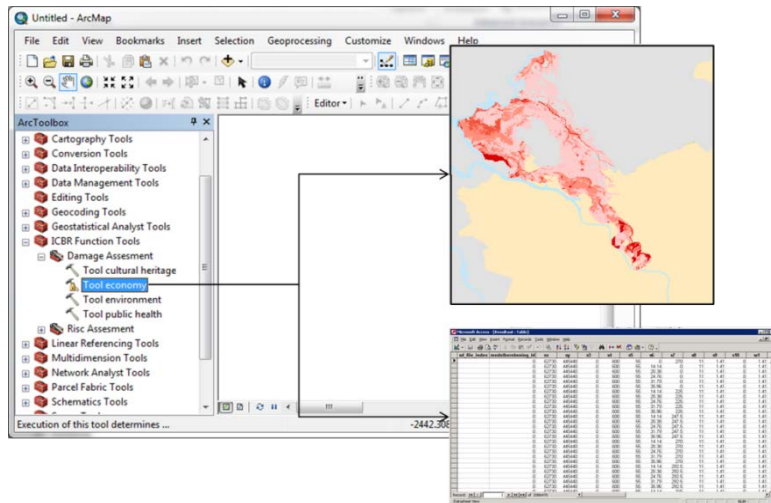
Step 5: Execute tool



Click on button and tool starts!



Step 6: Examine output



6. Conclusions et recommandations générales

Il a été mis au point dans le cadre de ce projet un outil global basé sur SIG et au moyen duquel peuvent être déterminées la modification/réduction des risques d'inondation à échelle grossière pour différents enjeux au niveau d'un bassin versant et peut être obtenu l'impact de mesures mises en œuvre ou théoriques sur les dommages potentiels et sur le risque. Différentes hypothèses ont été posées et différentes méthodes perfectionnées ou mises au point. Elles se basent toujours en grande partie sur l'expertise (de la CIPR). La valeur ajoutée vient ici de la possibilité de réaliser une analyse macroscopique, comparable dans le temps et reproductible. Il est ainsi possible de réaliser une estimation approximative des impacts de mesures à échelle grossière. De nombreuses estimations ayant été faites sur la base de jugements d'experts, il n'est pas possible d'évaluer concrètement l'effet de la réalisation concrète des mesures des PGRI des Etats. Si l'on voulait le faire, il faudrait analyser plus concrètement les bases de l'estimation du risque ainsi que les mesures et leurs impacts. En 2014-2016, HKV et la CIPR ont réalisé des premiers calculs pour le bassin du Rhin à l'aide de l'outil (voir résultats des calculs et recommandations dans le rapport CIPR n° 236). L'outil peut être utilisé au niveau local ou régional (par ex. Etats/Länder/communes) ou d'autres districts hydrographiques, à condition que les données correspondantes soient disponibles et traitées en conséquence. Les estimations et les hypothèses concernant les méthodes et les mesures à la base de l'outil devraient être optimisées à l'avenir par des jeux de données de meilleure qualité.

Grâce à des bases de données de meilleure qualité, à l'éventuelle réalisation future d'analyses plus différenciées et régionales, à de futures expériences avec le suivi des mesures et d'autres tests (théoriques ou sur la base de données réelles) ainsi qu'à des calculs/analyses optionnels avec l'outil, il devrait être possible de tirer des enseignements sur l'efficacité (future) et l'effet de différentes mesures dans le cadre de la gestion des risques d'inondation. Il serait alors possible d'estimer l'atteinte des objectifs (au niveau international et national) et l'évolution du risque, pour autant que les approches et hypothèses posées aujourd'hui soient validées ou améliorées.

Pour les raisons mentionnées ci-dessus, la CIPR prévoit d'**utiliser** à l'avenir l'outil d'identification mis au point entre 2014 et 2016 **pour ses vérifications régulières du PGRI du DHI Rhin** et de continuer à perfectionner la méthode.

La CIPR approuve l'idée de **transmettre l'outil et la méthode et d'en autoriser l'utilisation** à des autorités publiques régionales et nationales dans le bassin du Rhin ou en dehors (Etats/régions/Länder ou entités de plus petite taille), à d'autres districts hydrographiques/commissions de bassin, instituts de recherche, universités (par ex. dans le cadre d'un stage ou d'une thèse), OIG/ONG. Les calculs théoriques ou réels doivent se faire avec des bases de données traitées en conséquence. On peut compléter utilement l'estimation des résultats des calculs en comparant les calculs avec les données nationales/régionales spécifiques d'occupation des sols.


Annexes

Annexe 1- Tronçons du Rhin


Proposition de tronçon d'analyse pour le projet HIRI				
N° du tronçon	Etat	Km du Rhin		Description
		de	à	
a	Suisse			Rhin alpin suisse/Débouché de l' Ill jusqu'à la confluence du Rhin antérieur et postérieur
b	Internat			Rhin alpin international/Entrée du Lac de Constance jusqu'à la confluence de l' Ill
c	Suisse			Lac de Constance/partie suisse (rive sud)
d	Allemagne			Lac de Constance/partie allemande(rive nord)
1	Suisse	0	102	Haut Rhin/Aare jusqu'à la sortie du Lac de Constance (lac inférieur)
2	Allemagne	0	102	Haut Rhin/Aare jusqu'à la sortie du Lac de Constance (lac inférieur)
2a	Suisse	102	170	Haut Rhin/Aare jusqu'à Bâle
2b	Allemagne	102	170	Haut Rhin/Aare jusqu'à Bâle
3	Allemagne	170	334	Rhin supérieur/Bâle à la retenue d'Iffezheim
4	France	170	334	Rhin supérieur/Bâle à la retenue d'Iffezheim
5	Allemagne	334	428	Rhin supérieur /En aval d'Iffezheim – débouché du Neckar
5a	France	334	352	Rhin supérieur /En aval d'Iffezheim - Frontière FR-DE
5b	Allemagne	352	428	Rhin supérieur/Frontière FR-DE – débouché du Neckar
6	Allemagne	428	497	Rhin supérieur / Débouché du Neckar – débouché du Main
7	Allemagne	497	529	Rhin supérieur /Débouché du Main – débouché de la Nahe
8	Allemagne	529	592	Rhin moyen / Débouché de la Nahe-débouché de la Moselle
9	Allemagne	592	659	Rhin moyen / Débouché de la Moselle-débouché de la Sieg; <i>640 - 659: Frontière NRW – débouché de la Sieg</i>
10	Allemagne	659	780	Rhin inférieur / Débouché de la Sieg – débouché de la Ruhr
11	Allemagne	780	862	Rhin inférieur / Débouché de la Ruhr -Pannerdensche Kop (Lobith inclus; proposition HVAL) <i>Découpage supplémentaire possible: 780 - 814: Débouché de la Ruhr – débouché de la Lippe 814 - 845: Débouché de la Lippe – Grietherorter Altrhein 845 - 862: Grietherorter Altrhein – frontière NRW/Pays-Bas</i>
12	Pays-Bas	867	883	Waal / rive sud - DC 42
13	Pays-Bas	867	943	Nederrijn-Lek / rive sud-DC 43
14	Pays-Bas	862	897	IJssel / rive est - DC 48
15	Pays-Bas	893	913	Nederrijn-Lek / rive nord-DC 45
16	Pays-Bas	913	947	Nederrijn-Lek / rive nord-DC 44
17	Pays-Bas	943	986	Nederrijn-Lek / rive sud-DC 16
18	Pays-Bas	947	986	Nederrijn-Lek / rive nord-DC 15
19	Pays-Bas	867	960	Waal / rive nord - DC 43
20	Pays-Bas	960	985	Waal / rive nord - DC 16
21	Pays-Bas	883	927	Waal / rive sud - DC 41
22	Pays-Bas	927	955	Waal / rive sud - DC 38
23	Pays-Bas	955	967	Waal / rive sud - DC 24
24	Pays-Bas	878	893	Nederrijn-Lek / rive nord-DC 47
25	Pays-Bas	897	912	IJssel / rive est - DC 49
26	Pays-Bas	912	922	IJssel / rive est - DC 50
27	Pays-Bas	922	933	IJssel / rive est - DC 51
28	Pays-Bas	879	897	IJssel / rive sud - DC 47
29	Pays-Bas	897	968	IJssel / rive est - DC 53

Annexe 2 - Structure générale de l'outil et des calculs par la CIPR

La présente figure décrit l'outil HIRI permettant d'identifier l'impact des mesures sur la réduction du risque d'inondation, les données nécessaires et la méthode de calcul.



Outil d'identification des effets de mesures sur les risques d'inondation



Le contexte

En réaction aux inondations extrêmes survenues sur le Rhin en 1993 et 1995, il a été adopté en 12e Conférence ministérielle sur le Rhin le 22 janvier 1998 à Rotterdam le « Plan d'Action contre les Inondations ». Un des objectifs de ce Plan d'Action est la réduction des risques d'inondation de 25 % en 2020 par rapport à 1995. En 2007, la CIPR a été chargée d'assister les Etats riverains membres de l'UE dans la mise en œuvre de la directive communautaire sur la gestion des risques d'inondation (DI).

Avec l'aide du bureau d'études HKV, la CIPR a mis au point un outil permettant d'évaluer les effets de mesures de réduction des risques d'inondation et d'estimer l'évolution future de ces risques (compte tenu de l'impact des différentes mesures). Cet outil au mode opératoire cohérent, reproductible et transparent peut être mis à la disposition de tiers sur demande auprès de la CIPR et est applicable à d'autres bassins versants.

L'outil

L'outil se base sur un système SIG et couvre, dans le cas de la CIPR, le cours principal du Rhin. Il se fonde sur les cartes des inondations mises au point dans le cadre de la DI. L'outil ne se limite pas à quantifier les risques économiques émanant des inondations. Il intègre également des modules de quantification des conséquences négatives des inondations sur la santé humaine, l'environnement et le patrimoine culturel. L'outil génère de manière innovante et souple des informations sur les effets et sur l'efficacité de mesures de gestion des risques d'inondation sur la réduction des risques au niveau du bassin d'un fleuve ou d'un de ses affluents, par exemple dans le cadre de l'évaluation - tous les 6 ans - des effets des mesures mises en œuvre dans les plans de gestion des risques d'inondation. En résumé, l'outil se compose de trois modules de calcul interactifs (Model Builders) qui débouchent sur une évaluation globale de la modification des risques d'inondation.

Module Evaluation des dommages

Ce module calcule les dommages à partir de données d'occupation des sols, de données sur l'étendue des zones inondables (cartes), de données hydrauliques (hauteur d'eau), de valeurs patrimoniales et de fonctions de dommages.

Module Evaluation des risques

Ce module calcule les risques en combinant/multipliant les dommages potentiels et la probabilité d'inondation. La probabilité d'inondation peut être modifiée par les mesures mises en œuvre (par ex. celles de recul de digues).

Module Effet des mesures

Ce module quantifie la réduction des dommages, sur l'activité et les infrastructures économiques, sur la santé et la vie humaines, sur l'environnement et sur le patrimoine culturel.


Module Modification des risques d'inondation

Il combine les modules susmentionnés en un outil d'évaluation de la réduction des risques résultant de la mise en œuvre des mesures. Les résultats de l'analyse se présentent sous forme de tableaux ou de cartes (à différentes échelles).

Prévention
(par ex. information, aménagement du territoire, préservation des surfaces, ...)

Protection
(par ex. mesures de rétention, murs de protection, digues, ...)

Préparation
(y compris prévisions de crues et systèmes d'avertissement précoce)



Evaluation des aléas et des risques

Gestion de crise

Mesures de restauration Retour d'expérience

L'outil maîtrise aussi l'exercice complexe consistant à transformer l'effet des mesures en impacts sur les risques d'inondation. Les risques d'inondation sont définis comme le produit de la probabilité d'une inondation et des conséquences négatives de cette inondation (avec les dommages correspondants). On peut réduire ces risques en abaissant la probabilité et/ou les dommages potentiels. Les mesures de rétention des eaux figurant dans le Plan d'Action contre les Inondations ont par ex. un effet sur la probabilité d'inondation en cela qu'elles abaissent souvent le niveau d'eau.

Les mesures d'aménagement du territoire, de construction adaptée au risque, de prévision et d'avertissement des crues ainsi que de gestion de crise abaissent les dommages potentiels. L'analyse porte sur tout le cycle de la gestion des risques d'inondation (voir schéma à gauche).




Fig. 4 : carte des risques d'inondation (Atlas du Rhin CIPR 2011)

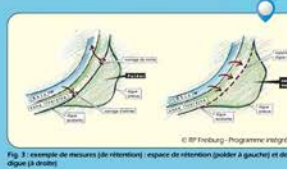


Fig. 3 : exemple de mesures (de rétention) : espace de rétention (gauche) et de recul de digue (à droite)

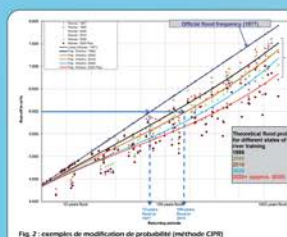


Fig. 2 : exemples de modification de probabilité (méthode CIPR)

Après avoir analysé les effets des mesures de rétention mises en œuvre ou prévues sur la réduction des niveaux d'eau, la CIPR a mis au point une méthode théorique spécifique pour estimer les modifications de probabilité/fréquence d'inondation résultant de ces mesures de rétention. Les résultats de cette estimation sont intégrés dans l'outil sous la forme d'un élément d'évaluation de l'évolution des risques et/ou dommages.

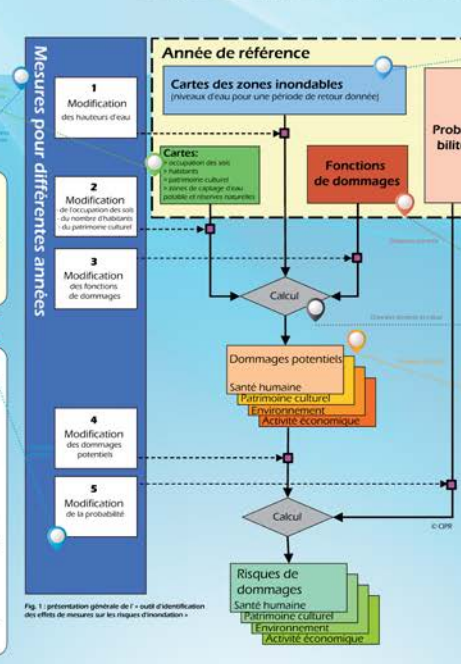


Fig. 1 : présentation générale de l'outil d'identification des effets de mesures sur les risques d'inondation




Fig. 5 : carte des zones inondables (Atlas du Rhin CIPR 2011)




Fig. 6 : fonctions de dommages (Atlas CIPR 2007)

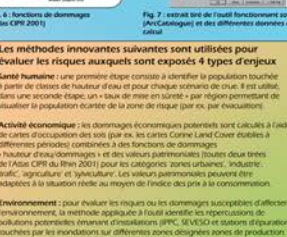


Fig. 7 : extrait tiré de l'outil fonctionnant sous ArcGIS (ArcCatalogue) et des différentes données d'entrée avant calcul

Les méthodes innovantes suivantes sont utilisées pour évaluer les risques auxquels sont exposés 4 types d'enjeux

Santé humaine : une première étape consiste à identifier la population touchée à partir de classes de hauteur d'eau et pour chaque scénario de crue. Il est validé, dans une seconde étape, un « taux de mise en sécurité » par regroupement de visualiser la population touchée de la zone de risque (par ex. par évacuations).

