



Etat du Valais - 3ème Correction du Rhône

**Dégâts potentiels en cas
d'inondation du Rhône – Analyse
selon EconoMe**

Rapport d'étude

3833 | Version 0.2 | 15.06.2018

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION - OBJECTIFS.....	1
2.	DÉMARCHE	1
3.	ANALYSE DES DANGERS.....	2
3.1.	Processus de danger	2
3.2.	Méthodologie d'élaboration des cartes d'intensité pour l'état actuel	2
3.2.1.	Scénarios de danger	2
3.2.2.	Découpage des cartes par MP/MA	4
3.3.	Méthodologie d'élaboration des cartes d'intensité pour l'état après réalisation des mesures.....	5
3.3.1.	Démarche générale.....	5
3.3.2.	Scénarios de danger et méthodologie d'élaboration des cartes d'intensité.....	7
4.	ESTIMATION DES DÉGÂTS POTENTIELS	9
4.1.	Méthodologie	9
4.1.1.	Paramètres de calcul des dégâts potentiels selon EconoMe	9
4.1.2.	Formules de calcul selon EconoMe	11
4.2.	Objets considérés.....	11
4.2.1.	Objets généraux	11
4.2.2.	Objets spéciaux (grands sites industriels).....	13
5.	RÉSULTATS.....	16
5.1.	Résultats pour le Rhône complet	16
5.2.	Résultats par MP/MA	17
6.	CONCLUSION	20

TABLE DES ILLUSTRATIONS

<i>Figure 1 : Simplification de la méthodologie pour l'élaboration des cartes de danger après réalisation des MP...</i>	6
<i>Figure 2 : probabilité d'occurrence spatiale $p(rA)$, selon EconoMe</i>	9
<i>Figure 3 : bâtiments du site industriel pris en compte dans l'analyse (site Lonza).....</i>	14
<i>Figure 4 : Positionnement de l'objet spécial « Point » et zones d'intensité pour chaque scénario</i>	15

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : valeurs de probabilité d'occurrence spatiale $p(rA)$ – en gras les valeurs utilisées dans la présente étude</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 2 : Liste des objets pris en compte pour la présente étude (en gras : valeurs estimées par FLEX, les autres valeurs sont celles définies par défaut dans EconoMe)</i>	<i>12</i>
<i>Tableau 3 : Sites industriels pris en compte dans la présente analyse</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 4 : Dégâts potentiels actuels annualisés sur tout le Rhône</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 5 : Dégâts potentiels annualisés sur tout le Rhône après réalisation du PA-R3</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 6 : Coûts des mesures et indice de rentabilité du PA-R3 sur tout le Rhône.....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 7 : Dégâts potentiels actuels non annualisés sur tout le Rhône (par scénario).....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 8 : Dégâts potentiels après PA-R3 non annualisés sur tout le Rhône (par scénario)</i>	<i>17</i>
<i>Tableau 9 : Résultats par MP/MA pour les dégâts potentiels actuels annualisés</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 10 : Résultats par MP/MA pour les dégâts potentiels annualisés après mesures.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 11 : Coûts des mesures et indice de rentabilité par MP/MA.....</i>	<i>19</i>

RÉFÉRENCES

- [1] Cantons du Valais et Vaud – 3^{ème} Correction du Rhône – Analyse EconoMe de la 3^{ème} Correction du Rhône dans le Chablais - Analyse EconoMe entre Massongex / Bex et le Léman – Stucky – 9 janvier 2014
- [2] Projet Rhône – PA-R3 – Produit 2.2 - Synthèse et mise à jour des bases – Géotechnique – Groupement GR³ – 30.12.2008
- [3] OFROU – Etude d'ensemble des dangers naturels et risques liés au Rhône pour l'autoroute A9 – Calcul des risques globaux – Phase B – Stucky-BG – 17 mars 2014
- [4] Modèles hydrauliques-numériques bidimensionnels et Carte de danger du Rhône – NiPo – Juillet 2011
- [5] Modèle HEC-RAS du Rhône actuel à l'amont du Léman, Niederer et Pozzi (2010), Version de décembre 2015 avec relevés OFEV 2010.
- [6] Projet Rhône – PA-R3 – Produit 2.3 - Synthèse et mise à jour des bases – Dangers et dégâts potentiels – Groupement GR³ – 02.04.2007

1. INTRODUCTION - OBJECTIFS

La présente étude a pour but d'estimer les dégâts potentiels en cas d'inondation du Rhône ainsi que l'indice de rentabilité du PA-R3, selon la méthodologie officielle de l'OFEV EconoMe, sur l'ensemble de la plaine valaisanne de Brig au Léman. L'étude se base sur la carte des dangers actuelle [4].

Les dégâts potentiels par Mesures Prioritaires et Anticipées (MP/MA) seront également calculés, selon une méthodologie développée par le groupement FLEX, consolidée avec l'OFEV, et décrite dans les sections qui suivent.

2. DÉMARCHE

EconoMe est un outil mis à disposition par l'OFEV dans le but de permettre la comparaison de l'efficacité économique entre différents projets liés à la gestion des risques naturels et faciliter ainsi l'analyse de l'opportunité des mesures de protection. Le calcul de l'effet des mesures envisagées dans le cadre d'un projet (efficacité) et le calcul de la rentabilité de ces mesures (efficacité) sont au centre de la démarche.

La démarche générale d'EconoMe inclut les étapes de traitement suivantes :

1. Création du projet
2. Description du projet : informations générales sur le projet (titre, canton, communes, processus de danger impliqués, responsables du projet, etc.)
3. Analyse des dangers et définition des scénarios : c'est dans cette étape que l'utilisateur définit les scénarios d'inondation impliqués pour chaque processus d'inondation ainsi que les caractéristiques pour chacun (cartes d'intensité, facteurs de calcul, etc.)
4. Dommages potentiels dans le périmètre considéré : tous les objets menacés dans le périmètre d'inondation sont recensés.
5. Analyse des conséquences : pour chaque scénario et chaque processus les objets menacés à l'état actuel sont quantifiés en fonction de l'intensité.
6. Définition des mesures de protection : l'ensemble des travaux de protection doivent être insérés dans cette étape avec le coût (investissement + entretien) que cela engendre.
7. Analyse des conséquences une fois la mesure prise : pour chaque scénario et chaque processus les objets menacés après réalisation de la mesure sont quantifiés.
8. Calcul de la rentabilité du projet : en fonction de la réduction des dommages potentiels et du coût des mesures de protection, l'outil calcule le rapport utilité/coûts du projet qui sera utilisé pour estimer sa rentabilité.

