

1. Objectif de l'atlas du Rhin

Depuis un siècle et demi, l'amélioration constante des moyens de protection contre les inondations et l'urbanisation croissante de la vallée du Rhin ont fait que la conscience du risque de vivre sur des surfaces susceptibles d'être inondées s'est fortement relâchée chez les riverains. Et pourtant, l'évacuation préventive aux Pays-Bas de populations menacées par la crue de janvier 1995 et les nombreuses ruptures de digues survenues sur l'Oder à l'été 1997, sur le Danube en 1999 et sur la Weichsel à l'été 2001 ont brutalement rappelé que les éléments naturels ne se laissent pas dominer et qu'on ne pouvait écarter le risque de crues plus importantes que celles observées jusqu'à présent ni la submersion ou la défaillance des ouvrages hydrauliques de protection. **Un risque résiduel d'inondation reste latent.**

Le présent atlas a pour objectif de sensibiliser les personnes touchées à l'existence de ce risque résiduel le long du Rhin ou dans sa vallée. Il est partie intégrante du Plan d'action contre les inondations et complète donc l'Atlas du Rhin - Ecologie et protection contre les inondations - publié en 1998, qui rassemble sous forme cartographique les zones inondables et les zones d'intérêt écologique dans la vallée du Rhin.

La mise en oeuvre du Plan d'action contre les inondations a été décidée au cours de la 12^{ème} Conférence ministérielle sur le Rhin tenue le 22 janvier 1998 à Rotterdam. Ce plan d'action regroupe toutes les activités nationales et internationales visant à améliorer la prévention des crues sur le Rhin.

L'objectif du Plan d'action contre les inondations est de mieux protéger les populations et leurs biens contre les inondations et d'améliorer simultanément l'état écologique du Rhin et de ses zones alluviales. Le Plan d'action, qui se décline en plusieurs étapes successives et rassemble de manière globale et pluridisciplinaire des catégories de mesures pour le bassin du Rhin et pour le fleuve lui-même, va être mis en oeuvre dans les Etats riverains du Rhin jusqu'en 2020. Le premier rapport de mise en oeuvre du Plan d'action contre les inondations jusqu'en l'an 2000 est disponible.

Par rapport à l'état 1995, les **objectifs opérationnels** sont les suivants :

- **Réduire les risques de dommages** - ne pas augmenter les risques de dommages d'ici l'an 2000, diminuer ces risques de 10 % d'ici 2005 et de 25 % d'ici 2020.
- **Réduire les niveaux de crues** - réduire les niveaux de crues extrêmes jusqu'à 30 cm d'ici 2005 et jusqu'à 70 cm d'ici 2020 en aval du tronçon régulé (en aval de Baden-Baden).
- **Renforcer la prise de conscience face aux risques d'inondation** - renforcer la prise de conscience face aux risques d'inondation en établissant des cartes des risques pour 50 % des surfaces inondables et des zones menacées par les inondations d'ici l'an 2000 et pour 100 % d'ici 2005.
- **Améliorer le système d'annonce de crues** - améliorer à court terme les systèmes d'annonce de crues par le biais d'une coopération internationale. Augmenter les délais de prévision de 50 % d'ici l'an 2000 et de 100 % d'ici 2005.

Le nouvel atlas du Rhin met en évidence les surfaces potentiellement touchées par les inondations et les dommages qui pourraient en découler. Il constitue ainsi une base de données et de mesures pour le premier et pour le troisième objectif opérationnel du Plan d'action contre les inondations en cours de réalisation. L'atlas invite à prendre en considération des mesures complémentaires susceptibles de contribuer à réduire le risque résiduel d'inondation.