Activité économique : les dommages économiques potentiels sont calculés à l'aide de cartes d'occupation des sols (par ex. les cartes Corine Land Cover doublées à différentes périodes combinées à des fonctions de dommages : hauteur d'eau/dommages) et de valeurs patrimoniales (notées deux tiers de l'Atlas CIPR du Rhin 2001) pour les catégories : zones urbaines, industrie, trafic, agricole et viticulture. Les valeurs patrimoniales peuvent être adaptées à la situation réelle au moyen de l'indice des prix à la consommation.

Environnement : pour évaluer les risques ou les dommages susceptibles d'affecter l'environnement, la méthode appliquée à l'outil identifie les représentations de pollutions potentielles émanant d'installations (ppp, ICVSA et stations d'épuration) touchées par les inondations sur différentes zones désignées zones de production d'eau potable ou zones Natura 2000 (directives « Habitats-Faune-Flore » et « Oiseaux »).

Patrimoine culturel : les dommages occasionnés aux biens culturels peuvent être estimés sous forme quantitative au moyen d'une combinaison de la vulnérabilité culturelle (en fonction du type de patrimoine considéré : patrimoine culturel de l'humanité UNESCO, sites d'intérêt historique, monuments historiques) et de la hauteur d'eau.

Commission Internationale pour la Protection du Rhin

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15 · 56068 Coblenz (Allemagne) · Tel. +49(0)261-94252-0 · Email: sekretariat@iksr.de · Internet: www.iksr.org

Copyright © Institution CIPR & KCP Medien 2016

Annexe 3 - Probabilités d'inondation

Les probabilités d'inondation ont été mises à disposition par le secrétariat de la CIPR et le GE HVAL comme données d'entrée pour les calculs. Plus de détails sur la méthode de calcul, les données de base et les hypothèses figurent dans le rapport CIPR n° 229 « Estimation de la modification de la probabilité ».

Probabilités d'inondation au nord d'Iffezheim conformément aux calculs du GE HVAL (voir rapport n° 229)

Tronçon	Probabilités	Débits [m ³ /s]	Récurrences théoriques [a] rapportées à la méthode appliquée avec le collectif de crues analysé par le GE HVAL				
			pour les états d'aménagement				
			1995	2005	2010	2020	2020plus
Evaluation rapportée aux échelles							
Echelle de Maxau (Rhin supérieur/Iffezheim – débouché du Neckar)							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	4 100 m ³ /s	14 a	17 a	17 a	19 a	21 a
	probabilité moyenne	5 000 m ³ /s	145 a	182 a	182 a	209 a	282 a
	faible probabilité	6 500 m ³ /s	1698 a	1778 a	1778 a	1778 a	1950 a
Echelle de Worms (Rhin supérieur/débouché du Neckar – débouché du Main)							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	4 750 m ³ /s	12 a	12 a	12 a	14 a	14 a
	probabilité moyenne	6 000 m ³ /s	123 a	162 a	166 a	245 a	324 a
	faible probabilité	7 600 m ³ /s	1585 a	1862 a	1862 a	2344 a	3631 a
Echelle de Mayence (Rhin supérieur/débouché du Main – débouché de la Nahe)							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	5 700 m ³ /s	11 a	11 a	11 a	13 a	13 a
	probabilité moyenne	7 900 m ³ /s	129 a	151 a	155 a	182 a	240 a
	faible probabilité	10 300 m ³ /s	1622 a	1622 a	1622 a	1778 a	1995 a
Échelle de Kaub (Rhin moyen/débouché de la Nahe-débouché de la Moselle)							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	5 800 m ³ /s	11 a	11 a	12 a	13 a	13 a
	probabilité moyenne	8 000 m ³ /s	129 a	148 a	155 a	178 a	234 a
	faible probabilité	400 m ³ /s	1622 a	1660 a	1660 a	1820 a	1905 a
Echelle d'Andernach (Rhin moyen/débouché de la Moselle-débouché de la Sieg)							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	8 810 m ³ /s	11 a	11 a	11 a	12 a	12 a
	probabilité moyenne	11 850 m ³ /s	100 a	107 a	110 a	120 a	138 a
	faible probabilité	15 250 m ³ /s	1023 a	1096 a	1122 a	1175 a	1259 a
Evaluation rapportée aux tronçons							
Débouché de la Sieg – débouché de la Ruhr							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	8 900 m ³ /s	11 a	11 a	11 a	11 a	12 a
	probabilité moyenne	11 700 m ³ /s	94 a	93 a	96 a	106 a	120 a
	faible probabilité	15 300 m ³ /s	1140 a	1130 a	1170 a	1358 a	1466 a
Débouché de la Ruhr – Pannerdensche Kop							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	9 380 m ³ /s	10 a	10 a	10 a	12 a	12 a
	probabilité moyenne	12 200 m ³ /s	79 a	79 a	78 a	104 a	115 a
	faible probabilité	15 800 m ³ /s	763 a	751 a	743 a	1402 a	1706 a
Waal (jusqu'au PK 938) *							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	9 500 m ³ /s	10 a	11 a	11 a	13 a	13 a
	probabilité moyenne	12 700 m ³ /s	99 a	105 a	110 a	152 a	169 a
	faible probabilité	16 000 m ³ /s	1050 a	1107 a	1161 a	1611 a	2178 a
Nederrijn-Lek*							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	9 500 m ³ /s	10 a	10 a	10 a	13 a	13 a
	probabilité moyenne	12 700 m ³ /s	80 a	83 a	93 a	151 a	166 a
	faible probabilité	16 000 m ³ /s	881 a	912 a	975 a	1611 a	2070 a
IJssel*							
Récurrences de crue rapportées au collectif de crues constitué par le GE HVAL	forte probabilité	9 500 m ³ /s	3 a	3 a	3 a	13 a	13 a
	probabilité moyenne	12 700 m ³ /s	20 a	22 a	22 a	147 a	158 a
	faible probabilité	16 000 m ³ /s	344 a	364 a	392 a	1611 a	2080 a

*Indications de débit pour l'échelle de Lobith

Probabilités d'inondation au sud d'Iffezheim conformément aux données fournies par la CIPR

Tronçons d'évaluation pour le projet HIRI (mise à jour du 23 septembre 2015)							
Tronçon n°	Pays	PK du Rhin		Désignation	Récurrences réelles associées aux 3 scénarios d'inondation du calcul des cartes des zones inondables		
		de	à		Forte probabilité (env. HQ10)	Probabilité moyenne (≥ HQ100)	Faible probabilité (HQextrême)
	CH	0	23	Rhin alpin : Reichenau (pour le lac de Constance : voir indications plus bas « lac de Constance (Suisse) ») - Landquart	30	100	300-1000 <i>(proposition du secrétariat à HKV : pour le tronçon HIRI « Rhin alpin suisse/confluence Rhin antérieur et Rhin postérieur » prendre HQ1000)</i>
	CH (petit tronçon commun avec FL)	23	35	Rhin alpin : Landquart - Sargans	30	100	CH : 300-1 000 FL : 1 000 <i>(proposition du secrétariat à HKV : pour le tronçon HIRI « Rhin alpin suisse/confluence Rhin antérieur et Rhin postérieur » prendre HQ1000)</i>
	CH/FL	35	65	Rhin alpin : Sargans - débouché de l'III	30	100	CH : 300-1 000 FL : 1 000 <i>(proposition du secrétariat à HKV : pour le tronçon HIRI « Rhin alpin suisse/confluence Rhin antérieur et Rhin postérieur » prendre HQ1000)</i>
	CH/AT	65	95	Rhin alpin : Débouché de l'III - Lac de Constance (« tronçon international du Rhin »)	30	100	CH : 300-1 000 AT : 300 <i>(proposition du secrétariat à HKV : pour le tronçon HIRI « Rhin alpin international/débouché de l'III » prendre HQ300)</i>
	DE			Lac de Constance (Allemagne)	10	100	1000
	AT			Lac de Constance (Autriche)	30	100	1000
	CH			Lac de Constance (Suisse)	30	100	CH : Canton SG=1 000, canton TG=300
1	Suisse	0	170	Haut Rhin/de la sortie du lac de Constance jusqu'à Bâle	30	100	Cantons TG et BL = 300, tous les autres cantons 1 000
2	Allemagne	0	170	Haut Rhin/de la sortie du lac de Constance jusqu'à Bâle	voir indication CH pour le haut-Rhin : 30 (cartes des zones inondables rive BW, au stade actuel = calcul CH reproduit côté allemand. Pour information : mise à jour prévue en 2015 - calcul BW avec HQ10)	voir indication CH pour le haut-Rhin : 100 (cartes des zones inondables rive BW, au stade actuel = calcul CH reproduit côté allemand. Pour information : mise à jour prévue en 2015 - calcul BW avec HQ100)	voir indication CH pour le haut-Rhin : Cantons TG et BL = 300, tous les autres cantons 1 000 (cartes des zones inondables rive BW, au stade actuel = calcul CH reproduit côté allemand. Pour information : mise à jour en 2016 du calcul prévu en BW = HQ1000)
3	Allemagne	170	334	Rhin supérieur/de Bâle jusqu'au barrage d'Iffezheim	10 (théoriquement, pratiquement : pas de calcul disponible, étant donné qu'il n'existe pas de surfaces inondables côté terres)	100 (théoriquement, pratiquement : pas de calcul disponible, étant donné qu'il n'existe pas de surfaces inondables côté terres)	Scénario limité à une surface au sud de Söllingen-Greffern, car HQ estimé à bien plus de 200
4	France	170	334	Rhin supérieur/de Bâle jusqu'au barrage d'Iffezheim	Pas d'inondation du Rhin pour HQ10, donc pas de carte des zones inondables (TRI Agglomération strasbourgeoise, Rhin)	100 (TRI Agglomération strasbourgeoise, Rhin)	1 000 (TRI Agglomération strasbourgeoise, Rhin)

Tableau des attributs du Shape-File des probabilités d'inondation 2014 (HVAL = 2010)

Tronçon	PR_HQLo	PR_HQMe	PR_HQEx
a_CH_Rhin alpin suisse/du débouché de l'Iller à la confluence du Rhin antérieur et du postérieur_RD	30,00	100,00	1000,00
b_INT_Rhin alpin international/de l'entrée du lac de Constance au débouché de l'Iller_RD	30,00	100,00	300,00
d_DE_Lac de Constance/partie allemande (rive nord)	10,00	100,00	1000,00
2_DE_Haut Rhin/de l'Aar à la sortie du lac de Constance (lac inférieur)	30,00	100,00	1000,00
2b_DE_Haut Rhin/de l'Aar à Bâle	30,00	100,00	1000,00
3_DE_Rhin supérieur/de Bâle au barrage d'Iffezheim_RD	10,00	100,00	200,00
a_CH_Rhin alpin suisse/du débouché de l'Iller à la confluence du Rhin antérieur et du postérieur_RG	30,00	100,00	1000,00
b_INT_Rhin alpin international/de l'entrée du lac de Constance au débouché de l'Iller_RG	30,00	100,00	300,00
c_CH_Lac de Constance/partie suisse (rive sud)	30,00	100,00	1000,00
1_CH_Haut Rhin/de l'Aar à la sortie du lac de Constance (lac inférieur)	30,00	100,00	1000,00
2a_CH_Haut Rhin/de l'Aar à Bâle	30,00	100,00	1000,00
4_FR_Rhin supérieur/de Bâle au barrage d'Iffezheim	0,00	100,00	1000,00
5a_FR_Rhin supérieur/en aval d'Iffezheim - frontière FR-DE	17,00	182,00	1778,00
5_Rhin supérieur/en aval d'Iffezheim – débouché du Neckar	17,00	182,00	1778,00
5b_DE_Rhin supérieur/frontière FR-DE - débouché du Neckar	17,00	182,00	1778,00
6_DE_Rhin supérieur/débouché du Neckar – débouché du Main_RD	12,00	166,00	1862,00
6_DE_Rhin supérieur/débouché du Neckar – débouché du Main_RG	12,00	166,00	1862,00
7_DE_Rhin supérieur/débouché du Main – débouché de la Nahe_RG	11,00	155,00	1622,00
7_DE_Rhin supérieur/débouché du Main – débouché de la Nahe_RD	11,00	155,00	1622,00
8_DE_Rhin moyen/débouché de la Nahe - débouché de la Moselle_RG	12,00	155,00	1660,00
8_DE_Rhin moyen/débouché de la Nahe - débouché de la Moselle_RD	12,00	155,00	1660,00
9_DE_Rhin moyen/débouché de la Moselle-débouché de la Sieg ; 640 - 659 : Frontière NRW – débouché de la Sieg_RD	11,00	110,00	1122,00
9_DE_Rhin moyen/débouché de la Moselle-débouché de la Sieg ; 640 - 659 : Frontière NRW – débouché de la Sieg	11,00	110,00	1122,00
10_DE_Rhin inférieur/débouché de la Sieg-débouché de la Ruhr_RG	11,00	96,00	1170,00
10_DE_Rhin inférieur/débouché de la Sieg-débouché de la Ruhr_RD	11,00	96,00	1170,00
11_DE_Rhin inférieur/débouché de la Ruhr-Pannerdensche Kop (avec Lobith ; proposition HVAL)_RG	10,00	78,00	743,00
11_DE_Rhin inférieur/débouché de la Ruhr-Pannerdensche Kop (avec Lobith ; proposition HVAL)_RD	10,00	78,00	743,00
14_NL_IJssel / rive est - DR 48	2,88	22,03	391,74
12_NL_Waal / rive sud - DR 42	10,81	109,65	1161,45
13_NL_Nederrijn-Lek / rive sud - DR 43	10,16	92,90	974,99
15_NL_Nederrijn-Lek / rive nord DR 45	10,16	92,90	974,99
16_NL_Nederrijn-Lek / rive nord DR 44	10,16	92,90	974,99
21_NL_Waal / rive sud - DR 41	10,81	109,65	1161,45
22_NL_Waal / rive sud - DR 38	10,81	109,65	1161,45
24_NL_Nederrijn-Lek / rive nord DR 47	10,16	92,90	974,99
25_NL_IJssel / rive est - DR 49	2,88	22,03	391,74
26_NL_IJssel / rive est - DR 50	2,88	22,03	391,74
27_NL_IJssel / rive est - DR 51	2,88	22,03	391,74
29_NL_IJssel / rive est - DR 53	2,88	22,03	391,74
30_NL_IJssel / rive ouest / nord - DR 52	2,88	22,03	391,74
32_NL_IJssel / rive sud - DR 37	10,81	109,65	1161,45
31_NL_IJssel / rive sud - DR 39	10,81	109,65	1161,45
34_NL_IJssel / rive sud - DR 40	10,81	109,65	1161,45
35_NL_IJssel / rive ouest - DR 11	2,88	22,03	391,74
36_NL_IJssel / rive est - DR 10	2,88	22,03	391,74
30_NL_IJssel / rive ouest / sud- DR 52	2,88	22,03	391,74
37_NL_Waal / rive sud - DR 24	10,00	100,00	1250,00
38_NL_Nederrijn-Lek/ rive sud - DR 16	10,00	100,00	1250,00
39_NL_Nederrijn/ rive nord - DR 15	10,00	100,00	1250,00

Surfaces relatives à la probabilité (extrait)

Pour les calculs du risque dans l'outil SIG, il convient de former des polygones avec des informations sur la probabilité d'occurrence (voir plus haut).