3. ANALYSE DES DANGERS

3.1. Processus de danger

Les processus de danger proposés par l'outil EconoMe sont les suivants :

- Avalanche
- Chute de pierres et de blocs
- Eboulement
- Glissement permanent
- Coulée de boue / glissement spontané
- Lave torrentielle / écoulement
- Inondation statique
- Inondation dynamique

La méthodologie générale établie dans le cadre de l'analyse EconoMe sur le Chablais [1] a été reprise dans la présente étude. Les processus d'inondation impliqués sont les suivants :

- **Inondation par rupture de digue** : ce processus concerne la bande de concentration de vitesses d'inondation élevées (bande 7a) le long des digues où un risque de rupture a été identifié. Ce phénomène a été assimilé dans [1] à un processus de type « lave torrentielle » dont le niveau de destruction est plus proche de la rupture de digue que celui du processus « inondation dynamique ». Nous avons repris cette approche mais avons modifié les valeurs du facteur $p(rA)$ (voir plus loin au § 4).
- **Inondation dynamique** : ce processus concerne les surfaces dans la plaine (hors bande 7a) où les eaux de débordement sont mises en vitesse (passages sous voie, canaux, etc.) – paramètre $v \times h > 2\text{m}^2/\text{s}$
- **Inondation statique** : ce processus concerne toutes les autres surfaces de la carte de danger qui correspondent donc à des écoulements sans vitesse significative ($v \times h < 2\text{m}^2/\text{s}$).

3.2. Méthodologie d'élaboration des cartes d'intensité pour l'état actuel

3.2.1. Scénarios de danger

La détermination des dégâts potentiels selon la méthodologie EconoMe, requiert les cartes d'intensités pour des crues de 3 probabilités d'occurrence différentes (scénario fréquent, rare et très rare).

La carte de danger du Rhône existante [4] se base sur les crues Q100 et Qext. Ces 2 scénarios couvrent les probabilités d'occurrence rare et très rare. Aucune carte d'intensité pour une crue de fréquence inférieure à Q100 n'existe pour le Rhône. Pour le scénario fréquent, nous avons donc dû élaborer une carte d'intensité, le temps de retour choisi est Q50. Compte tenu de l'ampleur de la zone d'inondation du Rhône, des simplifications de modélisation ont dû être concédées. La démarche générale permettant de déterminer la

hauteur/intensité d'inondation dans chaque « casier hydraulique » touché par une inondation lors de la crue Q50 se basant sur le niveau du terrain et le niveau d'inondation lors de la crue Q50 en différenciant plusieurs cas est décrite ci-dessous. La méthodologie complète avec une description des hypothèses admises est présentée dans l'annexe 5.

1. Déterminer les scénarios déterminants par casier lors de la crue Q50 :
Scénario 1 : le casier n'est pas touché par une rupture de digue ou un débordement du Rhône mais par un risque de refoulement du Rhône par le(s) canal(aux) drainant la plaine ou par un (des) affluent(s).
Scénario 2 : le casier est touché par une rupture de digue ou un débordement du Rhône.
2. Pour le scénario 1, l'inondation dans la plaine a lieu si le niveau d'eau Q50 dans le Rhône à l'embouchure du canal/affluent déterminé par le modèle HEC-RAS [5] est supérieur au niveau du terrain de la plaine (cas 1).
3. Pour les casiers touchés par une rupture de digue (scénario 2), un bilan des volumes d'eau déversés dans chaque casier a été effectué.
 - a. Déterminer le volume entrant dans le casier par une rupture de digue sur la base de la crue Q100 : hypothèse prise : le débit déversé lors d'une crue Q100 (issu de la modélisation 2d) = $2.5 \times$ débit lors d'une crue Q50. Le facteur de 2.5 est déterminé sur la base de 3 scénarios Q50 modélisés en 2d, voir annexe 6.
 - b. Déterminer le volume sortant du casier (passage, canaux, affluents) : sur la base des résultats 2d de la crue Q100 une courbe hauteur d'eau – débit sommaire a été définie
 - c. Comparaison du volume d'inondation avec le volume du casier inondé lors d'une crue Q100
 - Cas 2. Si le volume d'inondation Q50 = volume d'inondation Q100 → l'intensité Q50 = Intensité Q100
 - Cas 3. Si le volume d'inondation Q50 < volume d'inondation Q100 → déterminer le niveau d'inondation avec le volume d'inondation Q50
4. Déterminer le niveau d'inondation (cote) pour la crue Q50 sur la base des niveaux d'eau lors de la crue Q100
 - Cas 2. Carte d'intensité Q50 = Carte d'intensité Q100
 - Cas 3. Une analyse SIG a permis de déterminer le niveau max d'inondation dans le casier, puis une analyse locale avec différentes approches tenant compte de l'hydraulique dans le casier a permis d'obtenir le niveau d'inondation. Ces analyses sont détaillées par casier à l'annexe 10. Pour ce cas, la carte d'intensité est déterminée en soustrayant le niveau d'eau déterminé dans l'étape précédente avec le niveau du terrain du modèle 2d. Par la suite les bâtiments ont été nettoyés des données.

En principe la démarche choisie fournit dans certains casiers une carte de profondeur d'inondation et non d'intensité au sens strict. Pour le scénario Q100, uniquement 3% des surfaces inondées aurait avec cette méthode une intensité trop faible par rapport à l'intensité effective. L'erreur commise par cette simplification est très faible : beaucoup de

ces surfaces sont des canaux, avec aucun potentiel de dégâts supplémentaires ou la différence ne provoque pas de changement de classe d'intensité et ne modifie donc pas le résultat de l'analyse. Par ailleurs, cette méthode ne permet pas de différencier le processus de danger dynamique dans la plaine. Ici aussi, l'erreur acceptée est très faible, les surfaces étant très limitées.

Pour la crue Q100, les résultats de la carte de danger du Rhône existante [4] ont pu être repris. Le processus de danger dans la plaine correspond aux résultats bruts des modélisations et le processus de rupture de digue (lave torrentielle, voir §3.1) à la bande 7a déterminée pour la carte de danger.

Pour la crue Qext, les résultats des modélisations ont dû être traités à nouveau dans le cadre de ce mandat pour déterminer les classes d'intensités. Cela a été fait de manière légèrement différente par rapport à la méthode utilisée pour [4], ici aussi une approche simplifiée a été mise en œuvre via une application de post-processing passant par une rasterisation des données. L'intensité maximale pour tous les scénarios a pu être rapidement déterminée et un nettoyage sommaire du résultat a été effectué.

3.2.2. Découpage des cartes par MP/MA

La détermination des dégâts par MP/MA n'est pas univoque : il n'y a pas une relation « un casier correspond à une MP », certains casiers sont concernés par plusieurs MP. La méthodologie appliquée a permis de qualifier le plus précisément possible ces zones par MP/MA (voir description en annexe 8) :

- Le scénario déterminant a été retenu (ex. Sion) ; si différents scénarios de rupture provoquent un danger analogue, tous ont été retenus (ex. Port-Valais)
- En fonction des données disponibles (modélisation 2d déjà existante), certains casiers ont pu être divisés (p.ex. Martigny-Riddes) par le biais d'une analyse de l'écoulement pour déterminer la limite de l'influence.
- La somme des dégâts par MP est différente du montant des dégâts totaux sur le Rhône complet en raison d'intersections entre les casiers d'inondation des différentes MP.

Les périmètres d'intervention de chaque MP pris en compte dans la présente analyse sont présentés dans le **Tableau 1** ci-dessous.