Les cartes des aléas d'inondation (cartes de base), qui font ressortir par un effet de dégradé de bleu les profondeurs d'eau possibles en situation de crues montrent l'exposition potentielle des biens et des personnes. Estimés à partir des usages actuels, les dommages potentiels émanant de ces situations extrêmes figurent quant à eux sur une feuille (de couverture) transparente. Deux cas sont à distinguer:

Les zones jouissant d'un haut niveau de protection

Dans ces zones, les inondations sont surtout concevables en relation avec des ruptures de digues, ce qui explique pourquoi les surfaces touchées par une crue restent le plus souvent restreintes. Ce cas de figure concerne notamment le Rhin Supérieur, le Rhin Inférieur et le Delta du Rhin. Ainsi le niveau de protection existant sur le Rhin Supérieur entre Bâle et Iffezheim correspond à une crue de retour de mille ans. Dans le Delta du Rhin, on jouit même d'un niveau de protection contre des crues de retour de 1250 à 10 000 ans. Comme il est impossible de prévoir les endroits où une digue est susceptible de rompre, au niveau de la représentation du risque potentiel, on est tenu de considérer l'ensemble des surfaces situées au-dessous du niveau des eaux fluviales comme exposées aux aléas d'inondation ce qui équivaut à une hypothèse

supposant une protection des digues inopérante. Cette hypothèse est globalement très improbable (seules des ruptures localisées de digues sont en fait envisageables). Une telle représentation, tant pour les cartes des aléas d'inondation que pour les cartes des dommages, s'efforce en fait de mettre en relief la situation la plus défavorable pour chaque surface partielle considérée et correspond donc à l'enveloppe de plusieurs événements extrêmes. Elle montre par conséquent l'effet protecteur des digues.

Les zones non protégées ou peu protégées

En cas de crues extrêmes, toutes les surfaces basses situées le long d'un grand tronçon fluvial sont touchées. C'est largement le cas pour le haut Rhin et le Rhin moyen. Dans ces tronçons fluviaux, les surfaces représentées peuvent être inondées par « une » crue, alors que l'inondation des surfaces endiguées n'est vraisemblable qu'à un niveau local.

A noter que comme l'évaluation financière est sujette à un facteur d'incertitude très important, la représentation se limite à des ordres de grandeur. L'échelle grossière au 1/100.000ème n'est pas adaptée à la planification de projets locaux mais est cependant suffisante pour la représentation générale souhaitée.

Une importance particulière a été accordée à la représentation des conséquences d'éventuelles crues extrêmes. Pour des événements de ce type, les profondeurs d'inondation envisageables ont été mentionnées. En revanche pour les événements comparativement plus fréquents, comme les crues décennales ou centennales seules les surfaces touchées ont été indiquées. En effet, les dommages menaçant les ressources vitales des riverains émanent d'événements très rares, c'est-à-dire en cas de dépassement de la crête de la digue par les hautes eaux ou de rupture de digue sous la pression prolongée des eaux. Pour chaque point indiqué, on notera que les profondeurs d'inondation signalées dans l'atlas correspondent au **pire des cas**, sachant qu'une crue donnée ne peut concerner toutes les surfaces représentées le long du Rhin, car toute inondation en amont atténuée, par un effet de stockage et d'écrêtement, l'impact des crues plus en aval et rend l'inondation plus improbable.

L'atlas du Rhin ne montre donc pas la situation d'inondation que l'on obtiendrait si survenait une crue donnée sur l'ensemble du Rhin. Au contraire, les cartes de l'atlas constituent la synthèse de nombreuses crues envisageables mettant en relief pour chaque point indiqué la situation d'inondation la plus défavorable et, par là même, le danger individuel et non le danger général. Cette approche globale est une hypothèse statique qui ne tient pas compte des facteurs liés au temps.

2. Espace géographique à considérer

En règle générale, le Rhin est subdivisé en tronçons en fonction du paysage environnant et des caractéristiques du tracé fluvial. Ces tronçons présentent également différents niveaux de protection contre les inondations.

Le **haut Rhin** (du lac de Constance à Bâle ou du PK 0 au PK 170) s'écoule dans une vallée le plus souvent étroite et profonde et est caractérisé par une suite de barrages. Les dommages potentiels sont sporadiques et se concentrent dans les zones de débouché des affluents et dans les localités les plus importantes où les constructions s'étendent traditionnellement jusqu'aux berges.