Annexe 4 - Fonctions de dommages et catégories CLC

Indication : on a utilisé pour le calcul les jeux de données CLC 1990, 2000 et 2006 tirés directement de l'AEE et non pas le jeu de données CLC agrégé utilisé dans l'Atlas du Rhin 2015.

Agrégation des types d'usage CORINE en catégories d'usage (méthode suivie dans l'Atlas 2001)

Six catégories d'usage ont été regroupées :

- _ Catégorie d'usage 1 : milieu urbain
- _ Catégorie d'usage 2 : industrie
- _ Catégorie d'usage 3 : trafic
- _ Catégorie d'usage 4 : surface agricole utile (SAU)
- _ Catégorie d'usage 5 : forêt
- _ Catégorie d'usage 6 : autres

Fonctions de dommages utilisées (source : CIPR 2001)

Fonctions de dommages de l'Atlas CIPR du Rhin 2001	
Usage	Type de fonction
zone urbaine, immobilier	$y=2*x^2+2x$
industrie, immobilier	$y=2*x^2+2x$
trafic, immobilier	$y=10*x$ pour $x \leq 1$; $y=10$ pour $x > 1$
équipement économie	$y=11*x+7,5$
équipement logement	$y=12*x+16,25$ pour $1 \leq x \leq 7$
équipement secteur public	$y=7*x+5$
zone urbaine, mobilier (35% économie, 60% logements, 5% secteur public)	$y=11,4*x+12,625$
industrie, mobilier	$y=7*x+5$
trafic, mobilier	$y=10*x$ pour $x \leq 1$; $y=10$ pour $x > 1$
SAU	$y=1$
forêt	$y=1$

x = niveau ou hauteur d'eau (WT) (en mètres)

y = fonction de dommages et/ou degré d'endommagement (%)

Légende :

Immobilier = biens immobiliers (dommages causés au bâti, aux équipements, maisons, routes...)

Mobilier = biens mobiliers (production/produits, activité...)

Equipement = équipement des ménages, dommages causés au contenu des bâtiments, aux valeurs sur les surfaces extérieures (mélange de biens immobiliers et mobiliers) ; possible pour les logements et dans le domaine économique (activités/production + bâtiments) et public (grande diversité : bureaux, biens immobiliers à but social et éducatif, bâtiments affectés, ...).

Correspondance entre les classes Corine Land Cover et les catégories d'usage utilisées pour les fonctions de dommages

CLC_VALUE	CLC_CODE	CAT_CODE	CAT_CLASS	CLC_LABEL
1	111	1	SIEDLUNG	Continuous urban fabric
2	112	1	SIEDLUNG	Discontinuous urban fabric
3	121	2	INDUSTRIE	Industrial or commercial units
4	122	3	VERKEHR	Road and rail networks and associated land
5	123	3	VERKEHR	Port areas
6	124	3	VERKEHR	Airports
12	211	4	lwNF	Non-irrigated arable land
13	212	4	lwNF	Permanently irrigated land
14	213	4	lwNF	Rice fields
15	221	4	lwNF	Vineyards
16	222	4	lwNF	Fruit trees and berry plantations
17	223	4	lwNF	Olive groves
18	231	4	lwNF	Pastures
19	241	4	lwNF	Annual crops associated with permanent crops
20	242	4	lwNF	Complex cultivation patterns
21	243	4	lwNF	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation
22	244	4	lwNF	Agro-forestry areas
23	311	5	FORST	Broad-leaved forest
24	312	5	FORST	Coniferous forest
25	313	5	FORST	Mixed forest
28	323	5	FORST	Sclerophyllous vegetation
29	324	5	FORST	Transitional woodland-shrub
7	131	6	SONSTIGE	Mineral extraction sites
8	132	6	SONSTIGE	Dump sites
9	133	6	SONSTIGE	Construction sites
10	141	6	SONSTIGE	Green urban areas
11	142	6	SONSTIGE	Sport and leisure facilities
26	321	6	SONSTIGE	Natural grasslands
27	322	6	SONSTIGE	Moors and heathland
30	331	6	SONSTIGE	Beaches, dunes, sands
31	332	6	SONSTIGE	Bare rocks
32	333	6	SONSTIGE	Sparsely vegetated areas
33	334	6	SONSTIGE	Burnt areas
34	335	6	SONSTIGE	Glaciers and perpetual snow
35	411	6	SONSTIGE	Inland marshes
36	412	6	SONSTIGE	Peat bogs
37	421	6	SONSTIGE	Salt marshes
38	422	6	SONSTIGE	Salines
39	423	6	SONSTIGE	Intertidal flats
40	511	6	SONSTIGE	Water courses
41	512	6	SONSTIGE	Water bodies
42	521	6	SONSTIGE	Coastal lagoons
43	522	6	SONSTIGE	Estuaries
44	523	6	SONSTIGE	Sea and ocean
48	999	6	SONSTIGE	Differences from projection
49	990	6	SONSTIGE	UNCLASSIFIED LAND SURFACE
50	995	6	SONSTIGE	UNCLASSIFIED WATER BODIES

Annexe 5 - Valeurs patrimoniales spécifiques (€/m²)¹⁸ de 1995 à 2020+

(NB : étant donné que la 6^e classe « Autres » n'a pas été évaluée, les valeurs correspondantes ont été fixées à « 0 »)

a) Biens immobiliers

Immobilier - valeurs patrimoniales spécifiques de 1995 à 2020+ (référence : 2001)						
Bade-Wurtemberg						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	249,24	268,00	282,47	297,59	317,33	346,94
industrie	243,66	262,00	276,15	290,93	310,23	339,17
trafic	228,78	246,00	259,28	273,16	291,28	318,46
surf. agr. utile	5,58	6,00	6,32	6,66	7,10	7,77
forêt	1,86	2,00	2,11	2,22	2,37	2,59
Hesse						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	215,29	231,00	241,16	252,75	268,38	291,83
industrie	240,46	258,00	269,35	282,30	299,75	325,94
trafic	279,60	300,00	313,20	328,25	348,55	379,00
surf. agr. utile	6,52	7,00	7,31	7,66	8,13	8,84
forêt	0,93	1,00	1,04	1,09	1,16	1,26
Rhénanie-Palatinat						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	168,69	181,00	190,05	200,07	212,92	232,20
industrie	241,39	259,00	271,95	286,29	304,68	332,27
trafic	133,28	143,00	150,15	158,07	168,22	183,45
surf. agr. utile	4,66	5,00	5,25	5,53	5,88	6,41
forêt	0,93	1,00	1,05	1,11	1,18	1,28
NRW						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	214,37	231,00	242,78	254,67	271,39	296,47
industrie	214,37	231,00	242,78	254,67	271,39	296,47
trafic	244,06	263,00	276,41	289,95	308,99	337,54
surf. agr. utile	8,35	9,00	9,46	9,92	10,57	11,55
forêt	0,93	1,00	1,05	1,10	1,17	1,28
Bavière						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	249,78	268,00	283,81	300,48	320,79	351,25
industrie	244,18	262,00	277,46	293,75	313,61	343,38
trafic	229,27	246,00	260,51	275,81	294,45	322,41
surf. agr. utile	5,59	6,00	6,35	6,73	7,18	7,86
forêt	1,86	2,00	2,12	2,24	2,39	2,62

¹⁸ Dans le chapitre 2, on utilise pour les valeurs patrimoniales spécifiques l'abréviation « VPsp(OS) ».

Suisse						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	253,83	275,00	282,15	271,85	283,12	300,02
industrie	264,90	287,00	294,46	283,71	295,47	313,11
trafic	269,52	292,00	299,59	288,65	300,62	318,57
surf. agr. utile	6,46	7,00	7,18	6,92	7,21	7,64
forêt	0,92	1,00	1,03	0,99	1,03	1,09
France						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	202,24	217,00	233,28	244,51	261,32	286,53
industrie	213,43	229,00	246,18	258,03	275,77	302,37
trafic	216,22	232,00	249,40	261,41	279,38	306,34
surf. agr. utile	6,52	7,00	7,53	7,89	8,43	9,24
forêt	0,93	1,00	1,08	1,13	1,20	1,32
Pays-Bas						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	220,50	252,00	271,66	274,74	299,28	336,10
industrie	229,25	262,00	282,44	285,65	311,16	349,43
trafic	232,75	266,00	286,75	290,01	315,91	354,77
surf. agr. utile	6,13	7,00	7,55	7,63	8,31	9,34
forêt	0,88	1,00	1,08	1,09	1,19	1,33
Autriche						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	221,65	242,24	259,68	278,84	301,65	335,86
industrie	234,02	255,76	274,17	294,39	318,48	354,60
trafic	237,82	259,92	278,63	299,18	323,65	360,36
surf. agr. utile	6,66	7,28	7,80	8,38	9,06	10,09
forêt	0,95	1,04	1,11	1,20	1,29	1,44
Liechtenstein						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	597,80	564,81	799,03	1166,82	1430,20	1806,46
industrie	631,16	596,32	843,61	1231,92	1510,00	1907,25
trafic	641,42	606,01	857,33	1251,95	1534,55	1938,27
surf. agr. utile	17,96	16,97	24,01	35,05	42,97	54,27
forêt	2,57	2,42	3,43	5,01	6,14	7,75

b) Biens mobiliers

Mobilier - valeurs patrimoniales spécifiques de 1995 à 2020+ (référence : 2001)						
Bade-Wurtemberg						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	50,22	54,00	56,92	59,96	63,94	69,91
industrie	77,19	83,00	87,48	92,16	98,28	107,45
trafic	1,86	2,00	2,11	2,22	2,37	2,59
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hesse						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	47,53	51,00	53,24	55,80	59,25	64,43
industrie	74,56	80,00	83,52	87,53	92,95	101,07
trafic	2,80	3,00	3,13	3,28	3,49	3,79
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rhénanie-Palatinat						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	38,21	41,00	43,05	45,32	48,23	52,60
industrie	75,49	81,00	85,05	89,53	95,29	103,91
trafic	0,93	1,00	1,05	1,11	1,18	1,28
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NRW						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	54,75	59,00	62,01	65,05	69,32	75,72
industrie	74,24	80,00	84,08	88,20	93,99	102,67
trafic	1,86	2,00	2,10	2,20	2,35	2,57
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bavière						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	50,33	54,00	57,19	60,54	64,64	70,77
industrie	77,36	83,00	87,90	93,06	99,35	108,78
trafic	1,86	2,00	2,12	2,24	2,39	2,62
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Suisse						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	60,00	65,00	66,69	64,25	66,92	70,91
industrie	88,61	96,00	98,50	94,90	98,83	104,73
trafic	2,77	3,00	3,08	2,97	3,09	3,27
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
France						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	47,53	51,00	54,83	57,47	61,42	67,34
industrie	70,83	76,00	81,70	85,64	91,52	100,35
trafic	1,86	2,00	2,15	2,25	2,41	2,64
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pays-Bas						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	51,63	59,00	63,60	64,32	70,07	78,69
industrie	76,13	87,00	93,79	94,85	103,32	116,03
trafic	1,75	2,00	2,16	2,18	2,38	2,67
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Autriche						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	52,32	57,18	61,30	65,82	71,20	79,28
industrie	78,01	85,25	91,39	98,13	106,16	118,20
trafic	1,90	2,08	2,23	2,39	2,59	2,88
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liechtenstein						
Usage	1995	2001	2005	2015	2020	2020+
milieu urbain	132,26	133,32	188,61	389,65	610,53	1246,25
industrie	197,71	198,77	281,20	580,93	910,25	1858,04
trafic	3,79	4,85	6,86	14,17	22,20	45,32
surf. agr. utile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
forêt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Annexe 6 - Questionnaire et modèle de tableau pour la collecte de données dans le cadre du projet CIPR sur les mesures mises en œuvre et les mesures programmées en relation avec les indicateurs (voir également les tableaux 9 et 10)

Les données sont recensées pour l'exécution de deux tâches ancrées dans le projet CIPR :

- évaluation du 1^{er} objectif opérationnel du Plan d'Action contre les Inondations de la CIPR (réduction des risques de dommages liés aux inondations depuis 1995)
- estimation des effets des mesures prises/à prendre dans le cadre de la mise en œuvre de la DI (et établissement du PGRI) dans le bassin du Rhin.

Les données sont recensées pour les années suivantes :

- 1995
- 2005
- 2014
- 2020 (estimation)
- 2020+ (estimation)

Un recensement des données au niveau de la commune apparaît optimal pour la plupart des indicateurs. Cependant, les données obtenues à d'autres niveaux (Etat/Land, région, ...) sont également bienvenues si le niveau communal fait défaut.

Remarque technique :

afin que les données puissent être utilisées dans le nouvel outil à fonctionnalités SIG de la CIPR, les données fournies devraient être reportées dans les tableaux Excel « Vue d'ensemble_collecte de données_Mesures » (disponibles au secrétariat). Le degré de détail dépend de la mesure considérée et de la disponibilité des données (voir tableaux 9 et 10).

I.1.1 Indicateur « Règles et plans d'urbanisme dans lesquels figurent des dispositions de protection contre les inondations, (par ex. mode de construction adapté au risque d'inondation) »

Données requises : superficie de la zone [m²] dans laquelle est prescrit un mode de construction adapté au risque d'inondation par des plans d'urbanisme, à communiquer au niveau communal ou, à défaut, à un autre niveau supérieur. Des données sont à fournir sur les zones où s'applique un mode de construction adapté. Un pourcentage par commune est concevable à titre alternatif.

Question principale : où et quand (c'est-à-dire 1995, 2005, 2014, 2020 et 2020+) un mode de construction adapté aux inondations a-t-il été/est-il/sera-t-il prescrit par des plans d'urbanisme ?