	Limite aval rive droite (km Rhône)	Limite amont rive droite (km Rhône)	Longueur rive droite (km)	Limite aval rive gauche (km Rhône)	Limite amont rive gauche (km Rhône)	Longueur rive gauche (km)
MA I APROZ	0.0	0.0	0.0	59.1	61.1	2.0
MA I ÎLE FALCON	82.1	83.6	1.5	0.0	0.0	0.0
MA II LEUK + LEUK-RARON A9	90.9	93.2	2.3	90.9	103.9	13.0
MA II LIZERNE	57.6	58.0	0.4	0.0	0.0	0.0
MA II ST-LÉONARD	71.0	72.4	1.4	0.0	0.0	0.0
MP I CHABLAIS	8.8	23.3	14.6	7.8	23.3	15.5
MP I COUDE DE MARTIGNY	35.0	39.5	4.5	35.7	39.5	3.8
MP I FULLY	39.5	46.0	6.5	39.5	46.0	6.5
MP I GAMPEL - STEG	97.1	103.6	6.5	0.0	0.0	0.0
MP I RARON (A9)	0.0	0.0	0.0	103.9	107.3	3.4
MP I RIDDES - CHAMOSON	53.0	54.6	1.6	53.0	54.6	1.6
MP I SIERRE	75.1	79.5	4.3	75.1	80.7	5.5
MP I SIERRE - CHIPPIS	79.5	82.1	2.6	80.7	82.1	1.4
MP I SION - VÉTROZ	57.6	71.0	13.4	57.6	71.0	13.4
MP I TRIENT - NANT DE DRANCE	0.0	0.0	0.0	35.0	35.7	0.7
MP I VISP	107.3	115.5	8.2	107.3	115.5	8.2
MP II ARDON	54.6	57.6	3.0	54.6	57.6	3.0
MP II BRATSCH - LEUK	93.2	97.1	3.9	0.0	0.0	0.0
MP II BRIG - NATERS	115.5	121.7	6.2	115.5	121.7	6.2
MP II GRÔNE	71.0	75.1	4.1	71.0	75.1	4.1
MP II LAVEY - ST-MAURICE	23.3	27.0	3.7	23.3	27.0	3.7
MP II RARON	103.6	107.3	3.7	0.0	0.0	0.0
MP II RIDDES - SAILLON	46.0	53.0	7.0	46.0	53.0	7.0
MP II VERNAYAZ - EVIONNAZ	29.7	35.0	5.4	29.7	35.0	5.4
MP II VOUVRY - PORT-VALAIS	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	7.8

Tableau 1 : périmètre d'intervention des MP/MA pris en compte dans la présente analyse

L'annexe 8 montre, à titre d'exemple, l'attribution des zones d'inondation par MP/MA pour les secteurs de Sion, Chablais et Martigny.

3.3. Méthodologie d'élaboration des cartes d'intensité pour l'état après réalisation des mesures

3.3.1. Démarche générale

Pour le calcul des dégâts potentiels après MP/MA, la démarche qui a été mise en œuvre diffère en fonction du type de mesure.

1. Mesures prioritaires (MP)

Pour les MP, une méthodologie simplifiée a été appliquée. Elle part du principe que pour le calcul des dégâts potentiels de chaque MP, l'ensemble des autres MP amont et aval ont déjà été réalisées. C'est donc la carte de danger résiduel après réalisation du PA-R3 découpée par MP qui a été considérée. Il n'y a donc plus que 2 processus (inondation statique et dynamique, il n'y a plus de risque de rupture de digue) et un seul scénario (Qext) qui ont été considérés. Cette carte a été découpée par MP, de la même manière que la carte des dangers actuelle a été découpée par MP/MA (voir §3.2.2). Cette hypothèse de base peut passablement minimiser l'étendue des dégâts potentiels après réalisation de la MP car elle ne prend pas en considération les surfaces en danger provenant d'inondations survenues le long de MP amont ou aval non encore réalisées. Elle n'est théoriquement valide que dans le cas de MP constituées par un seul casier hydraulique ou si les MP adjacentes sources d'inondations sont réalisées. La **Figure 1** ci-après illustre bien ce phénomène pour la MP I Sion-Vétroz. Cette MP de première priorité sera réalisée avant les MP I Sierre/Chippis, MP I Sierre et MP II Grône se situant à l'amont. On voit clairement sur la **Figure 1** ci-après que les zones d'inondation liées aux MP citées atteignent les surfaces le long de la MP I Sion-Vétroz. Cependant, elles ne sont pas prises en compte pour l'estimation des

dégâts après MP I Sion-Vétroz qui ne seront calculés que sous les zones jaune strié qui correspondent au danger résiduel après réalisation du PA-R3 découpées aux limites d'influence de la MP I Sion-Vétroz.

Les MP comprennent aussi les mesures réalisées dans le cadre de mesures anticipées (MA) dans le linéaire de la MP.

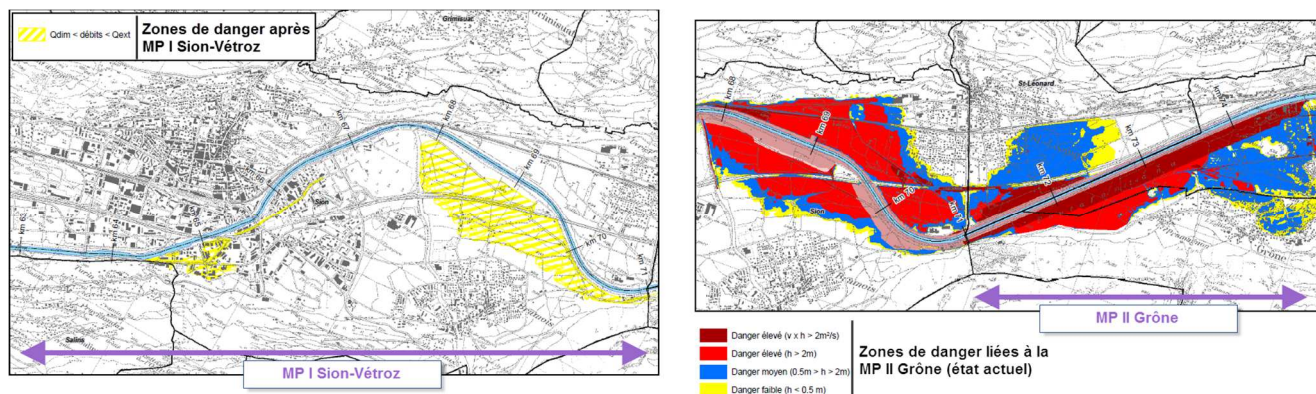


Figure 1 : Simplification de la méthodologie pour l'élaboration des cartes de danger après réalisation des MP

2. Mesures anticipées (MA) : seules les mesures anticipées présentant un effet sur les zones de danger supérieur à la simple suppression de la bande 7a ont été considérées, à savoir :
 - MA Lizerne : la carte de danger après réalisation de la MA a été élaborée pour les 3 scénarii (Q50, Q100 et EHQ) et prise en compte dans la présente étude.
 - MA I Aproz : cette MA déjà réalisée est confinée dans un petit casier hydraulique. Une mise à niveau de la digue a permis, en plus du renforcement, de sortir la totalité du casier d'Aproz du danger d'inondation. Il n'y a donc plus aucun danger après réalisation de cette MA.
 - MA II St-Léonard : la mesure prévoit de réaliser l'aménagement définitif du PA-R3 (nouvelle digue) contrairement à la majorité des MA qui règlent principalement le risque de rupture de digue. Avec la réalisation de cette mesure, la digue droite est plus basse que la rive opposée, malgré cela il peut être considéré que la probabilité d'une rupture en rive droite dans le secteur de la MA II St-Léonard est très faible, puisque sur tout le linéaire amont, la digue faible se situe en rive gauche (plus basse et géotechniquement non assainie). De plus, le risque résiduel est géré sur l'autre rive (rive gauche) dans le cadre de la MP II Grône, il n'y a donc plus aucun danger après réalisation de cette MA.
 - MA II Leuk et MA II Leuk-Raron A9 : ces 2 MA (qui ont été regroupées en une seule) n'appartiennent à aucune MP. Les mesures qu'elles prévoient constituent donc l'aménagement définitif du PA-R3. Par conséquent, elles ont été traitées de la même manière qu'une MP, seul le risque résiduel est donc considéré après MA.