Sur le **Rhin supérieur** (de Bâle à Bingen - PK 170 au PK 529), les digues érigées entre 1817 et 1880 dans le prolongement de la correction du Rhin supérieur sont toujours conservées en partie et remplissent aujourd'hui encore une fonction de protection en aval d'Iffezheim. Entre 1932 et 1977, 10 aménagements hydroélectriques ont été mis en place entre Bâle et Iffezheim, localité proche de Strasbourg, pour la production hydroélectrique et pour améliorer les conditions de navigation. Les digues de canalisation érigées dans le cadre de l'aménagement du Rhin assurent une protection contre les crues millénales. Dans sa partie septentrionale comprise entre Iffezheim et Bingen, le Rhin supérieur est bordé sur tout son cours de digues des hautes eaux, placées le plus souvent à proximité du lit moyen. Elle ne disposera d'un niveau de protection contre les crues d'une période de retour bicentennale que lorsque auront été achevées toutes les mesures de rétention prévues sur la partie méridionale du Rhin supérieur.

Le tronçon appelé **Rhin moyen** (de Bingen à Bonn - PK 529 au PK 642) est caractérisé par la vallée encaissée du massif schisteux rhénan, qui ne laisse au fleuve qu'un étroit passage pouvant se rétrécir jusqu'à 150 m en certains endroits. Les ouvrages locaux de protection contre les inondations sont rares. Seule la digue de protection du bassin de Neuwied offre une protection contre les crues centennales.

Le long du **Rhin inférieur** (tronçon compris entre Bonn et Lobith - PK 642 au PK 857), le fleuve a connu au siècle passé une série de mesures d'aménagement et d'endiguement en de nombreux endroits. Le niveau de protection des ouvrages de protection, qui s'étendent sur plus de 330 km, est variable, allant d'une période de retour de 20 ans à une période de retour de 500 ans.

Dans la zone du **delta** (qui va de Lobith à Rotterdam - PK 857 à 1030), le Rhin se partage en trois bras à hauteur de la frontière germano-néerlandaise, le Waal, le Nederrijn/Lek et l'IJssel. Les zones d'implantations humaines sont systématiquement protégées par des digues périphériques conçues pour faire face à une probabilité de submersion de 1/1250ème par an à l'est et de 1/10.000ème par an à l'ouest.

Tronçon du Rhin	Compris entre	PK	Etat/Länder
Haut Rhin	Constance et Bâle	0 - 170	CH, D (BW)
tronçon sud canalisé du Rhin supérieur	Bâle et Iffezheim	170 - 334	F, D (BW)
tronçon nord endigué du Rhin supérieur	Iffezheim et Bingen	334 - 529	F, D (BW, HE, RP)
Rhin moyen	Bingen et Rolandswerth	529 - 642	D (RP, NRW)
Rhin inférieur endigué	Rolandswerth et Lobith	642 - 857	D (NRW), NL
Delta du Rhin endigué	Lobith et l'embouchure	857 - 1030	NL

3. Cartes de l'aléa d'inondation

3.1 Contenu des cartes

Sur un fond de cartes topographiques sont indiquées :

3.1.1 Les limites d'extension des hautes eaux pour une crue décennale (HQ10):

les surfaces proches du fleuve sont souvent inondées. Il s'agit généralement de zones alluviales, sites humides et forêts et plus rarement de surfaces agricoles. L'aléa d'inondation est connu et s'il arrive exceptionnellement que des bâtiments occupent ces zones, ils sont adaptés à cet aléa. Ces surfaces doivent impérativement être préservées en tant que zones inondables car elles offrent des possibilités de rétention et constituent des biotopes précieux.

3.1.2 Les limites d'extension des hautes eaux pour une crue centennale (HQ100):

les surfaces comprises entre les lignes de HQ10 et HQ100 sont inondées entre une fois tous les dix ans et une fois tous les cent ans. L'aléa d'inondation n'est généralement connu que des habitants vivant de longue date dans ces zones, ce qui explique pourquoi les anciens bâtiments adaptés au risque d'inondation côtoient parfois des bâtiments plus récents pouvant présenter des dommages potentiels élevés. Les surfaces touchées sont souvent soumises à exploitation agricole. Elles n'accueillent des lotissements que si sont prises en parallèle des mesures de prévention appropriées en matière de construction. En tant que biotopes, elles ont une fonction positive de zone de transition entre végétation alluviale et végétation terrestre. A l'exception du haut Rhin, du Rhin moyen et de petites parties du Rhin inférieur, la plupart des surfaces sont cependant protégées par des digues contre un HQ100 ou des crues plus importantes encore, de sorte que la zone de transition correspond dans les faits au tracé de la digue. Les surfaces comprises entre le fleuve et la digue doivent absolument être préservées en tant que champ d'inondation naturel et, par là même, d'espace de rétention des crues.