I.1.2 Indicateur 'Modification des données relatives à l'occupation des sols (données CLC) à l'intérieur et à l'extérieur des zones inondables examinées dans les CZI'

→ aucune donnée requise de la part des délégations

I.3.1 Indicateur « Nombre de mesures de construction adaptée au risque d'inondation mises en œuvre »

Données requises : tableau avec estimation des mesures mises en œuvre (en %) (si possible au niveau communal ou à défaut à un niveau supérieur)

Question principale : où et quand des mesures de construction adaptées aux inondations ont-elles été/sont-elles/seront-elles mises en œuvre et combien ?

I.3.2 Indicateur 'protection technique des bâtiments : surfaces et installations (installations classées, SEVESO, stations d'épuration) protégées par des systèmes mobiles'

Communes/ménages/économie

Données requises : surfaces protégées par des systèmes mobiles [m²] (si possible au niveau communal ou à défaut à un niveau supérieur)

Question principale : où et quand des surfaces ont-elles été/sont-elles/seront-elles protégées par des systèmes (mobiles) ou des mesures de réduction de la vulnérabilité du bâti ?

Installations à risque (installations classées, SEVESO, stations d'épuration)

Données requises : installation protégée par des mesures de protection technique, des mesures techniques de réduction de la vulnérabilité du bâti et/ou des systèmes mobiles.

Question principale : quelles sont les installations protégées/non protégées, à quel niveau (HQ10; HQ100, HQextrême) et depuis quand ?

Remarque : la CIPR met à la disposition d'HKV la liste des installations par le biais de l'Atlas 2015 et des indications supplémentaires sur les stations d'épuration.

I.3.3 Indicateurs 'mise en sûreté des réservoirs à mazout et/ou déplacement aux étages supérieurs'

- **pour les ménages** : nombre de ménages (exprimé en % des ménages concernés) qui ont sécurisé leurs réservoirs à mazout ou les ont déplacés vers les étages supérieurs (si possible par commune ou à un niveau supérieur).

Données requises : estimation en % des mesures réalisées.

Question principale : où et quand des mesures de mise en sûreté des réservoirs à mazout et/ou de déplacement aux étages supérieurs ont-elles été/sont-elles/seront-elles mises en œuvre et combien ?

- **pour les installations à risque (installations classées, SEVESO, stations d'épuration)** :

Données requises : installations où les réservoirs à mazout sont ancrés/mis en sûreté et/ou les substances polluantes sont stockées aux étages supérieurs.

Question principale : dans quelles installations les réservoirs à mazout sont-ils ancrés/mis en sûreté et/ou les substances polluantes sont-elles stockées aux étages supérieurs et à quel niveau de protection (HQ10, HQ100, HQextrême) et depuis quand ?

Remarque : la CIPR met à la disposition d'HKV la liste des installations par le biais de l'Atlas 2015 et des indications supplémentaires sur les stations d'épuration.

Question principale : où, quand et à quel niveau de protection des mesures de mise en sûreté/ancrage des réservoirs à mazout et/ou de stockage aux étages supérieurs ont-elles été/sont-elles/seront-elles réalisées dans les installations techniques (classées, SEVESO, stations d'épuration) ?

I.4.1 Indicateur 'fréquence de campagnes d'information (y compris existence/mise à disposition de CZI et de CRI)'

Données requises : indication de la fréquence (en années) de remise à jour des portails cartographiques et de la fréquence (en années) des campagnes d'information. Ces informations doivent être recensées par Land fédéral/Etat.

Question principale : quand et comment y a-t-il (eu) remise à jour des portails cartographiques et réalisation d'une campagne d'information ?

II. Indicateur 'modification des probabilités d'inondation consécutives à l'amélioration du niveau de protection grâce aux mesures techniques de prévention des inondations'

→ *Les données sur les modifications de probabilité ont été fournies par le GE HVAL (CIPR). Aucune indication requise de la part des délégations.*

III.1.1 Indicateur 'améliorer les prévisions de crue dans le cadre d'une période définie (par ex. en prolongeant les temps de prévision)'

→ **Questions spécifiques posées aux centres de prévision des crues du Rhin :**

Informations pour le secteur respectif (sur le Rhin) pour les 5 questions suivantes (les questions portent sur l'état actuel des prévisions/de l'annonce, mais également passé - date de référence 1995 - et, si les données sont existantes, également les mesures planifiées/prévues pour le futur - date de référence 2020) :

1. Y a-t'il un système de prévision des crues (sur votre secteur) ? *OUI / NON*
2. Y a-t'il un système d'annonce des crues (sur votre secteur) ? *OUI / NON*
3. Quels types d'informations/de données sont présentés dans les systèmes de prévision des crues :
 - a. *débits*
 - b. *hauteurs d'eau*
 - c. *surface qui sera inondée (représentation sous forme de carte dynamique)*
4. Le temps maximal de prévision est-il atteint (*c.à.d. le nombre de jours à l'avance où une prévision est disponible*) ? *OUI/NON* (remarque : sur le Rhin, on estime que les temps de prévision ont été atteints en 2005).
5. La fiabilité des prévisions est-elle :
 - a. *suffisante/moyenne*
 - b. *bonne*
 - c. *très bonne*

III 2.1 Groupe d'indicateurs

« - Présence et fréquence de remise à jour des plans d'alerte et d'intervention.

- Nombre de systèmes d'avertissement (voies et moyens de transmission de l'avertissement)

- Indications sur les exercices de protection civile, fréquence incluse (fréquence d'exercices par an)'

Données requises : contenu et date de mise en place/de remise à jour des plans d'alerte et d'intervention, nombre de voies de transmission de l'avertissement (par ex. « 2 » quand l'avertissement est transmis à la fois sur internet et par contact téléphonique) et nombre d'exercices/d'unités de formation. Le facteur de réalisation (%) de l'éventail des mesures est également à mentionner.

Les données doivent être recensées si possible au niveau communal (ou à défaut à un niveau supérieur).

Question principale :

- où et depuis quand existe-t-il un plan d'alerte et d'intervention et avec quelle fréquence est-il remis à jour ?
- de combien de systèmes d'avertissement dispose-t-on ?
- où, depuis quand et avec quelle fréquence (par an) effectue-t-on des exercices de protection civile ?

Les informations supplémentaires suivantes sont encore demandées pour la santé humaine :

à définir par la CIPR

- Indication du taux de mise en sûreté en % pour la période de référence 1995 pour les zones à considérer (par ex. au niveau des communes, digues circulaires) (on entend ici le taux de mise en sûreté sans mesures).
- Indication du taux de mise en sûreté maximal pouvant être atteint (2020+) dans la zone considérée.

Exemple de collecte de données sur les mesures de sensibilisation, de prévention des crues, d'avertissement et de gestion de crise

Mesure de sensibilisation et d'élaboration de cartes (I.4.1)																					
Commune dans le champ inondable du Rhin	Surface de la commune (m²)	Des CZI et CRI sont-elles disponibles ?					Actualisation des CZI et des CRI sur le portail internet plus fréquente que tous les 6 ans ?					Des campagnes d'information sont-elles réalisées ?					Campagnes d'information plus fréquentes que tous les 2 ans ?				
		1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+
alle HQ																					
Mesure 'Prévision et annonce des crues' (III.1.1)																					
Tronçon du Rhin	Centre responsable des crues / Etat	Système d'annonce/de prévision existant (non=0, système d'annonce=1, prévision=2) ?					Que prévoit-t-on ? (0= rien/système d'annonce, 1=Q, 2=W (+Q), 3= zone inondable (+W, +Q)					Le temps de prévision max. est-il atteint ?					Estimation de la fiabilité (0 aucune prévision ; 1=suffisant, 2=bon, 3=très bon) ?				
		1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+
Tous les HQ																					
Rhin alpin	CH-OFEV																				
Lac de Constance	D-LUBW, CH-OFEV, A-AVLR (bodenseehochwasser.info)																				
Haut Rhin	CH-OFEV, D-LUBW																				
Rhin : de Bâle à Mannheim	D-LUBW																				
Rhin : de Worms à Emmerich	D-HMZ Rhein																				
Delta du Rhin	NL-RWS																				
Mesure 'Gestion de crise et avertissement (III.1.2)																					
Des plans d'alerte et d'intervention existent-ils ?	Actualisation plus fréquente que tous les 5 ans ?	Système d'avertissement existant ?					Nombre de systèmes d'avertissement (1:1 système, 2=2-3 systèmes, 3=4-5 systèmes) ?					Des exercices sont-ils réalisés ?					Fréquence des exercices (1=tous les 5-10 ans, 2=tous les 2-5 ans, 3 : plus fréquemment que tous les 2 ans)				
		1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+	1995	2005	2014	2020	2020+
Tous les HQ																					

Annexe 7 - Evolution démographique

Pays	Land fédéral ou autre	Regierungspräsidium	Circonscription ou autre	Population - chiffre absolu					Population - chiffre relatif (1995 = 100%)				
				1995	2005	2015	2020	2030	1995	2005	2015	2020	2030
Allemagne	Bade-Wurtemberg	RP Freiburg		1948098	2048579	2055266	2045572	2004058	100	105,16	105,50	105,00	102,87
Allemagne	Bade-Wurtemberg	RP Karlsruhe		1667112	1714207	1713617	1701614	1659389	100	102,82	102,79	102,07	99,54
Allemagne	Bade-Wurtemberg	RP Tübingen		574827	601559	614780	611119	598382	100	104,65	106,95	106,31	104,10
Allemagne	Bavière	Souabe		75796	79467	80910	81510	81920	100	104,84	106,75	107,54	108,08
Allemagne	Hesse	RB Darmstadt		2455735	2512213	2569530	2585960	2574260	100	102,30	104,63	105,30	104,83
Allemagne	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	BR Düsseldorf		5238952	5278280	5127355	5077525	4726675	100	100,75	97,87	96,92	90,22
Allemagne	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	BR Cologne		2860124	2990507	3066030	3112075	3173251	100	104,56	107,20	108,81	110,95
Allemagne	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	BR Münster		1126261	1135026	1099628	1078432	1034087	100	100,78	97,64	95,75	91,82
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Ahrweiler	125377	130467	124810	122280	117660	100	104,06	99,55	97,53	93,84
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Altenkirchen (Westerwald)	134993	136425	128840	125750	119890	100	101,06	95,44	93,15	88,81
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Alzey-Worms	116712	126328	122990	121630	118780	100	108,24	105,38	104,21	101,77
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Bad Dürkheim	130558	135116	131380	129970	127000	100	103,49	100,63	99,55	97,27
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Bad Kreuznach	155597	158319	153040	150770	145600	100	101,75	98,36	96,90	93,58
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Cochem-Zell	64959	65732	61790	60260	57470	100	101,19	95,12	92,77	88,47
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Donnersbergkreis	76302	78825	74040	72260	69010	100	103,31	97,04	94,70	90,44
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Frankenthal (Palatinat)	48371	47225	46550	46210	45190	100	97,63	96,24	95,53	93,42
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Germersheim	118836	125268	125230	124910	123080	100	105,41	105,38	105,11	103,57
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Coblence	109219	106501	106200	105440	102700	100	97,51	97,24	96,54	94,03
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Landau in der Pfalz	39842	42028	44570	45300	45800	100	105,49	111,87	113,70	114,95
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Ludwigshafen	167369	163343	164070	164080	161910	100	97,59	98,03	98,03	96,74
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Mayence	183720	194372	202470	203730	201590	100	105,80	110,21	110,89	109,73
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Mayence-Bingen	187361	200486	203010	203390	201840	100	107,01	108,35	108,56	107,73
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Mayen-Coblence	204452	213667	208180	205620	199480	100	104,51	101,82	100,57	97,57
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Neustadt an der Weinstraße	53788	53628	54810	55420	55820	100	99,70	101,90	103,03	103,78
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Neuwied	178479	185259	176610	172770	165420	100	103,80	98,95	96,80	92,68
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		District Rhein-Hunsrück	103392	105705	99430	97040	92640	100	102,24	96,17	93,86	89,60
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		District Rhein-Lahn	127456	128095	119690	116420	110400	100	100,50	93,91	91,34	86,62
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Spire	49664	50501	50170	50270	49820	100	101,69	101,02	101,22	100,31
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Südliche Weinstraße	106835	110639	107400	106130	103670	100	103,56	100,53	99,34	97,04
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		District Westerwald	195669	203541	194890	191190	183630	100	104,02	99,60	97,71	93,85
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Worms	80014	81545	83350	84110	84240	100	101,91	104,17	105,12	105,28
France	Alsace	Bas-Rhin		1679052	1747080	1898000	1932000	1986000	100	104,05	113,04	115,06	118,28
France	Alsace	Haut-Rhin											
Liechtenstein				30948	34905	38035	39599	42183	100	112,79	122,90	127,95	136,30
Pays-Bas	Drenthe			454864	483369	489200	485100	484200	100	106,27	107,55	106,65	106,45
Pays-Bas	Flevoland			262325	365859	406900	426800	473400	100	139,47	155,11	162,70	180,46
Pays-Bas	Frise			609579	642977	646900	647400	644400	100	105,48	106,12	106,20	105,71
Pays-Bas	Gelderland			1864732	1972010	2017500	2028600	2043200	100	105,75	108,19	108,79	109,57
Pays-Bas	Groningue			557995	575072	585300	594100	602100	100	103,06	104,89	106,47	107,90
Pays-Bas	Limburg			1130050	1136695	1116100	1103900	1075100	100	100,59	98,77	97,69	95,14
Pays-Bas	Noord-Brabant			2276207	2411359	2482700	2518800	2579300	100	105,94	109,07	110,66	113,32
Pays-Bas	Noord-Holland			2463611	2599103	2752100	2833200	2961000	100	105,50	111,71	115,00	120,19
Pays-Bas	Overijssel			1050389	1109432	1143300	1154600	1170700	100	105,62	108,85	109,92	111,45
Pays-Bas	Utrecht			1063460	1171291	1257500	1294200	1363400	100	110,14	118,25	121,70	128,20
Pays-Bas	Zuid-Holland			3325064	3458381	3594400	3679300	3828500	100	104,01	108,10	110,65	115,14
Autriche	Vorarlberg	Bludenz		66718	70144	62032	62367	62910	100	105,14	92,98	93,48	94,29
Autriche	Vorarlberg	Bregenz		123124	124558	129175	131976	136293	100	101,16	104,91	107,19	110,70
Autriche	Vorarlberg	Dornbirn		75582	81017	84736	87619	91805	100	107,19	112,11	115,93	121,46
Autriche	Vorarlberg	Feldkirch		93030	101009	103320	106247	110589	100	108,58	111,06	114,21	118,87
Suisse	Argovie			528887	569344	641319	670042	711936	100	107,65	121,26	126,69	134,61
Suisse	Appenzell Ausserrhoden			54104	52561	53469	54204	55890	100	97,15	98,83	100,18	103,30
Suisse	Appenzell Innerrhoden			14750	15220	16254	16678	17181	100	103,19	110,20	113,07	116,48
Suisse	Bâle Campagne			252331	267273	280439	286920	296394	100	105,92	111,14	113,71	117,46
Suisse	Bâle-Ville			195759	185601	194829	197781	197981	100	94,81	99,52	101,03	101,14
Suisse	Berne			941950	957064	989397	1003781	1019014	100	101,60	105,04	106,56	108,18
Suisse	Glaris			39410	38173	39289	39992	41129	100	96,86	99,69	101,48	104,36
Suisse	Grisons			185063	187803	194150	195519	198303	100	101,48	104,91	105,65	107,15
Suisse	Jura			69190	69110	70833	71656	72199	100	99,88	102,37	103,56	104,35
Suisse	Obwald			31310	33269	36900	38350	40600	100	106,26	117,85	122,48	129,67
Suisse	Schaffhouse			74035	73764	75835	76477	77583	100	99,63	102,43	103,30	104,79
Suisse	Soleure			239264	247937	260490	265667	274917	100	103,62	108,87	112,02	114,94
Suisse	St Gall			442350	459999	484758	495520	508431	100	103,99	109,59	112,02	114,94
Suisse	Thurgovie			223372	234332	260965	271020	283694	100	104,91	116,83	121,33	127,01
Suisse	Tessin			305199	322276	349084	355477	363135	100	105,60	114,38	116,47	118,98
Suisse	Uri			35876	35087	35754	36950	36316	100	97,80	99,66	102,99	101,23
Suisse	Vallais			271291	291575	322211	330616	341236	100	107,48	118,77	121,87	125,78
Suisse	Zurich			1175457	1272590	1424093	1475482	1548413	100	108,26	121,15	125,52	131,73