- MA I Ile Falcon : cette MA prévoit le renforcement de la digue du Rhône sur le linéaire de la MA où cela est nécessaire ainsi que la création d'une arrière-digue à l'amont de la Z.I Ile Falcon, ce qui permet de sécuriser totalement la Z.I. Ile Falcon. Seul le risque résiduel est donc considéré après MA.

3.3.2. Scénarios de danger et méthodologie d'élaboration des cartes d'intensité

Le PA-R3 prévoit une différenciation de l'objectif de protection selon les tronçons et donc du débit de dimensionnement. Trois dimensionnements sont prévus : Q100cible, Q100cible + 200 m³/s et Qext. Pour les deux premiers cas, la crue Qext devient la crue de surcharge ; pour le dernier cas une crue supérieure à Qext ($Q_{ext+}=1.2 \times Q_{ext}$) est définie comme crue de surcharge. L'état du PA-R3 correspond à celui validé en 2016. Les éléments de gestion de risque résiduel optionnels qui pourront être modifiés selon leur utilité (p.ex. arrière-digue) sont intégrés tels que prévus dans le plan.

Comme pour l'état actuel (voir §3.2.1), la crue Qext a été choisie pour la probabilité d'occurrence très rare. La crue supérieure à Qext n'a pas été utilisée, la méthodologie d'EconoMe ne prévoyant que trois probabilités d'occurrences différentes, qui ont été définies pour l'état avant mesure à Q50, Q100, Qext. Ces dernières ne peuvent être modifiées pour garantir la comparaison des résultats entre l'état avant et après mesure.

Les scénarios de refoulement dans les canaux pour des fréquences inférieures à Qext n'ont pas été retenus, ceux-ci ayant uniquement lieu localement, dans des zones avec des dégâts potentiels minimes.

La méthodologie utilisée pour déterminer les cartes d'intensité après la réalisation des mesures est analogue à la démarche utilisée pour déterminer la carte d'intensité Qext pour l'état actuel (voir §3.2.1). Les résultats de la modélisation numérique de l'inondation du Rhône après PA-R3 (gestion du risque résiduel) élaborées dans [2] ont été utilisés pour déterminer la carte d'intensité. Ces résultats ont dû être analysés pour déterminer l'intensité maximale et différencier l'inondation statique et dynamique. Ces résultats bruts des modélisations ont ensuite été traduits en couche SIG après un nettoyage sommaire des données pour être utilisés dans la phase suivante.

Les cartes d'intensités ont été découpées pour déterminer le dégât après la réalisation de chaque MA/MP. Comme décrit dans le chapitre 3.3.1, d'importantes simplifications ont été entreprises :

- La carte de danger après MA/MP peut dépendre de la chronologie de réalisation des mesures. La même définition des casiers d'inondation que celle utilisée pour l'état actuel (voir §3.2.1) a été utilisée.
- La surface de danger assignée à une MA/MP peut couvrir une surface plus importante que la surface de danger émanant effectivement du secteur de la MA/MP. Le dégât potentiel actuel assigné à la MA/MP est surestimé et par cela aussi la réduction des dégâts.
- Lors de l'élaboration des données, des « MA/MP secondaires » avaient été définies pour couvrir l'information que le casier en question est influencé par des mesures de MA/MP secondaires respectives, mais que ce n'est pas un scénario déterminant qui est modifié. Cette information est pertinente si des cartes d'intensités après mesure sont réalisées en connaissance de la chronologie de leur réalisation pour

ne pas omettre un danger qui deviendrait déterminant.

Pour la MA II Lizerne, une modélisation bidimensionnelle a été effectuée dans le cadre du projet d'enquête de la MA. Après la réalisation de la MA II Lizerne, le scénario de rupture de digue entre la Lizerne et la Morge lors de la crue Q100 est maintenu, mais la réalisation du passage inférieur sous la Lizerne permet d'abaisser les niveaux d'eau dans la plaine. La carte d'intensité effectuée avec la méthodologie standard a été intégrée et correspond à l'état de mise à enquête.

4. ESTIMATION DES DÉGÂTS POTENTIELS

4.1. Méthodologie

En raison des limitations techniques de l'outil EconoMe (nombre d'objets supporté par l'outil, non couplage à un outil SIG, etc.) et de la taille du périmètre d'étude (enveloppe d'inondation du Rhône), un outil externe reprenant exactement les formules et la méthodologie EconoMe a dû être développé. Tous les calculs ont été faits via cet outil qui est couplé à un SIG.

4.1.1. Paramètres de calcul des dégâts potentiels selon EconoMe

Le calcul EconoMe prend en compte un certain nombre de facteurs qui dépendent du type d'objet, du processus de danger, du scénario et de l'intensité de danger. Ces paramètres de calcul sont les suivants :

- **Probabilité d'occurrence spatiale $p(rA)$** : ce facteur décrit la part de surface réellement affectée par un processus, en rapport à l'ensemble de la zone qui pourrait potentiellement être touchée par ce type de processus, et ce pour une récurrence déterminée (voir **Figure 2**).



$$prA = \frac{a_0}{a_1} = 0.7 \quad \rightarrow \text{correspond, selon le Tableau 1, à un événement } T = 30 - 100 \text{ y}$$

Figure 2 : probabilité d'occurrence spatiale $p(rA)$, selon EconoMe

Pour les processus « inondation statique » et « inondation dynamique » qui correspondent bien aux phénomènes analysés, les valeurs de $p(rA)$ définies par défaut dans EconoMe ont été reprises telles quelles dans la présente étude. En revanche, pour le processus « lave torrentielle » qui est utilisé pour la bande 7a (concentration de vitesse), les valeurs de $p(rA)$ ont été redéfinies. La méthodologie utilisée dans [1] considèrerait un nombre de brèches sur l'ensemble du linéaire en

fonction du scénario considéré. Cette méthode aléatoire donnait des résultats dont l'ordre de grandeur est trop éloigné des valeurs de $p(rA)$ définies par défaut dans EconoMe pour ce processus ainsi que pour les autres (voir **Tableau 2**). Notre méthodologie se base sur le diagnostic géotechnique des digues [2]. Nous avons défini les valeurs de $p(rA)$ pour le processus « lave torrentielle » de la manière suivante :

- Pour Q50 : $p(rA)$ = linéaire en degré de danger géotechnique élevé / linéaire de digues total
- Pour Q100 : $p(rA)$ = linéaire en degré de danger géotechnique moyen et élevé / linéaire de digues total
- Pour Qext : $p(rA)$ = linéaire en degré de danger géotechnique faible, moyen et élevé / linéaire de digues total

Les valeurs de $p(rA)$ sont résumées dans le **Tableau 2** ci-dessous.