Sur le Rhin supérieur méridional, la ligne HQ 100 est représentée le long des digues de canalisation des aménagements et le long des digues limitant les espaces de rétention déjà terminés ou prévues. Ces digues sont conçues pour un niveau de protection plus élevé (au moins crue millénaire). Dans les espaces de rétention manœuvrables, les dispositifs de commande permettent de respecter le niveau d'eau prévu dans le cadre de la rétention, même si les débits du Rhin sont plus élevés, voire extrêmes.

3.1.3 Les limites d'extension des hautes eaux et les profondeurs d'eau en cas de crues extrêmes:

Il s'agit ici d'événements très rares dépassant nettement les niveaux d'eau observés jusqu'à aujourd'hui pouvant conduire à la submersion ou la défaillance locales des actuels ouvrages de protection contre les inondations. L'éventualité de la survenue de tels événements est si rare qu'elle ne peut se traduire par une occurrence (comme pour une crue centennale (HQ100) par exemple). Elle ne débouche donc pas automatiquement sur des restrictions d'usages, même s'il convient de prendre en considération une submersion de ce type dans les stratégies de prévention et les plans d'urgence, notamment pour les bâtiments à caractère sensibles tels que les hôpitaux, les musées ou certains sites industriels, voire pour les citernes à fuel des particuliers dont la submersion peut donner lieu à des dommages importants.

Les services de lutte contre les risques majeurs doivent être prêts à intervenir, notamment dans les grandes agglomérations. Comme le danger est difficilement quantifiable et que l'importance de mesures préventives éventuelles dépend très fortement des hauteurs d'eau atteintes en cas d'inondation (p.ex. les plans d'évacuation en cas d'inondation), la représentation ne se cantonne pas aux limites

d'extension des hautes eaux mais englobe également les principales catégories de profondeur d'inondation. Le choix de ces catégories de profondeur se fonde sur les considérations suivantes :

- | | |
|---------------|--|
| 0 - 0,5 m | Il est possible d'empêcher la pénétration des eaux dans les bâtiments à l'aide de moyens simples. Cette catégorie de profondeur reste approximative puisqu'on ne peut déterminer avec précision la limite où commence l'inondation. |
| 0.5 - 2,0 m | Zone de profondeur où des dommages conséquents sont attendus, le danger de mort pour les individus restant faible, notamment lorsqu'il est possible de se réfugier dans les étages supérieurs. |
| 2.0 - 4,0 m | Zone où le danger de mort pour les individus devient concret puisque l'inondation ne se limite pas au rez-de-chaussée mais peut également atteindre le premier étage. Pour ce type de hauteur d'eau, des dommages élevés sont quasiment inévitables. |
| Plus de 4,0 m | Danger de mort élevé pour les individus ; risque important de dommage majeur. |

Ces catégories s'appliquent aux eaux stagnantes ou à faible courant, ce qui est le cas en règle générale dans les zones menacées le long du Rhin.

Sont indiqués par ailleurs sur les cartes de l'aléa d'inondation, pour des raisons de clarté, l'ordre de grandeur des personnes touchées ou susceptibles d'être menacées par les profondeurs d'inondation survenant en cas de crues extrêmes.

3.2 Hypothèses hydrologiques pour les crues extrêmes

En raison de la diversité des conditions hydrologiques et topographiques, il a fallu définir séparément les hypothèses appliquées aux différents tronçons du Rhin. Ces hypothèses figurent dans le tableau présenté en annexe. Elles ne concernent que le cas d'un niveau extrême des eaux. D'autres paramètres tels que la vitesse du courant, les études de stabilité, les effets de stockage et d'écrêtement après rupture de digue, les effets locaux de remous, ainsi que les réflexions concernant les probabilités, ont été délibérément écartés de ce scénario de calcul.

Pour déterminer les crues extrêmes sur le **haut Rhin**, on a ajouté 1 m (un demi-mètre à hauteur du lac de Constance) à la limite d'inondation de la crue de 1999.