Annexe 8 - Comparaison entre les données CORINE relatives à la modification relative des surfaces et celles relatives à l'évolution démographique

Pays	Land fédéral ou autre	Regierungspräsidium ou autre	Circonscription ou autre	Population - chiffre relatif (1990 = 100%)			Population - chiffre relatif (1995 = 100%)					Population relative 2005 / surface relative 2006
				SHN0NAMN1	SHN1NAMN1	SHN2NAMN1	SHN3NAMN1	1990	2000	2006	1995	
Allemagne	Bade-Wurtemberg	RP Freiburg		100	104,01	107,46	100	105,16	105,50	105,00	102,87	98%
Allemagne	Bade-Wurtemberg	RP Karlsruhe		100	103,51	105,95	100	102,82	102,79	102,07	99,54	97%
Allemagne	Bade-Wurtemberg	RP Tübingen		100	106,85	109,48	100	104,65	106,95	106,31	104,10	96%
Allemagne	Hesse	RB Darmstadt		100	100,99	103,70	100	102,30	104,63	105,30	104,83	99%
Allemagne	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	BR Düsseldorf		100	102,07	103,38	100	100,75	97,87	96,92	90,22	97%
Allemagne	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	BR Cologne		100	103,20	104,55	100	104,56	107,20	108,81	110,95	100%
Allemagne	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	BR Münster		100	107,31	112,76	100	100,78	97,64	95,75	91,82	89%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Ahrweiler	100	101,67	106,77	100	104,06	99,55	97,53	93,84	97%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Altenkirchen (Westerwald)	100	105,67	106,19	100	101,06	95,44	93,15	88,81	95%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Alzey-Worms	100	104,28	111,57	100	108,24	105,38	104,21	101,77	97%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Bad Dürkheim	100	100,68	102,64	100	103,49	100,63	99,55	97,27	101%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Bad Kreuznach	100	103,25	115,92	100	101,75	98,36	96,90	93,58	88%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Cochem-Zell	100	106,28	121,70	100	101,19	95,12	92,77	88,47	83%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Donnersbergkreis	100	102,46	115,57	100	103,31	97,04	94,70	90,44	89%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Frankenthal (Palatinat)	100	101,47	101,47	100	97,63	96,24	95,53	93,42	96%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Germersheim	100	105,36	110,34	100	105,41	105,38	105,11	103,57	96%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Coblence	100	100,81	101,53	100	97,51	97,24	96,54	94,03	96%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Landau in der Pfalz	100	103,29	104,61	100	105,49	111,87	113,70	114,95	101%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Ludwigshafen	100	103,87	108,66	100	97,59	98,03	98,03	96,74	90%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Mayence	100	101,34	103,18	100	105,80	110,21	110,89	109,73	103%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Mayence-Bingen	100	102,58	108,12	100	107,01	108,35	108,56	107,73	99%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Mayen-Coblence	100	108,27	113,62	100	104,51	101,82	100,57	97,57	92%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Neustadt an der Weinstraße	100	101,16	102,17	100	99,70	101,90	103,03	103,78	98%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Neuwied	100	104,97	111,51	100	103,80	98,95	96,80	92,68	93%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		District Rhein-Hunsrück	100	109,35	108,28	100	102,24	96,17	93,86	89,60	94%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		District Rhein-Lahn	100	109,46	119,03	100	100,50	93,91	91,34	86,62	84%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Spire	100	100,00	100,00	100	101,69	101,02	101,22	100,31	102%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Südliche Weinstraße	100	103,87	113,10	100	103,56	100,53	99,34	97,04	92%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		District Westerwald	100	115,67	121,84	100	104,02	99,60	97,71	93,85	85%
Allemagne	Rhénanie-Palatinat		Worms	100	101,20	103,31	100	101,91	104,17	105,12	105,28	99%
France	Alsace	Bas-Rhin		100	101,81	103,66	100	104,05	113,04	115,06	118,28	100%
France	Alsace	Haut-Rhin		100	102,78	105,99	100	104,05	113,04	115,06	118,28	100%
Pays-Bas	Drenthe			100	124,59	135,72	100	106,27	107,55	106,65	106,45	78%
Pays-Bas	Flevoland			100	173,63	212,98	100	139,47	155,11	162,70	180,46	65%
Pays-Bas	Frise			100	131,56	143,45	100	105,48	106,12	106,20	105,71	74%
Pays-Bas	Gelderland			100	113,29	118,80	100	105,75	108,19	108,79	109,57	89%
Pays-Bas	Limburg			100	110,86	118,00	100	100,59	98,77	97,69	95,14	85%
Pays-Bas	Noord-Brabant			100	117,07	123,99	100	105,94	109,07	110,66	113,32	85%
Pays-Bas	Noord-Holland			100	116,18	123,97	100	105,50	111,71	115,00	120,19	85%
Pays-Bas	Overijssel			100	118,68	127,95	100	105,62	108,85	109,92	111,45	83%
Pays-Bas	Utrecht			100	115,22	124,49	100	110,14	118,25	121,70	128,20	88%
Pays-Bas	Zuid-Holland			100	114,81	122,39	100	104,01	108,10	110,65	115,14	85%
Autriche	Vorarlberg	Bludenz		-	-	-	100	105,14	92,98	93,48	94,29	-
Autriche	Vorarlberg	Bregenz		100	100,00	98,05	100	101,16	104,91	107,19	110,70	103%
Autriche	Vorarlberg	Dornbirn		100	100,00	96,67	100	107,19	112,11	115,93	121,46	111%
Autriche	Vorarlberg	Feldkirch		-	-	-	100	108,58	111,06	114,21	118,87	-

Annexe 9 - Exemple de plusieurs masques de données (input et output) sur le risque économique (en anglais)
(cf. explications supplémentaires dans le guide de l'utilisateur pour les données générales d'entrée et pour les mesures)

INPUT SHAPEFILES																
Mensch/Me humaine/Mens/Human health																
Shapefile PUBUC_CAT (impact categories)																
CAT_FROM	CAT_LABEL	CAT_CODE	CAT_TO													
-9999,00	H1	1,00	10,00													
10,00	H2	2,00	50,00													
50,00	H3	3,00	150,00													
150,00	H4	4,00	300,00													
300,00	H5	5,00	9999,00													
Shapefile inhabitants																
OBJECTID_1	Name	LAND_CD	Apsfr_CD	RIVER_CD	LAND_CD	FL_RECUR	Cult_type	RIVER_CD	RD	OBJECTID	TYPE	nat_id				
1,00	Emsmond	NLXX			DEBW	3,00	0,00			0,00	4,00	1,00				
...																
Umwelt/Environnement/Milieu/Environment																
Shapefile "ENVR_SIG_CAT"																
CATEGORY	DESCR	SIGN	TYPE													
AREA1	Wasserabhängige Vogelschutzgebiete	1,00	1,00													
AREA2	Wasserabhängige FFH-Gebiete	2,00	2,00													
AREA3	Trinkwasser- und Quellschutzgebiete	3,00	3,00													
AREA4	WRRL-Maßnahmen	2,00	4,00													
AREAS	Sonstige	1,00	5,00													
Shapefile ENVR_IMP_CAT																
CATEGORY	DESCR	TYPE	TOX	RADIUS												
IVU	...	1,00	2,00	10000,00												
SEVESO1	...	2,00	3,00	20000,00												
SEVESO2	...	3,00	4,00	50000,00												
KL-RAN LAGE	...	4,00	2,00	10000,00												
Shapefile ENVR_CAT																
CAT_CODE	CAT_FROM	CAT_TO	CAT_LABEL	CAT_CODE	CAT_FROM	CAT_TO										
1,00	-9999,99	1,75	LOW IMPACT	1,00	-9999,99	1,75										
2,00	1,75	3,25	MEDIUM IMPACT	2,00	1,75	3,25										
3,00	3,25	9999,99	HIGH IMPACT	3,00	3,25	9999,99										
Shapefile "ENVR_IMP_FUNC"																
WATERDEPTH	FUNC01	WATERDEPTH	FUNC01	WATERDEPTH	FUNC01											
0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00											
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00											
...																
Shapefile envAreas																
TEMPLATE	EU_CD_PB	LEG_CD	MS_CD_PB	NAME	PROT_TYPE	STATUS	WA_CD	RBD_CD	LAND_CD	DELIVERY	METADATA	URL	DISSOLV_CD	type		
ProtectedAreaBird	DE6709302	B	DE6709302	Bliesau zwischen Blieskastel und Bliesdalheim	NoName	CAT	TYPE									
ProtectedAreaDrinking		N				2,00	1,00									
ProtectedAreaHabitat		H		Roruper Holz mit Kestenbusch												
...																
Shapefile ivuObjects																
DATE_VALID	Radius	obj_id	y	x	RIVER_CAT	LAU_ID	SHN_ID	fakt_1995	fakt_2005	fakt_2020	fakt_2030	inh_lo	inh_me	inh_ex	EVAFRAC	EVAFMAX
...	10000,00	1,00	2674985,50	4281207,95		1651	Groningen	0,95	0,98	1,02	1,03	40,00	88,00	9656,00	76,00	86,00

Kultur/Culture/Cultuur						
Shapefile CULT_BED						
ER_BESCREI	ER_BEDEUTU	ER_TYPE	ER_SIGNIF	ER_BEDEUT		
UNESCO-Weltkulturerbe	hoch	1,00	3,00	internationale bedeutung		
Geschützte Stadtgebiete/Bereiche	mittel	2,00	2,00	nationale bedeutung		
Baudenkmäler	niedrig	3,00	1,00	lokale bedeutung		
Sonstige	niedrig	4,00	1,00	lokale bedeutung		
Shapefile CULT_HERT_CAT						
CAT_LABEL	CAT_CODE	CAT_FROM	CAT_TO	FROM_	TO_	
H1	1,00	-9999,99	1,75	-999999,00	175,00	
H2	2,00	1,75	3,25	175,00	325,00	
H5	3,00	3,25	9999,99	325,00	99999,00	
Shapefile CULT_SIG_CAT						
CATEGORY	DESCR	TYPE	SIGN	RADIUS		
HERITAGE1	UNESCO-Weltkulturerbe	1,00	3,00	500,00		
HERITAGE2	Geschützte Stadtgebiete/Bereiche	2,00	2,00	250,00		
HERITAGE3	Baudenkmäler	3,00	1,00	100,00		
HERITAGE4	Sonstige	4,00	1,00	100,00		
Shapefile CULT_IMP_FNC						
WATERDEPTH	FUNC01					
0,00	1,00					
1,00	1,00					
...						
Shapefile CULT_DEF						
WATERDEPTH	EINWIRKUNG					
0,00	0,00					
1,00	1,00					
...						
Shapefile heritage						
OBJECTID_1	Name	Natio_ID	Cult_Typ	RIVER_CAT		
1,00	Rathaus Liedolsheim	3756	4,00	91re		
...						
Wirtschaft/Economie/Economy*						
Shapefile ECONOMY_DEF						
SCHADIGUNG	SCHADIGU_1	FUNKTIONST	Val3	Val4	Val5	Val6
SF_Siedlung	immobil	$y = 2x^2 + 2x$	2,00	0,00	0,00	0,00
SF_Siedlung (35% Wirtschaft, 60% Wohnen, 5% Staat)	mobil	$y = 11.4x + 12.625$	2,00	0,00	0,00	0,00
...						
Shapefile ECONOMY_SHP_IMM_ASS						
Gebiet	Val1	Val2	Val3	Val4	Val5	Val6
Niederlande	221,00	229,00	233,00	6,00	1,00	0,00
...						
Shapefile ECONOMY_SHP_MOB_ASS						
Gebiet	Val1	Val2				
Niederlande	52,00	76,00	FUNC3	FUNC4	FUNC5	
...			0,00	10,00	10,00	
			0,00	10,00	10,00	
Shapefiles "ECONOMY_TAB_IMM_FNC.dbf" and "ECONOMY_TAB_MOB_FNC.dbf"						
WATERDEPTH	FUNC1	FUNC2	0,00	10,00	10,00	
0,00	0,00	0,00				
1,00	0,00	0,00				
....						
*see appendixes 4, 5 and 8 for Land cover shapefiles and specific asset values						

OUTPUT SHAPEFILES (<i>shapefile for "rsc_*.**" (risk) and "mea_*.*" (damage incl. measures)" not represented but similar attributes</i>)						
Mensch/Vie humaine/Mens/Human health						
Shapefile dam_affd						
ADMIN_ID	COUNT	AREA	SCENARIO	CATEGORY	VALUE	
1004	1994	19940000,000000000000		1	-999	95,468600000000
1085	3	30000,000000000000		2	1	8,532570000000
...						
Shapefile dam_hlth						
ADMIN_ID	COUNT	AREA	SCENARIO	CATEGORY	VALUE	
1004	1994	19940000,000000000000		1	-999	397,786000000000
1764	55	550000,000000000000		2	4	3075,110000000000
...						
Umwelt/Environnement/Milieu/Environment						
Shapefile dam_envr						
ADMIN_ID	COUNT	AREA	SCENARIO	CATEGORY	VALUE	
1085	6891	68910000,000000000000		1	-999	2,040890000000
928	2426	24260000,000000000000		2	-999	1,507320000000
1372	954	9540000,000000000000		3	3	3,642820000000
...						
Kultur/Culture/Cultuur						
Shapefile dam_cult						
ADMIN_ID	COUNT	AREA	SCENARIO	CATEGORY	VALUE	
1004	46	460000,000000000000		1	-999	2,32
1085	171	1710000,000000000000		1	-999	3,04
1133	3	30000,000000000000		1	-999	2,83
...						
Wirtschaft/Economie/Economy						
Shapefile dam_econ (dam_econ_lo, dam_econ_me, dam_econ_ex not represented but similar)						
ADMIN_ID	COUNT	AREA	SCENARIO	CATEGORY	VALUE	
1004	1727	17270000,000000000000		1	-999	29175300,00
1004	40	400000,000000000000		1	1	17168600,00
1615	31	310000,000000000000		2	2	31866100,00
...						