		Valeurs de $p(rA)$		
Processus	Méthodologie	Q50	Q100	Qext
Lave torrentielle	Méthodologie FLEX	0.45	0.63	0.75
	Méthodologie [1]	0.01	0.04	0.1
	EconoMe par défaut	0.8	0.6	0.8
Inondation dynamique	EconoMe par défaut	0.9	0.7	0.9
Inondation statique	EconoMe par défaut	1	1	1

Tableau 2 : valeurs de probabilité d'occurrence spatiale $p(rA)$ – en gras les valeurs utilisées dans la présente étude

- **Facteur de vulnérabilité SE** : ce facteur, défini par défaut dans EconoMe, permet de pondérer l'ampleur des dommages sur les biens matériels en prenant en compte la vulnérabilité de l'objet vis-à-vis du danger. Il diffère en fonction du processus, du scénario, de l'intensité et du type d'objet. Ces valeurs sont résumées dans le tableau en annexe 1.
- **Prix unitaire de l'objet (p. unit.)** : chaque objet est caractérisé par un prix unitaire (chf/m³ pour les bâtiments, chf/logement pour les bâtiments d'habitation, chf/m pour les routes et conduites, etc.).
- **Nombre de personnes dans l'objet N(p)** : pour certains objets, des valeurs provenant de données statistiques sont fournies par EconoMe (2.24 personnes par logement, 1.76 personnes par véhicule, etc.). Pour les autres, nous avons estimé

ces valeurs.

- **Probabilité de présence d'une personne dans l'objet $p(pr)$** : valeur qui varie entre 0 (aucune présence humaine dans l'objet) et 1 (toutes les personnes présentes en permanence dans l'objet).
- **Facteur de létalité (f)** : ce facteur, défini par défaut dans EconoMe, permet de pondérer l'ampleur des dommages sur les personnes. Il diffère en fonction du processus, du scénario, de l'intensité et du type d'objet. Ces valeurs sont résumées dans le tableau en annexe 1.

Sont également pris en compte pour les dommages sur le trafic routier le trafic journalier moyen (TJM) et la vitesse moyenne des véhicules (v. moy.). Pour le TJM, l'information a été récupérée auprès du canton et pour la vitesse, elle a été estimée en fonction du type de route.

Pour le calcul des dégâts aux personnes, le coût marginal de préservation d'une vie humaine est également utilisé et fixé par EconoMe à 5'000'000.-.

Pour le trafic ferroviaire, de nombreux autres facteurs spécifiques sont pris en compte, ils ne sont pas détaillés ici.

4.1.2. Formules de calcul selon EconoMe

Les formules de calcul utilisées dans la présente analyse sont celles de l'outil EconoMe. Elles sont décrites ci-dessous (les paramètres de calcul sont expliqués plus haut au §4.1.1) :

- **Dégâts sur les biens matériels** :

$$\text{Ampleur des dommages} = Nb \times p. \text{ unit.} \times p(rA) \times SE$$

- **Dégâts sur les personnes (bâtiments)** :

$$\text{Ampleur des dommages} = N(p) \times 5'000'000 \times p(pr) \times p(rA) \times f$$

- **Dégâts sur les personnes (routes)** :

$$\text{Ampleur des dommages}$$

$$= N(p) \times 5'000'000 \times \frac{TJM \times longueur}{v. \text{ moy} \times 24'000} \times p(rA) \times f$$

Les formules de calcul pour le trafic ferroviaire sont bien plus complexes, elles ne sont pas décrites ici.

4.2. Objets considérés

4.2.1. Objets généraux

Les objets considérés dans la présente étude ainsi que les différents paramètres sont listés dans le **Tableau 3** ci-dessous.

	Code Objet EconoMe	Type d'objet	Unité	p. unit. (chf)	Acquisition du type de données	N(p)	P(pr)
BÂTIMENTS	14	Gare	m³	530	Manuellement (Google Maps, etc.)	20	0.3
	64	Autre type de bâtiments	m³	200	Cadastre (type "autres" et type "agricoles")	10	0.2
	6	Bâtiments industriels	m³	500	Cadastre (type "industriels")	30	0.5
	12	Eglise	m³	720	Manuellement (Google Maps, etc.)	100	0.02
	4	Garage	nb de places	60'000	Manuellement (Google Maps, etc.)	10	0.5
	10	Ecole	m³	580	Manuellement (Google Maps, etc.)	100	0.3
	11	Hôpital	m³	850	Manuellement (Google Maps, etc.)	300	0.8
	1	Logement individuel	Unité de logement	650'000	Cadastre (type "habitation")	2.24	0.5
	87	Logement multiple	Unité de logement	550'000	Cadastre (type "habitation")	2.24	0.5
	18	Bâtiment public	m³	810	Cadastre (type "bâtiment public")	50	0.3
AUTRES	19	STEP	Pièce	10'000'000	Etat du Valais (couche "STEP")	2	0.6
	21	Camping	Pièce	50'000	Etat du Valais (PAZ)	50	0.2
TRAFFIC ROUTIER	34	Pont autoroute	ml	75'000	Etat du Valais	1.76	-
	33	Pont RC	ml	36'000	Etat du Valais	1.76	-
	32	Pont route communale	ml	24'000	Etat du Valais / SwissTLM	1.76	-
	26	Route communale	ml	2'300	Etat du Valais / SwissTLM	1.76	-
	25	Route cantonale	ml	4'100	Etat du Valais	1.76	-
	24	Route nationale	ml	9'500	Etat du Valais	1.76	-
LIGNES ET CONDUITES	80	Conduite de gaz souterraine (gazoduc)	ml	600	SWISSGAS	-	-
	57	Lignes HT (<= 60kV)	nb de mâts	400'000	Etat du Valais (Couches lignes HT)	-	-
	58	Lignes HT (>= 60kV)	nb de mâts	1'000'000	Etat du Valais (Couches lignes HT)	-	-
TRAFFIC FERROVIAIRE	28	Voie ferroviaire unique	ml	6'300	Etat du Valais	*	*
	29	Voie ferroviaire multiple	ml	10'400	Etat du Valais	*	*
	68	Pont ferroviaire à voie unique	ml	280'000	CFF	*	*
	69	Pont ferroviaire à voies multiples	ml	420'000	CFF	*	*

Tableau 3 : Liste des objets pris en compte pour la présente étude (**en gras** : valeurs estimées par FLEX, les autres valeurs sont celles définies par défaut dans EconoMe)

*Les valeurs des paramètres pour les objets ferroviaires ont été transmises par les CFF. Seules les lignes exploitées par les CFF ont été prises en compte (ligne Brig – St. Gingolph).