Annexe 10 - Relevé des données fournies, informations importantes et restrictions

Données requises et données fournies		Estimation des moyens à investir, restrictions et remarques importantes
Données	qui/ou ?	
Généralités		
Données topographiques	CIPR	De moindre importance pour les calculs.
Frontières administratives/politiques	CIPR	
Kilométrage du Rhin	CIPR	De moindre importance pour les calculs.
Profondeur et probabilité d'inondation		
Rasters d'inondation pour les 3 scénarios ; référence 2015	WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Moyens modérés à investir quand les données sont déjà formatées pour l'Atlas. Problèmes liés aux profondeurs d'inondation fournies par la BfG (différences illogiques constatées pour les zones inondables des 3 scénarios) ; il a fallu corriger les ZI/profondeurs (contrat externe avec le prestataire).
Polygones d'inondation pour les 3 scénarios ; référence 2015	WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Problèmes liés aux profondeurs d'inondation fournies par la BfG (différences illogiques constatées pour les zones inondables des 3 scénarios) ; il a fallu corriger les ZI/profondeurs (contrat externe avec le prestataire).
Probabilités d'inondation - du Rhin alpin à Iffezheim	CIPR	Peu d'indications en amont d'Iffezheim.
Probabilités d'inondation - d'Iffezheim à Lobith	GE HVAL de la CIPR	Relié aux calculs spécifiques et complexes du GE HVAL. La méthodologie HVAL a également ses limites.
Probabilités d'inondation - de Lobith au delta du Rhin	GE HVAL de la CIPR	Relié aux calculs spécifiques et complexes du GE HVAL. La méthodologie HVAL a également ses limites.
Occupation des sols		
CORINE Landcover 1990, 2000, 2006	CIPR/AEE et à l'avenir directement tiré de WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	On a été ici confronté à des problèmes spécifiques, notamment : - des imprécisions avec CLC 1990 par rapport à CLC 2000 et 2006 CLC 2000 und 2006 - des indications insuffisamment précises pour les analyses à petite échelle Différents écarts/incohérences ayant été constatés après réalisation des calculs au niveau de CLC 1990 et de CLC 2000, des calculs complémentaires ont été effectués avec le même jeu de données CLC (CLC 2006) pour l'activité économique sur tous les horizons. A l'avenir, on pourrait également utiliser le nouveau jeu de données CLC 2012.
- des données spécifiques d'occupation des sols pour CH et LI		- pour CH et LI, il a fallu faire appel à des données nationales d'occupation des sols pour quelques jeux de données (pas de données CLC). Il s'agit par ex. des statistiques de la superficie de 1996 (Shapefile) ainsi que de 2002 et de 2008 pour l'occupation des sols au Liechtenstein. Ces données sont gérées par l'Office de la construction et de l'équipement (Amt für Bau und Infrastruktur (ABI)). Pour la Suisse, on a utilisé des données dérivées de CLC (1990 ou 2000 ?) et pour 2006 les données de Atlas du Rhin. (à vérifier avec HKV)
Enjeu 'activité économique'		
Fonctions de dommages de l'Atlas du Rhin 2001	CIPR	En partie dépassées, ce qui peut produire des différences avec les résultats et calculs des Etats sur les dommages (par ex. BW, LI).
Valeurs patrimoniales spécifiques de l'Atlas du Rhin 2001	CIPR	En partie dépassées, ce qui peut produire des différences avec les résultats et calculs des Etats sur les dommages (par ex. BW, LI).
Croissance économique/indice des prix à la consommation (entre autres pour le scénario 2020/2020+)	Etats/Länder	Pas disponible partout sous forme détaillée. Il est souhaité que les valeurs patrimoniales spécifiques pour le Liechtenstein, qui ont été calculées sur la base des parités de pouvoir d'achat soient redéfinies et recalculées à l'avenir, car elles ont été placées très haut comparées à celles de la Suisse (espace économique commun) et de l'Autriche et sont incorrectes. Pour cette raison, les résultats du Liechtenstein sur l'activité économique ont été retirés des calculs et les données doivent être recalculées à une date ultérieure sur la base des paramètres corrects. Ceci n'était malheureusement pas possible jusqu'à la publication de ce rapport par manque de temps.
Enjeu 'santé humaine'		
Habitants pour les 3 scénarios ; référence 2013/2014	WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Problème avec la géométrie des données de l'Atlas. Moyens modérés à investir quand les données sont déjà formatées pour l'Atlas. Les données démographiques concernant la France, le Liechtenstein et éventuellement la Suisse n'ont pas pu être prises en compte dans les calculs actuels (mise à jour : 2016).
Évolution démographique pronostiquée	Offices statistiques des Etats/Länder	
Taux d'évacuation	Etats/Länder	Pas disponible partout sous forme détaillée ; estimation en partie approximative.
Enjeu 'patrimoine culturel'		
Patrimoine culturel (Shp-Files)	WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Moyens modérés à investir quand les données sont déjà formatées pour l'Atlas. L'estimation de la zone d'impact reste (très) qualitative pour les 4 types de biens patrimoniaux culturels. Quelques incohérences entre les Etats lors de la fourniture des données : le Liechtenstein par exemple a, contrairement à la Suisse, remis un jeu de données ponctuelles, LI ne disposant pas de représentation surfacique. Cette plus grande précision et probablement aussi une approche un peu différente pour déterminer un bien culturel entraîne une désignation de biens culturels supérieure à la moyenne. Pas de données pour FR.
Enjeu 'environnement'		
Zones de protection de l'eau potable/des captages (Shp-Files)	CIPR (DCE)/WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Moyens modérés à investir quand les données sont déjà formatées pour l'Atlas. Les zones de captage d'eau potable en France n'ont pas été prises en compte dans les calculs actuels (mise à jour : 2016). LI n'a pas fourni de données sur ce point.
Zones protégées FFH	CIPR (DCE)/WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Moyens modérés à investir quand les données sont déjà formatées pour l'Atlas. LI n'a pas fourni de données sur ce point.
zones de protection des oiseaux	CIPR (DCE)/WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Moyens modérés à investir quand les données sont déjà formatées pour l'Atlas. Les zones de protection des oiseaux n'ont pas été prises en compte dans les calculs actuels (mise à jour : 2016). LI n'a pas fourni de données sur ce point.
Installations classées (Shp-Files) et/ou secteurs d'établissement SEVESO (Shp-Files)	CIPR (DCE)/WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Moyens modérés à investir quand les données sont déjà formatées pour l'Atlas. L'estimation de la zone d'impact reste (très) qualitative (voir commentaire BW b) ci-dessous). BW : BW ne fait pas de différence dans ses données entre les installations classées (IVU) et les installations SEVESO et mentionne les remarques suivantes sur les installations SEVESO : a) « l'expression « installation SEVESO » n'existe pas ; il ne s'agit pas non plus d'installations mais de secteurs d'établissements ; supprimer complètement l'expression étant donné que les seuils quantitatifs de la directive SEVESO ne constituent qu'un des critères ayant mené à la sélection des installations classées en Allemagne (IVU). Une installation classée (IVU) est une installation à laquelle on attribue généralement un risque environnemental (eau, sol, air, déchets) en mode de fonctionnement normal. Un secteur d'établissement SEVESO se compose de plusieurs installations (qui ne sont cependant pas traitées comme des unités spécifiques par la directive Seveso III) et il est attribué à ce secteur un risque particulier d'accident majeur (incendie accidentel, explosion, dégagement de substances dangereuses) ». b) « la mise en relation d'établissements « Seveso I » et « Seveso II » avec les zones d'impact de 20 et de 50 km ne s'explique pas. La propagation de polluants en cas de crue dépend tout particulièrement des propriétés des substances, de l'emballage, des conditions de stockage et de défaillance des dispositions de protection. »
Stations d'épuration (Shp-Files)	CIPR/AEE (ou banques de données nationales)	Non disponibles dans l'Atlas du Rhin. Le jeu de données a été généré à partir de différentes sources (première approche, éventuellement incomplète). L'estimation de la zone d'impact reste (très) qualitative (voir commentaire BW b) ci-dessus).
Tronçons en bon ou très bon état écologique (selon la DCE).	CIPR (DCE)/WasserBlick	Données tirées du volet DCE.
Mesures/indicateurs (voir également tableau séparé et détaillé ...)		
Impact des mesures	Bibliographie/CIPR/HKV	Les effets restent encore marqués d'une empreinte « qualitative ». Principales sources : brochure CIPR sur l'efficacité des mesures 2002, différentes sources biblio. sur l'analyse des risques et jugements d'experts. Problème: le choix d'autres effets peut modifier sensiblement les calculs et les résultats (écarts).
Réalisation des mesures (sauf celles d'abaissement des niveaux d'eau), géoréférencé.	Etats/Länder	La réalisation est en partie encore à caractère « qualitatif » et peut être interprétée et indiquée très différemment selon les Etats (les données sont hétérogènes). On relève de grandes différences entre les Etats/Länder au niveau de la disponibilité des données. Pour certaines mesures, tous les Etats ont des données, pour d'autres, elles sont plutôt rares. Pour DE, seul BW a fourni des données jusqu'à présent. Le renseignement des masques de données pose problème. Les données ont souvent été communiquées sous forme de tableaux Excel. Il en résulte un travail important de traitement des données pour l'outil.
Mesures d'abaissement des niveaux d'eau	Etats/Länder/HVAL	Voir plus haut « Probabilités d'inondation » Données fournies principalement par HVAL. La méthodologie HVAL a également ses limites.
Dispositifs de protection contre les inondations	WasserBlick/Atlas du Rhin 2015	Pris en compte avec la subdivision « endigué/non endigué » ; le degré de protection contre les inondations pourrait également être indiqué/pris en compte à l'avenir au travers du niveau de protection contre les inondations et de son évolution (à exprimer idéalement par des récurrences).

Annexe 11 - Relevé des données fournies sur les indicateurs

Les délégués ont communiqué des données sur les indicateurs définis (voir chapitre 4) pour le calcul de l'effet des mesures (sauf les mesures traduites par la modification des probabilités). Le tableau ci-dessous présente une vue d'ensemble de ces données. Des informations et des remarques sur ces données figurent dans les annexes 10 et 12.

Tableau : données fournies par les Etats/Länder sur les indicateurs

Indicateurs		Etats/Länder					
N°	Désignation	A	CH	D	FR	FL	NL
enjeu 'activité économique' & 'patrimoine culturel'							
I.1.1	Préservation des surfaces	+	+	+	+	¹⁹	+
I.3.1	Mode de construction adapté au risque d'inondation	+	+	-	+	¹⁹	+
I.3.2	Protection technique des bâtiments	+	+	-	+	-	+
I.3.3	Stockage adapté	+	-	-	+	-	-
I.4.1	Campagnes d'information/CZI	+	+	+	+	+	+
III.1.1	Prévision	+	+	+	+	+	+
III.2.1	Avertissement, etc.	+	+	+	+	+	+
enjeu 'environnement'							
I.3.2	Protection technique des bâtiments	²⁰	-	+	+	²¹	+
I.3.3	Stockage adapté	²⁰	-	+	+	-	+
taux de mise en sûreté							
Santé humaine							
1995		20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	76%
2020+		80%	80%	80%	80%	80%	86%

De nombreuses données ont été communiquées pour les indicateurs concernant les enjeux 'activité économique' et 'patrimoine culturel'. Seuls les indicateurs relatifs à la prévention en matière de construction n'ont souvent pas été renseignés, car les informations requises ne sont disponibles qu'à très petite échelle au niveau des communes ou ne sont pas pertinentes, comme dans le cas de l'indicateur I.3.3 (stockage adapté au risque d'inondation) aux Pays-Bas.

Les données autrichiennes font une distinction entre nouvelles constructions et bâtiments existants pour l'indicateur 'prévention en matière de construction' (I.3.1 à I.3.3).

Pour les indicateurs concernant l'enjeu 'environnement', seuls l'Allemagne (Bade-Wurtemberg), la France et les Pays-Bas ont fourni des données. Les Pays-Bas n'ont toutefois communiqué que des zéros, c'est-à-dire aucune information concrète, pour

¹⁹ I.1.1 et I.3.1 : ces mesures existent au FL. Il n'y a cependant pas de jeux de données, étant donné que, comme dans la plupart des Etats, il n'existe pas de prescriptions pour les crues extrêmes. Aucune surface n'est touchée par les crues fréquentes, il ne peut donc pas en être indiqué.

²⁰ Il existe en Autriche des installations équipées de dispositifs techniques de protection contre les inondations. Étant donné que le taux de protection n'a pas été indiqué, les données n'ont pas été utilisées pour les calculs.

²¹ I.3.2 (environnement) : il n'y a pas d'installation classée ou SEVESO au Liechtenstein. Ce qui signifie que les données n'ont pas été fournies. Il existe une seule station d'épuration touchée en cas de HQ ext et qui ne peut pas être suffisamment protégée pour ce type de crue.

l'indicateur I.3.2 'protection technique des bâtiments' et la France pour l'indicateur I.3.3 'stockage adapté au risque d'inondation'. L'indicateur I.3.3 a été interprété un peu différemment des autres Etats aux Pays-Bas. Le recensement ne s'est pas ici limité à indiquer si des substances dangereuses pour les eaux étaient stockées selon un mode adapté mais a également porté sur la présence ou non de plans d'alerte et d'intervention dans les entreprises (voir HKV, 2015).

Alors que tous les autres Etats/Länder ont soumis leurs données dans des tableaux Excel, les Pays-Bas les ont communiqués directement sous forme de Shape-Files pour chaque horizon. Le prestataire a fixé à la fois le format du tableau Excel et celui des Shape-Files.

D'autres remarques sur les données figurent dans les tableaux d'indicateurs fournis par les Etats (disponibles auprès du secrétariat de la CIPR).