Un traitement de données a dû être fait pour certains objets, il s'agit :

- Des bâtiments : l'information provient du cadastre qui fournit une information de type surfacique. Les hauteurs de bâtiments ont été obtenues à partir des modèles numériques de surface et de terrain. Les surfaces ont donc été multipliées par les hauteurs pour obtenir les volumes de bâtiments nécessaires au calcul EconoMe. Pour les logements (objets n° 1 et 87) dont les dégâts potentiels sont calculés par unité de logement, cette donnée n'étant pas disponible, nous avons dû introduire un paramètre permettant d'estimer le nombre d'unité de logements en fonction du volume de bâtiments. Nous avons considéré un volume standard de 300m³ par unité de logement.
- Des parkings ou garages (objet n°4) : les dégâts potentiels étant calculés par place de parking, nous avons également dû introduire un facteur permettant d'estimer le nombre de places en fonction de la surface du parking. Nous avons considéré une surface de 15m² par place de parking.

Les objets touchés dans toute la plaine valaisanne figurent sur les cartes de l'annexe 4.

4.2.2. Objets spéciaux (grands sites industriels)

Une analyse particulière a été faite afin de prendre en compte les grands sites industriels valaisans. Une enquête auprès des exploitants de ces grands sites a été faite dans le cadre de l'étude [6] afin de définir le potentiel de dégâts en cas d'évènement de crue du Rhône. Dans le cadre de la présente étude, il est à noter que les bâtiments de ces grands sites industriels sont déjà comptabilisés dans les objets généraux (voir **Tableau 3** ci-dessus) comme « bâtiments industriels ». Il convient donc d'ajouter à cela les dégâts sur les infrastructures autres que le bâti (machines, etc.). Par ailleurs, il est à noter que les dégâts potentiels indirects (perte d'exploitation, etc.) ne sont pas pris en compte dans l'analyse EconoMe. La démarche suivie pour ces objets spéciaux est décrite ci-dessous :

1. Choix parmi [6] des sites industriels valaisans dont le potentiel de dégâts est supérieur ou égal à 50 millions de CHF (pour un évènement de crue). Ce critère a été fixé à 50 millions car il s'agit du montant moyen correspondant aux dégâts potentiels déjà comptabilisés dans les objets généraux « bâtiments industriels » pour chaque site. La liste des sites choisis figure au **Tableau 4** ci-dessous.
2. Calcul des dégâts potentiels sur les bâtiments (voir **Figure 3** ci-dessous) pour un scénario avec les prix unitaires et la démarche présentée aux §4.1.1, 4.1.2 et 4.2.1.
3. Définition d'une valeur (p. unit.) pour chaque objet spécial afin que la somme des dégâts potentiels pour un scénario sur les bâtiments (objets généraux) et sur l'objet spécial corresponde au montant du potentiel de dégâts annoncés lors de l'enquête réalisée dans le cadre de [6] (voir **Tableau 4** ci-dessous).

n°	Sites	Potentiel de dégâts selon enquête [6] [mios Fr.]	Valeur objet spécial ajouté (=surplus p.r. aux dégâts bâtiments) [mios Fr.]
4	ORGAMOL SA, Evionnaz	59.5	38
8	TAMOIL, Collombey-Muraz	1 046	890
25	Lonza, Visp	1 000 à 2 000	1000
26	Teranol, Lalden	500 à 1 000	630
27	ALCAN, Steg	300 à 600	216
32	ALCAN, Sierre/Chippis	850 à 1 000	570

Tableau 4 : Sites industriels pris en compte dans la présente analyse

4. Positionnement de l'objet spécial « point » afin de s'assurer qu'il intersecte les couches d'intensité pour chaque scénario pour lequel le site industriel est touché (voir **Figure 4** ci-dessous).

LONZA Visp :

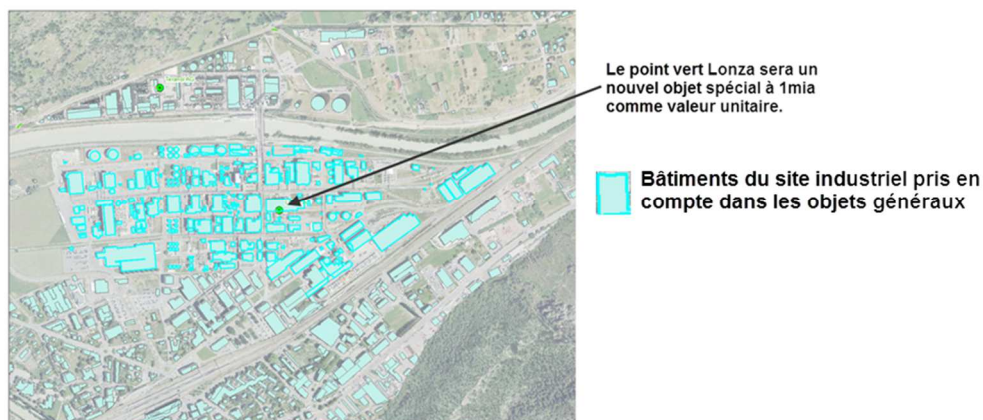


Figure 3 : bâtiments du site industriel pris en compte dans l'analyse (site Lonza)





Figure 4 : Positionnement de l'objet spécial « Point » et zones d'intensité pour chaque scénario

5. RÉSULTATS

Une fois le calcul des dégâts potentiels avant et après mesures effectué, il convient de calculer l'indice de rentabilité du projet. Cet indice est obtenu en divisant le montant de la réduction des dommages annualisé par le coût annuel des mesures. Le coût des mesures a été repris du devis gelé du PA-R3 (Kostenschätzung, 17.01.2018) puis les paramètres suivants ont été appliqués (pour chaque MP/MA et pour le Rhône complet) afin de respecter la méthodologie EconoMe pour l'annualisation des coûts :

- Durée de vie de l'ouvrage : 100 ans
- Coûts d'entretien : 1%
- Taux d'intérêts : 2%

Pour les dégâts potentiels sur le canton de Vaud, les résultats ont été repris de l'étude [1], sans modification.

5.1. Résultats pour le Rhône complet

Pour l'analyse sur le Rhône complet, le calcul a été fait en une fois selon les scénarios et processus décrits dans les sections précédentes (uniquement du danger résiduel après réalisation du PA-R3). Les résultats sont consignés dans les **Tableau 5** à **Tableau 7** ci-dessous.

	Dommages potentiels actuels (chf/an)			
	Inondation statique	Inondation dynamique	Rupture de digue	Total
Rhône complet (Valais)	150'437'564	3'202'485	39'274'392	192'914'442
Vaud Stucky [1]				5'401'799
Rhône complet (Vaud + Valais)				198'316'241

Tableau 5 : Dégâts potentiels actuels annualisés sur tout le Rhône

	Dégats potentiels après (chf/an)			
	Inondation statique	Inondation dynamique	Rupture de digue	Total
Rhône complet (Valais)	729'054	76'677		805'731
Vaud Stucky [1]				549'737
Rhône complet (Vaud + Valais)				1'355'468

Tableau 6 : Dégâts potentiels annualisés sur tout le Rhône après réalisation du PA-R3

	Réduction des dégâts (chf/an)	Coût des travaux TTC selon devis gelé (17.01.2018)	Coût annuel (durée de vie 100 ans, 1% d'entretien, 2% d'intérêts) - chf/an	Indice de rentabilité
Rhône complet (Vaud + Valais)	196'960'772	3'579'256'981	107'377'709	1.8

Tableau 7 : Coûts des mesures et indice de rentabilité du PA-R3 sur tout le Rhône

Les mêmes résultats non annualisés et par scénario et processus sont présentés dans les **Tableau 8** et **Tableau 9** ci-dessous.

ACTUEL	Inondation statique			Inondation dynamique			Rupture de digue			TOTAL TOUS PROCESSUS
	Biens matériels	Personnes	Total (CHF)	Biens matériels	Personnes	Total (CHF)	Biens matériels	Personnes	Total (CHF)	
Q50	6'336'136'668	74'597'812	6'410'734'480	-	-	-	623'507'716	852'378'139	1'475'885'855	7'886'620'335
Q100	8'298'361'991	158'547'014	8'456'909'004	232'533'597	77'983'183	310'516'780	1'064'713'901	1'340'306'627	2'405'020'528	11'172'446'312
Qext	10'754'985'794	192'106'794	10'947'092'588	365'983'694	118'527'407	484'511'101	1'274'885'368	1'595'463'759	2'870'349'127	14'301'952'816

Tableau 8 : Dégâts potentiels actuels non annualisés sur tout le Rhône (par scénario)

PROJET	Biens matériels	Personnes	Total (CHF)	Biens matériels	Personnes	Total (CHF)	Biens matériels	Personnes	Total (CHF)	TOTAL TOUS PROCESSUS (CHF)
Qext	720'422'591	8'631'442	729'054'033	58'062'615	18'614'704	76'677'320	-	-	-	805'731'352

Tableau 9 : Dégâts potentiels après PA-R3 non annualisés sur tout le Rhône (par scénario)

5.2. Résultats par MP/MA

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats par MP/MA. Pour rappel, seules certaines MA ont été considérées (celles dont la réduction du risque est plus importante que la seule élimination du risque de rupture de digue, voir §3.3.1).

Les MP suivantes n'ont pas été considérées :

- MP I Delta et MP II Chessel car il n'y a pas de zones de danger sur le canton du Valais liées à ces MP.
- Les MP situées dans la vallée de Conches (MP I Mörel-Filet, MP I Niederwald-Münster, MP I Obergesteln, MP II Grengiols-Niederwald, MP II Mörel-Filet, MP II Münster-Ulrichen, MP II Oberwald) car il n'y a pas de zones de danger dans ce secteur.

Pour toutes les MP et MA, le coût des mesures est issu du devis gelé du PA-R3 (Kostenschätzung, 17.01.2018) sauf pour les MA I Aproz et MA II Lizerne pour lesquelles le devis du dossier de mise à l'enquête a été pris en compte car plus à jour.

Pour la MP Chablais, la présente étude a permis de calculer les dégâts sur le canton du Valais, à ceux-ci ont été ajoutés les dégâts sur le canton de Vaud issus de [1].

Les cartes de danger état actuel (basée sur Q100 uniquement) et après réalisation du projet par MP/MA figurent aux annexes 2 et 3. Les résultats des calculs EconoMe figurent également sur ces cartes.

	Dommages potentiels actuels (chf/an)			
	Inondation statique	Inondation dynamique	Rupture de digue	Total
MA I Aproz	1'885'776	64'095	2'104'448	4'054'319
MA I Iles Falcon	1'444'786	2'437	857'933	2'305'156
MA II Leuk + Leuk-Raron A9	4'344'729	668'191	635'335	5'648'256
MA II Lizerne	3'454'276	17'404	16'833	3'488'513
MA II St Leonard	1'823'504	136'963	190'145	2'150'612
MP I Chablais (Valais)	17'784'066	609'460	4'101'184	22'494'710
MP I Chablais (Vaud Stucky)				5'401'799
MP I Chablais (Vaud + Valais)				27'896'509
MP I Coude de Martigny	9'520'036	62'548	383'310	9'965'894
MP I Fully	18'495'310	567'394	2'632'949	21'695'653
MP I Gampel-Steg	5'696'797	10'632	1'051'998	6'759'427
MP I Raron (A9)	2'393'768	513'314	338'316	3'245'398
MP I Riddes-Chamoson	833'601	67'350	351'912	1'252'864
MP I Sierre	4'359'681	77'756	1'458'483	5'895'920
MP I Sierre-Chippis	12'200'859	126'417	1'737'695	14'064'970
MP I Sion-Vétroz	28'123'354	424'639	10'185'784	38'733'776
MP I Trient-Nant de Drance	3'687'240	6'424	36'841	3'730'505
MP I Visp	42'380'352	997'384	7'491'080	50'868'816
MP II Ardon	776'100	67'350	389'404	1'232'854
MP II Bratsch-Leuk	489'036	28'052	283'936	801'025
MP II Brig-Naters	3'332'044	39'735	972'492	4'344'272
MP II Grône	4'494'485	202'243	1'661'078	6'357'806
MP II Lavey	61'843	318	-	62'162
MP II Raron	1'616'683	1'985	682'420	2'301'088
MP II Riddes-Saillon	16'370'443	186'165	1'281'296	17'837'904
MP II Vernayaz	7'935'211	8'975	780'467	8'724'653
MP II Vouvré - Port-Valais	16'679'528	-	2'293'886	18'973'414

Tableau 10 : Résultats par MP/MA pour les dégâts potentiels actuels annualisés

Mesure	Carte de danger après	Degats potentiels après (chf/an)			
		Inondation statique	Inondation dynamique	Rupture de digue	Total
MA I Aproz	Plus de danger	-	-	-	-
MA I Iles Falcon	Risque résiduel	9'993	-	-	9'993
MA II Leuk + Leuk-Raron A9	Risque résiduel	103'417	11'644	-	115'061
MA II Lizerne (màj 04.10.2018)	Selon carte après MA (dossier MEP)	1'125'013	19'754	-	1'144'767
MA II St Leonard	Plus de danger	-	-	-	-
MP I Chablais (Valais)	Plus de danger sur Valais	-	-	-	-
MP I Chablais (Vaud Stucky)					549'737
MP I Chablais (Vaud + Valais)					549'737
MP I Coude de Martigny	Risque résiduel	7'159	29		7'188
MP I Fully	Risque résiduel	7'159	29		7'189
MP I Gampel-Steg	Risque résiduel	14'580	449		15'029
MP I Raron (A9)	Risque résiduel	83'798	11'124		94'922
MP I Riddes-Chamoson	Risque résiduel	19'990	5'197		25'188
MP I Sierre	Risque résiduel	123'281	37'790		161'072
MP I Sierre-Chippis	Risque résiduel	123'281	37'790		161'072
MP I Sion-Vétroz	Risque résiduel	49'691	17'823		67'514
MP I Trient-Nant de Drance	Risque résiduel	1'118	403		1'521
MP I Visp	Risque résiduel	159'514	15'282		174'796
MP II Ardon	Risque résiduel	19'990	5'197		25'188
MP II Bratsch-Leuk	Risque résiduel	25'073	7'753		32'826
MP II Brig-Naters	Risque résiduel	7'681	-		7'681
MP II Grône	Risque résiduel	112'992	24'336		137'328
MP II Lavey	Risque résiduel	9'863	-		9'863
MP II Raron	Risque résiduel	-	-		-
MP II Riddes-Saillon	Risque résiduel	204'186	2'448		206'633
MP II Vernayaz	Risque résiduel	87'935	403		88'338
MP II Vouvry - Port-Valais	Risque résiduel	-	-		-