Explication sur l'indicateur I.1.1 (préservation des surfaces) enjeu 'activité économique' et 'patrimoine culturel'

Il est indiqué pour l'indicateur I.1.1 'préservation des surfaces' sous forme de pourcentage le nombre de plans d'urbanisme contenant des obligations de protection contre les inondations par surface bâtie dans les différentes communes. Les indications suisses font exception à la règle. Ici, le pourcentage se réfère à la surface bâtie touchée par les inondations. Quand sont indiquées des règles de construction pour le scénario 2020+, on part du principe que des restrictions seront également décrétées à l'avenir sur le mode de construction (adapté au risque d'inondation) pour les crues extrêmes.

Aux termes de l'art. 76 de la WHG du 22.12.2013, l'Allemagne et le Bade-Wurtemberg définissent des zones inondables dans lesquelles s'appliquent des règles figurant à l'art. 78 de la WHG, dont l'impact est déterminant sur les plans d'urbanismes dans ces zones. Les mesures pertinentes pour l'indicateur I.1.1 vont donc être mises en œuvre à grande échelle au Bade-Wurtemberg à partir de 2014. Etant donné que les règles de construction n'abaissent pas le risque d'inondation actuel mais freinent la croissance des risques potentiels, l'effet des mesures est une fonction sur l'axe 'temps'. L'outil d'identification de la CIPR se fondant sur une mise en œuvre de mesures à partir de 1995 à l'échelle du bassin, les degrés de réalisation au Bade-Wurtemberg ont été adaptés au sens d'une baisse de pourcentage (voir tableau ci-dessous) dans les calculs.

Tableau : degré de réalisation adapté de l'indicateur I.1.1 pour le Bade-Wurtemberg

Degré de réalisation (R) (à titre d'exemple pour une commune du BW)

Scénario	1995	2005	2014	2020	2020+
HQ ₁₀	0	0,2	1	1	1
HQ ₁₀₀	0	0,05	1	1	1
HQextrême	0	0	0,1	0,1	0,1

Adaptations du degré de réalisation

Scénario	1995	2005	2014	2020	2020+
HQ ₁₀	aucune adapt.	aucune adapt.	R*0,25	R*0,5	R*0,75
HQ ₁₀₀	aucune adapt.	aucune adapt.	R*0,25	R*0,5	R*0,75
HQextrême	aucune adapt.	aucune adapt.	R*0,25	R*0,5	R*0,75

Explication sur les indicateurs I.3.2 (protection technique des bâtiments) et I.3.3 (stockage adapté au risque d'inondation) de l'enjeu 'environnement'

Les Pays-Bas ont fourni un Shape-File point pour l'indicateur I.3.3 ; la France et l'Allemagne (Bade-Wurtemberg) ont également communiqué des données dans le tableau Excel pour lesquelles un positionnement des installations à risque s'impose (cf. ci-dessous « Traitement des données - Indicateurs pour l'enjeu 'environnement' »).

Traitement des données - Indicateurs pour les enjeux 'activité économique' et 'patrimoine culturel'

Les Shape-Files polygone ont été générés sur la base des informations figurant dans les tableaux xls (à l'exception des Pays-Bas) ; par le biais de l'attribut 'nom de la commune', les informations sont rattachées aux limites administratives dans le système SIG à l'aide de la fonction JOIN. Les valeurs inscrites ont parfois été modifiées par changement des fonctions de champ (attribut nom de champ) et des paramètres (OUI = 1, NON = 0).

Conformément aux décisions prises au sein de la CIPR, les données du Bade-Wurtemberg ont été reprises pour l'Allemagne. Les Shape-Files générés et déjà existants des Pays-Bas ont ensuite été rassemblés.

Le résultat se présente sous forme de Shape-Files polygone pour tous les horizons et indicateurs, parfois différenciés pour les trois scénarios HQ10, HQ100 et HQextrême.

Traitement des données - Indicateurs pour l'enjeu 'environnement'

Les données du Bade-Wurtemberg et de France ont dû être géoréférencées dans un premier temps. On disposait donc dans une première étape d'un Shape-File sous forme de points pour ces deux pays et les Pays-Bas avec les attributs correspondants pour les indicateurs I.3.2 'Protection technique des bâtiments' et I.3.3 'stockage adapté au risque d'inondation'.

Pour calculer la réduction du risque de l'enjeu 'environnement', nous avons cependant besoin d'un Shape-File polygone avec la surface protégée par des systèmes mobiles ou sur laquelle a lieu un stockage adapté aux inondations. Un Shape-File polygone est généré par ajout d'une zone tampon autour de l'installation dangereuse.

Il n'est pas possible de reporter les données de BW à l'ensemble du bassin allemand du Rhin pour les indicateurs de l'enjeu 'environnement' du fait de la localisation spécifique des installations dangereuses.

Annexe 12 - Détails et informations complémentaires sur la fourniture des données nationales sur les indicateurs

Indicateur	Moyens à investir pour obtenir les données			Effets constatés sur le risque (pertinence de l'indicateur pour le Rhin/le bassin du Rhin)		DE (BW)	FR	NL	CH	AT	LI	Légende : Vert : données fournies En jaune : données fournies en partie Rouge : aucune donnée fournie
	Élevé	Moyen	Faible	Élevé	Faible à moyen							
I.1.1 Règles et plans d'urbanisme							Uniquement des données pour HQ100 Strasbourg et futur.		Très détaillé			Principalement fondé sur la zone en bleu et des degrés spécifiques de réalisation I.1.1 : degré de mise en œuvre en partie défini ; le degré de réalisation pour les nouvelles constructions s'écarte de celui du bâti en place.
I.1.2 Préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée (France = PPRi)	Recensé par des données CLC.					Recensé par des données CLC.						
I.3.1 Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation							Peu d'informations et uniquement pour Strasbourg et futur.	Cette mesure n'a pas été recensée (valeurs = 0).	Indications uniquement pour le futur.			Pour I.3.1 : dépend de la manière dont les mesures de sensibilisation contribuent à la disposition à investir dans la protection. Si les personnes concernées y sont perceptibles, on peut imaginer un nombre plus élevé de bâtiments adaptés. Le degré de réalisation pour les nouvelles constructions s'écarte de celui du bâti en place.
I.3.2 Protection technique des bâtiments (au sein de la zone inondable) - patrimoine culturel, activité économique - environnement (installations classées, STEP, ...)							Pour ménages/communes/patrimoine culture/économie : difficile Pour l'industrie (environnement), informations détaillées	Informations communiquées mais uniquement sous forme d'estimations.	Cette mesure ne concerne pas l'adaptation au niveau des ménages, du patrimoine culturel et des installations classées.	Uniquement pour l'enjeu 'activité économique' et infos uniquement pour le futur.		Pour I.3.2 : potentiel similaire pour les biens existants comme dans le secteur des ménages. Certaines entreprises font d'elles-mêmes beaucoup pour protéger leurs installations car un arrêt de la production occasionnerait des coûts élevés. Ici, si la communication du risque rencontre un écho favorable, le degré de mise en œuvre peut également être similaire à celui attendu dans le secteur des ménages. AT part plutôt du principe que celui-ci est un peu plus élevé (voir point I.3.1), car les coûts d'un arrêt de la production peuvent facilement être mis en comparaison avec les coûts des mesures de protection des bâtiments.
I.3.3 Adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux au risque d'inondation - patrimoine culturel, activité économique - environnement (installations classées, STEP, ...)							Pour ménages/communes/patrimoine culture/économie : difficile Pour l'industrie (environnement), informations détaillées	Informations communiquées mais il s'agit ici d'une mesure de protection technique s'étendant à l'ensemble de la zone.	Uniquement pour les installations classées.			Pour I.3.3 : L'estimation indiquée au point I.3.1 peut être reprise ici.
I.4.1 Mise à disposition de cartes des zones inondables et de cartes des risques d'inondation et sensibilisation à la prévention individuelle, information et préparation aux inondations												Pour I.4.1 : CZJ et CRI ne sont disponibles que depuis la rédaction du PGRI (version 2014). Cependant, il existait déjà auparavant des analyses hydrologiques et des scénarios de rupture de digues permettant d'estimer les dangers sur le Rhin alpin. Entre-temps, les cartes sont remises à jour en continu sur internet après établissement de nouveaux plans de zones de danger et d'analyses hydrologiques. Le public dispose en tout cas d'informations numériques à ce sujet depuis 2014.
II.1 Modification de la probabilité d'inondation						Informations HVAL et H/IRI en amont d'Ilfzheim						
II.2 Prévention des inondations : Adaptation du niveau de protection/restauration de digues						Les dispositifs de protection contre les inondations sont fournis par l'Atlas 2015. Les mesures de protection contre les inondations sont intégrées dans les calculs au travers de la distinction entre « endigué-protégé/non endigué-non protégé » avec différents impacts sur d'autres mesures. NL a communiqué des données sur l'amélioration de la protection contre les inondations.						
III.1.1 Information sur les crues et prévision						Données des centres de prévision des crues						
III.2.1 Avertissement des personnes touchées/plan d'alerte et d'intervention/exercices et formation							Il s'agit de différents types et voies de transmission d'avertissement, cependant à grande échelle et non de manière individuelle.					Pour III.1.2 : on dispose depuis longtemps de plans d'avertissement et d'intervention car ils sont exigés par la législation sur la protection civile. Le niveau de qualité reste cependant encore très variable. Un des objectifs découlant du PGRI est celui visant à créer des standards uniformes que mettraient en œuvre toutes les communes de la même manière. Il existe en tout cas pour le Rhin alpin un guide d'intervention.
Observation générales par Etat						Les données de BW ont été reportées aux autres Länder fédéraux. Voir observations supplémentaires dans le tableau BW des indicateurs.	Indications uniquement pour la zone à risque « Agglomération strasbourgeoise ».	Recensement de données (mandat spécial confié à HKV). Seul Etat ayant communiqué ses mesures sous forme de Shapefiles.	Voir observations supplémentaires dans le tableau CH des indicateurs.	Transformation de la liste et de la structure des données en mesures définies par HIRI. Shapefile fourni pour la zone bleue (voir précisions dans le tableau AT des indicateurs).		Indications uniquement fournies pour les points I.4.1 et II.1.2. Les points I.1.1 à I.3.3 ne sont pas pertinents pour la source de processus 'Rhin alpin', étant donné que l'on peut exclure une inondation par le Rhin au Liechtenstein sur la période considérée (protection jusqu'à une crue tricentennale).

Annexe 13- Matrice d'interdépendance (zones endiguées et non endiguées)

Interdépendance - zones endiguées

		Protégé par systèmes techniques (endigué)		Non protégé par systèmes techniques (non endigué)												
						I) Prévention (Prévention des inondations)		II) Protection contre les inondations (HVAL)		III) Préparation aux inondations		1. Information préventive		2. Gestion des catastrophes		
						1. Préservation des surfaces		1. Restauration de la rétention naturelle des eaux		1. Aménagement des cours d'eau		1. Information préventive		2. Gestion des catastrophes		
						Aménagement national et régional du territoire et schémas directeurs d'urbanisme		Dans la plaine alluviale, dans le bassin versant, remise en connexion et reconquête de zones inondables		Aménagement des cours d'eau, cuvettes inondables, gestion du lit majeur en zone fluviale		Information sur les crues et prévision		Avertissement des populations concernées / plans d'alerte et d'intervention (y compris reconstruction) / Exercices / Formation / Reconstructions / Exercices / Evacuation		
						Préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée		Retenues aménagées dans le lit mineur/majeur		Dignes, murs de protection, dispositifs de protection mobiles, talus en bordure de mer et ouvrages spécifiques						
						3. Préparation au maître de construction		Espaces de rétention / ouvrages de retenue aménagés dans le bassin versant		Digues, murs de protection, dispositifs de protection mobiles, talus en bordure de mer et ouvrages spécifiques						
						Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation		Gestion optimisée des ouvrages de retenue (par ex. hydroélectriques) pour la rétention des crues		Entretien/renouvellement d'installations techniques de protection contre les inondations						
						Protection technique des bâtiments		3. Dispositifs techniques de protection contre les inondations								
						Adapté / le stockage de substances dangereuses pour les eaux aux risques d'inondation		4. Aménagement des cours d'eau								
						4. Autres mesures de préparation		5. Autres mesures techniques								
						Mise à disposition de cartes des zones inondables et de cartes des risques d'inondation et sensibilisation à la prévention individuelle, information et préparation aux inondations		6. Autres mesures techniques								
I) Prévention																
(Prévention des inondations)																
1. Préservation des surfaces																
Aménagement national et régional du territoire et schémas directeurs d'urbanisme						Occupation des sols/ prévention des dommages	40%	40%								
Préservation des zones inondables et occupation des sols adaptée						Occupation des sols	100%	100%								
3. Préparation au maître de construction																
Planification, construction et rénovation adaptées aux risques d'inondation						les dommages	35% - h < 2 m (80% dans les caves)	55% - h < 2 m (80% dans les caves)	40	100	90	35	40			
Protection technique des bâtiments						Dommages	90% - non inondé	90% - non inondé	90	100	90	90	95			
Adapter le stockage de substances dangereuses pour les eaux aux risques d'inondation						Dommages	30%	50%	40	100	35	90	35			
4. Autres mesures de préparation																
Mise à disposition de cartes des zones inondables et de cartes des risques d'inondation et sensibilisation à la prévention individuelle, information et préparation aux inondations						(dommages)	5%	10%	40	100	40	95	35			
II) Protection contre les inondations (HVAL)																
1. Restauration de la rétention naturelle des eaux																
Dans la plaine alluviale, dans le bassin versant, remise en connexion et reconquête de zones inondables						Probabilité d'inondation			HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL
2. Régulation du débit																
Retenues aménagées dans le lit mineur/majeur						Probabilité d'inondation			HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL
Espaces de rétention / ouvrages de retenue aménagés dans le bassin versant						Probabilité d'inondation			HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL
Gestion optimisée des ouvrages de retenue (par ex. hydroélectriques) pour la rétention des crues						Probabilité d'inondation			HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL
3. Dispositifs techniques de protection contre les inondations																
Digues, murs de protection, dispositifs de protection mobiles, talus en bordure de mer et ouvrages spécifiques						Probabilité d'inondation			HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL
4. Aménagement des cours d'eau																
Aménagement des cours d'eau, cuvettes inondables, gestion du lit majeur en zone fluviale						Probabilité d'inondation			HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL
5. Autres mesures techniques																
Entretien/renouvellement d'installations techniques de protection contre les inondations						Probabilité d'inondation			HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL	HVAL
III) Préparation aux inondations																
1. Information préventive																
Information sur les crues et prévision						Dommages	15%	20%	40	100	35	90	30	22,5		22,5
2. Gestion des catastrophes																
Avertissement des personnes touchées / Alerta- und Einsatzplanung (incl. Reconstruction) / Exercices / Formation						Dommages	15%	30%	40	100	35	90	30	22,5		

Annexe 14- Explication de la méthode de calcul de l'enjeu 'santé humaine', mesures incluses, à l'exemple d'une cellule

Ex. input	Hauteur d'eau	Digues	EH touchés		MEAS_I11	MEAS_I32	MEAS_I41	MEAS_III11	MEAS_III21
Valeurs	0,195 cm	endigué	EvaMin = 0,75 EvaMax = 0,95		0,95	0,16	Chemin d'accès : 1 1 1 1	Chemin d'accès : 2 2 1 2	Chemin d'accès : 1 1 1 1 2
Ex. output	dam_hlth	dam_affd	Mea_hlth	Mea_affd	i11	i32	i41	iii11	iii21
Valeurs	0,478805	0,119701	0,402196	0,04002	.*	0,16	8	18	10

L'indication « chemin d'accès » se réfère ici aux données d'entrée, c'est-à-dire quel chemin d'accès sera pris dans le diagramme.