Tableau 11 : Résultats par MP/MA pour les dégâts potentiels annualisés après mesures

Mesure	Carte de danger après	Réduction des dégâts (chf/an)	Cout des travaux TTC selon devis gelé (17.01.2018) ou dossier MEP (chf)	Coût annuel (durée de vie 100 ans, 1% d'entretien, 2% d'intérêts) - chf/an	Indice de rentabilité
MA I Aproz	Plus de danger	4'054'319	7'000'000	210'000	19.3
MA I Iles Falcon	Risque résiduel	2'295'163	5'281'000	158'430	14.5
MA II Leuk + Leuk-Raron A9	Risque résiduel	5'533'194	43'627'000	1'308'810	4.2
MA II Lizerne (màj 04.10.2018)	Selon carte après MA (dossier MEP)	2'343'745	34'350'000	1'030'500	2.3
MA II St Leonard	Plus de danger	2'150'612	31'139'000	934'170	2.3
MP I Chablais (Valais)	Plus de danger sur Valais				
MP I Chablais (Vaud Stucky)					
MP I Chablais (Vaud + Valais)		27'346'772	467'700'000	14'031'000	1.9
MP I Coude de Martigny	Risque résiduel	9'958'706	194'576'000	5'837'280	1.7
MP I Fully	Risque résiduel	21'688'465	188'796'000	5'663'880	3.8
MP I Gampel-Steg	Risque résiduel	6'744'398	319'188'000	9'575'640	0.7
MP I Raron (A9)	Risque résiduel	3'150'475	11'538'000	346'140	9.1
MP I Riddes-Chamoson	Risque résiduel	1'227'676	75'784'000	2'273'520	0.5
MP I Sierre	Risque résiduel	5'734'848	120'435'000	3'613'050	1.6
MP I Sierre-Chippis	Risque résiduel	13'903'898	117'003'000	3'510'090	4.0
MP I Sion-Vétroz	Risque résiduel	38'666'262	536'754'000	16'102'620	2.4
MP I Trient-Nant de Drance	Risque résiduel	3'728'984	21'128'000	3'687'240	1.0
MP I Visp	Risque résiduel	50'694'020	174'501'000	5'235'030	9.7
MP II Ardon	Risque résiduel	1'207'667	60'455'000	1'813'650	0.7
MP II Bratsch-Leuk	Risque résiduel	768'199	123'978'000	3'719'340	0.2
MP II Brig-Naters	Risque résiduel	4'336'591	76'711'000	2'301'330	1.9
MP II Grône	Risque résiduel	6'220'478	80'367'000	2'411'010	2.6
MP II Lavey	Risque résiduel	52'299	54'337'000	1'630'110	0.0
MP II Raron	Risque résiduel	2'301'088	51'646'000	1'549'380	1.5
MP II Riddes-Saillon	Risque résiduel	17'631'271	239'810'000	7'194'300	2.5
MP II Vernayaz	Risque résiduel	8'636'315	118'054'000	3'541'620	2.4
MP II Vouvry - Port-Valais	Risque résiduel	18'973'414	46'621'000	1'398'630	13.6

Tableau 12 : Coûts des mesures et indice de rentabilité par MP/MA

6. CONCLUSION

La présente étude a permis d'estimer les dégâts potentiels annualisés en cas d'inondation du Rhône, puis d'évaluer la rentabilité du PA-R3 et des mesures par secteur (MP/MA). Concernant la rentabilité des MP, une simplification des cartes de danger après mesures a été faite ce qui entraîne une sous-estimation des dégâts après mesures. Le calcul de l'indice de rentabilité est donc biaisé par cette hypothèse de base. Il conviendrait de prendre en considération la chronologie de réalisation des MP afin d'estimer correctement la réduction des dégâts potentiels par MP.

L'analyse EconoMe sur tout le Rhône, en revanche, a été faite à partir de cartes d'intensités réalisées conformément à la méthodologie EconoMe, sans hypothèses simplificatrices, en prenant en compte l'état actuel et l'état final après réalisation de l'ensemble du PA-R3.

Enfin, il est à noter qu'il n'est pas pertinent d'additionner les résultats par MP afin d'obtenir un résultat global sur tout le Rhône car un nombre important de surfaces en danger correspondent à plusieurs MP, les additionner engendrerait de compter ces surfaces plusieurs fois. La seule méthodologie correcte permettant d'estimer la rentabilité du PA-R3 est l'analyse complète sur tout le Rhône telle que présentée précédemment et dont les résultats figurent au §5.1.

ANNEXES

- Annexe 1 : Facteurs de vulnérabilité et de létalité des différents objets selon EconoMe
- Annexe 2.1 à 2.25 : Cartes de danger par MP/MA à l'état actuel (selon la déclinaison ci-dessous)
- Annexe 3.1 à 3.25 : Cartes de danger par MP/MA après réalisation de la MP/MA (selon la déclinaison ci-dessous)

N° d'annexe	MP/MA
2.1	MA I Aproz
2.2	MA I Illes Falcon
2.3	MA II Leuk + Leuk-Raron A9
2.4	MA II Lizerne
2.5	MA II St Leonard
2.6	MP I Chablais (Valais)
2.7	MP I Coude de Martigny
2.8	MP I Fully
2.9	MP I Gampel-Steg
2.10	MP I Raron (A9)
2.11	MP I Riddes-Chamoson
2.12	MP I Sierre-Chippis
2.13	MP I Sierre
2.14	MP I Sion-Vétroz
2.15	MP I Trient-Nant de Drance
2.16	MP I Visp
2.17	MP II Ardon
2.18	MP II Bratsch-Leuk
2.19	MP II Brig-Naters
2.20	MP II Grône
2.21	MP II Lavey
2.22	MP II Raron
2.23	MP II Riddes-Saillon
2.24	MP II Vernayaz
2.25	MP II Vouvry - Port-Valais

N° d'annexe	MP/MA
3.1	MA I Aproz
3.2	MA I Illes Falcon
3.3	MA II Leuk + Leuk-Raron A9
3.4	MA II Lizerne
3.5	MA II St Leonard
3.6	MP I Chablais (Valais)
3.7	MP I Coude de Martigny
3.8	MP I Fully
3.9	MP I Gampel-Steg
3.10	MP I Raron (A9)
3.11	MP I Riddes-Chamoson
3.12	MP I Sierre-Chippis
3.13	MP I Sierre
3.14	MP I Sion-Vétroz
3.15	MP I Trient-Nant de Drance
3.16	MP I Visp
3.17	MP II Ardon
3.18	MP II Bratsch-Leuk
3.19	MP II Brig-Naters
3.20	MP II Grône
3.21	MP II Lavey
3.22	MP II Raron
3.23	MP II Riddes-Saillon
3.24	MP II Vernayaz
3.25	MP II Vouvry - Port-Valais

- Annexe 4 : Cartes des objets touchés
- Annexe 5 : Méthodologie et hypothèses pour l'élaboration de la carte d'intensité Q50
- Annexe 6 : Analyse des débits de brèche – détermination du facteur de réduction pour le volume entrant dans le casier en fonction des scénarios
- Annexe 7 : Détermination du niveau d'inondation Q50 – analyse par casier
- Annexe 8 : Attribution des zones d'inondation par MP/MA