L'output « dam_hlth » de l'outil « Damage Assessment » correspond au nombre de personnes touchées par l'inondation par cellule raster dans la zone respective. L'output « dam_affd » correspond au nombre de personnes touchées par cellule raster après évacuation (ici 75% : $0,478805 * (1-0,75) = 0,119701$). Le calcul de l'amélioration potentielle due aux différentes mesures se fait à l'aide de l'output « dam_hlth ». Le résultat par mesure à la date x ($1995 < x < 2020+$) est décrit par Mea_hlth (réduction du nombre de personnes touchées grâce à la mesure i32 ou i11) et Mea_affd (réduction du nombre de personnes touchées après évacuation grâce aux mesures I41, iii11 et iii21).

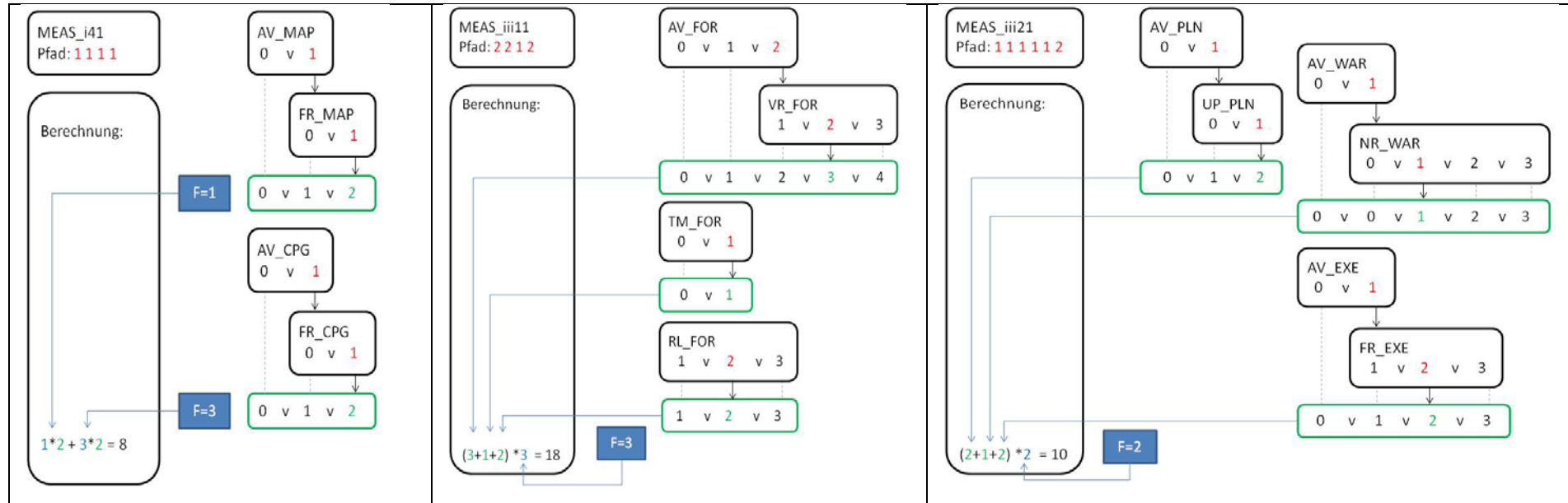
1) Habitants protégés :

$$\left. \begin{array}{l} i32 > 0 \rightarrow i32 \\ i32 < 0 \rightarrow i11 \end{array} \right\} \text{ Valeur} * \text{dam_hlth_ex} = \text{mea_hlth_ex} \Rightarrow i32 = 0,16 > 0 \rightarrow 0,16 * 0,478805 = 0,402196$$

Les mesures i32 et i11 modifient le nombre de personnes touchées. Toutes les autres mesures ont un impact sur les personnes à mettre en sûreté/à évacuer.

* Si l'on combine la mesure i11 avec l'une des deux mesures de prévention en matière de construction, on choisit dans la somme la mesure de prévention en matière de construction.

2) Taux de mise en sûreté :



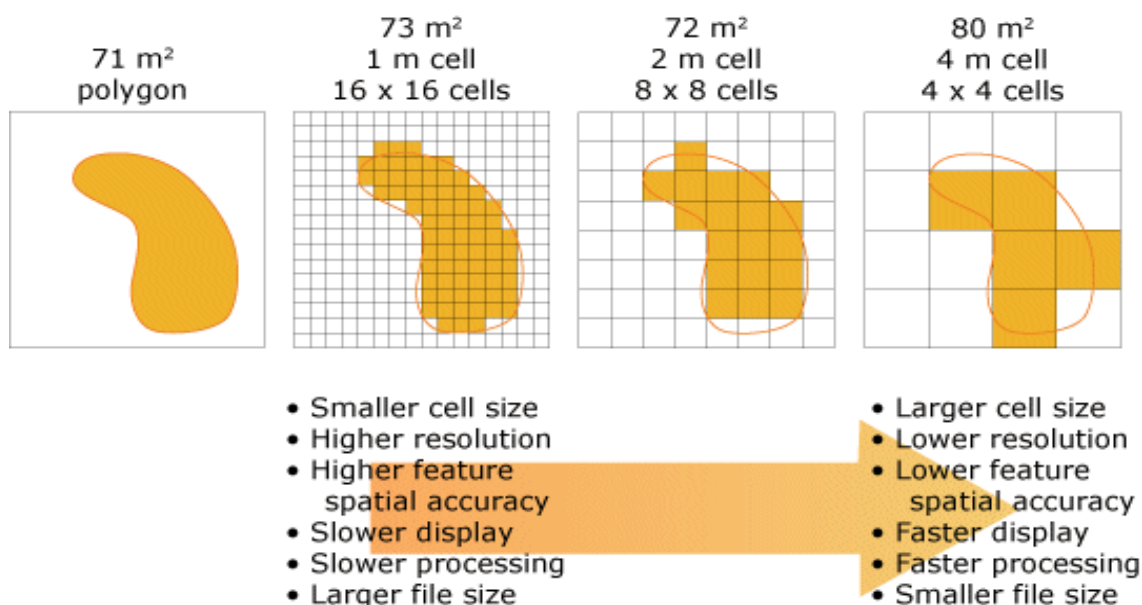
$$EvaMin + (TOTAL (i41, iii11, iii21)) / Points\ max. * \Delta\ Eva = Sr \rightarrow (1 - Sr) * mea_hlth = mea_afd$$

$$\Rightarrow 0,75 + (8+18+10) / 48 * 0,2 = 0,90 \rightarrow (1 - 0,90) * 0,402196 = 0,04002$$

Annexe 15 - Influence de la taille des cellules raster

La taille des cellules raster doit être choisie de manière à ce que la zone soit reproduite avec une précision suffisante sans toutefois dépasser la capacité de mémoire de l'ordinateur.

La figure ci-après montre les avantages et les inconvénients fondamentaux d'une résolution élevée ou faible des cellules raster.



Pour quantifier le temps de calcul nécessaire en fonction de la taille de la cellule raster, on a réalisé à titre d'exemple trois opérations SIG avec différentes tailles de cellules (PC : traitement Dell Latitude E6530 (Intel CPU 64 bits 2,90 Ghz)).

extent	cell size	uncompressed size	tool	processing time
Flussgebiet Rhein	100x100	42 MB	reclassify	12 s
Flussgebiet Rhein	25x25	672 MB	reclassify	70 s
Flussgebiet Rhein	5x5	16410 MB	reclassify	1800 s
Flussgebiet Rhein	100x100	42 MB	times	8 s
Flussgebiet Rhein	25x25	672 MB	times	108 s
Flussgebiet Rhein	5x5	16410 MB	times	2945 s
Flussgebiet Rhein	100x100	42 MB	plus	8 s
Flussgebiet Rhein	25x25	672 MB	plus	110 s
Flussgebiet Rhein	5x5	16410 MB	plus	2917 s

Les résultats montrent une hausse exponentielle du temps de calcul lorsque les cellules sont plus petites. L'outil se composant de 6 à 10 ModelBuilder, il faut encore multiplier le temps de calcul en conséquence.

Bibliographie

BMUB 2015: Hochwasserschutzfibel - Objektschutz und bauliche Vorsorge (5. Auflage) (<http://www.bmub.bund.de/themen/bauen/bauwesen/gesetzgebung-und-leitfaeden/leitfaeden/hochwasserschutzfibel/>)

Bubeck (2012): Detailed insights into the influence of flood-coping appraisals on mitigation behavior

Buck, W.; Kron, A.; Wetzel, A. (2007): Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für das Vorhaben Sturmflutschutz Greifswald (im Auftrag des Staatlichen Amtes für Umwelt und Natur Rostock, unveröffentlicht)

CIPR (1998) : Plan d'Action contre les Inondations (PAI) (1998) et Bilan de la mise en œuvre du PAI de 1995 à 2005 (brochure et rapport CIPR n° 157)

CIPR (2001) : Atlas du Rhin 2001 et document de base pour l'élaboration de l'Atlas « Übersichtskarten der Überschwemmungsgefährdung und der möglichen Schäden bei Extremhochwasser am Rhein - Vorgehensweise zur Ermittlung der überschwemmungsgefährdeten Flächen sowie Vorgehensweise zur Ermittlung der Vermögenswerte » (Cartes générales du risque d'inondation et des éventuels dommages en cas de crue extrême sur le Rhin - procédure de détermination des surfaces les plus exposées au risque d'inondation et des valeurs patrimoniales - document uniquement disponible en allemand)

CIPR (2002) : Prévention du risque de dommages liés aux inondations : mesures générales et leur efficacité (et études partielles/études à la base de cette publication)

CIPR (2006) : Instruments d'identification de la réduction des risques de dommages - Identification de l'efficacité des mesures de réduction des risques de dommages dans le Rhin à la suite de la mise en œuvre du Plan d'Action contre les Inondations (rapport CIPR n° 156)

CIPR (2011) : Identification de l'efficacité des mesures de réduction des niveaux de crue extrêmes à la suite de la mise en œuvre du Plan d'action contre les inondations 1995–2010 et prévisions pour 2020 et 2020+ (rapport CIPR n° 199)

CIPR (2011) : Bilan synthétique de la mise en œuvre du PAI 1995 - 2010 (rapport CIPR n° 200)

CIPR (2013) : Le Rhin et son bassin : un survol

CIPR (2015) : Atlas du Rhin 2015 (lien : http://geoportal.bafg.de/mapapps/resources/apps/ICPR_FR/index.html?lang=en)

CIPR (2015) : Estimation de la modification de probabilité due aux mesures de réduction des crues le long du Rhin (rapport CIPR n° 229).

CIPR (2016) : Rapport de synthèse « Identification de la réduction des risques d'inondation (Plan d'Action contre les Inondations, objectif opérationnel n° 1) compte tenu des types de mesures et des enjeux visés par la directive 2007/60/CE (DI) » (rapport CIPR n° 236, 2016)

CIPR (2016 ; document interne) : User's guide to the ICPR GIS Instrument for evaluating the reduction of the risk of flooding taking into account the protection objectives in accordance with Floods Directive

- Defra (2006): Flood Risks to People, Phase 2. London, UK: Defra (Joint Defra/EA Flood and Coastal Erosion Risk Management R&D Programme; R&D Technical Report FD2321/TR2)
- Dassayanake (2012): XtremRisk – Evaluation of Cultural Losses, Leichtweiß-Institute for Hydraulic Engineering and Water Resources, Technische Universität Braunschweig (https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/hyku-xr/43_dassanayake_et_al_xtremrisk_evaluation_of_cultural_losses.pdf)
- EU Commission (2013): Guidance for Reporting under the Floods Directive (2007/60/EC) - Guidance Document No. 29 (Technical Report - 071): A compilation of reporting sheets adopted by Water Directors (table 10.3-2),
Link: http://icm.eionet.europa.eu/schemas/dir200760ec/resource_s
- HKV (2006): Leidraad normering compartimenteringsdijken (sur mandat de la STOWA, rapport, non publié)
- HKV Hydrokontor GmbH (2012): Entwicklung einer Methodik zur mesoskaligen Schadenspotentialanalyse für Mecklenburg-Vorpommern (im Auftrag des Staatlichen Amtes für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg) (non publié)
- HKV (2015): Aufbereitung der Wassertiefenraster für die Berechnungen der EG-HIRI (im Auftrag von RWS)
- HKV (2016): Mise au point d'un outil permettant d'identifier la réduction des risques d'inondation, compte tenu des types de mesures et des enjeux visés par la directive 2007/60/CE (établissement du PGRI du DHI Rhin) et calculs d'identification de la réduction des risques de dommages liés aux inondations (Plan d'Action contre les Inondations (PAI), 1^{er} objectif opérationnel), rapport final technique interne.
- IKSE (2003): Aktionsplan Hochwasserschutz Elbe. Magdeburg: Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, <http://www.ikse-mkol.org>
- LAWA-Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2013): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen (http://www.lawa.de/documents/Empfehlungen_zur_Aufstellung_von_HWRMPL_mit_Anlagen_563.pdf)
- Jüpner R. : Information interne (disponible auprès de HKV)
- Jonkman (2007): Loss of life estimation in flood risk assessment: Theory and applications. Delft: (Technische Universiteit Delft, Dissertation)
- Kreibich et al. (2005): Flood loss reduction of private households due to building precaution measures - lessons learned from the Elbe flood in August 2002 (Natural Hazards and Earth System Science, Vol. 5)
- Maijala (2001): RESCDAM, Development of Rescue Actions Based on Dam-Break Flood Analysis, Final Report, Grant Agreement No Subv 99/52623. Helsinki: Finnish Environment Institute
- Messner et al. (2006): Guidelines for socio-economic flood damage evaluation (FLOODsiteReport Nr. T9-06-01)
- Wind et al. (1999): Analysis of flood damages from the 1993 and 1995 Meuse floods (Water Resources Research, Vol. 35, No 11)