Sur le **Rhin supérieur compris entre Bâle et Maxau**, les calculs se fondent sur les lignes d'eau de la crue historique du Rhin de décembre 1882 et sur la représentation dans la Monographie du Rhin de 1889 des surfaces inondées lors de cette crue à la suite de nombreuses ruptures de digues de correction. L'enfoncement du lit du fleuve intervenu depuis sur certains secteurs, ou encore les effets des aménagements réalisés (canalisation) n'ont pas été pris en compte au niveau de la modélisation pour des raisons de simplification. En aval d'Iffezheim, on a choisi comme niveau d'eau extrême la ligne d'eau calculée de la crue bicentennale plus 0,5 m (cf. paragraphe: « Particularité de la représentation du Rhin supérieur méridional canalisé »).

Sur le **Rhin supérieur septentrional** et le **Rhin moyen**, c'est-à-dire du PK 362,5 (échelle de Maxau) au PK 642, on a ajouté 0,5 m à la ligne d'eau de la crue bicentennale, alors que sur le **Rhin inférieur** (du PK 642 au PK 857), les calculs se fondent sur la ligne d'eau d'une crue d'une récurrence de 500 ans.

Enfin, dans le **delta du Rhin** ramifié, qui s'étend de Lobith (PK 857) à l'embouchure du Waal, du Nederijn/Lek et de l'IJssel dans la mer du Nord (PK 1030), ont été considérées les lignes d'eau allant de HQ1.250 à HQ10.000, compte tenu de l'influence de la mer du Nord.

3.3 Hypothèses topographiques

La détermination des surfaces inondables et des profondeurs d'inondation dépend à la fois des hypothèses hydrauliques et de la précision des données altimétriques de terrain. L'extension des surfaces peut en effet varier de manière déterminante en fonction de structures linéaires telles que les digues carrossables, les canaux ou les anciennes digues des hautes eaux. Leur hauteur restant très imprécise à l'échelle retenue, il faut considérer les indications de surfaces inondées comme très grossières. Au niveau local, il est absolument indispensable d'avoir recours à des calculs exacts fondés sur des modélisations hydrauliques si l'on souhaite vérifier quelles sont les surfaces réellement menacées. Les modèles altimétriques numériques utilisés aux fins de simulation figurent en annexe. Les lignes d'eau calculées ont été recoupées avec les courbes de niveau du terrain de la carte topographique au 1/25.000ème. Les surfaces obtenues et vérifiées à cette échelle de travail ont ensuite été généralisées pour être reportées à l'échelle cartographique au 1/100.000ème.

3.4 Particularité de la représentation des crues extrêmes sur le Rhin supérieur méridional canalisé

La modélisation opérée sur le secteur du Rhin supérieur canalisé représente l'enveloppe de la zone inondée lors de la crue de 1882 (débit de fréquence centennale environ) reconstituée à partir des laisses de crue observées et de la topographie actuelle du terrain.

N'ont pas été ici pris en compte :

- le creusement du lit du fleuve dans certains tronçons d'eaux courantes
- les verrous formés par les routes traversant l'axe de la vallée du Rhin qui empêchent le libre épanchement des hautes eaux jadis possible dans les conditions historiques représentées. Dans certaines localités, l'étendue et la profondeur des inondations seraient aujourd'hui nettement plus importantes du fait de ces verrous.

3.5 Particularités sur le delta du Rhin

Aux Pays-Bas, les deux tiers du territoire national seraient submergés en cas de crues s'il n'y avait pas de dispositifs de protection. Cette situation particulière ressort clairement des cartes de l'aléa d'inondation (en bleu). Pour évaluer ces cartes, il est important de savoir que c'est dans cette partie du bassin du Rhin que le niveau de protection est le plus élevé.

4. Cartes des dommages potentiels

4.1 Contenu des cartes

Les cartes des dommages potentiels doivent faire ressortir, pour des profondeurs d'inondation données, les endroits où sont menacés des biens de valeur importants. Elles fournissent donc des indications sur les conséquences potentielles des inondations. L'importance des dommages étant fortement corrélée avec la profondeur d'inondation, les cartes des dommages potentiels se présentent sous forme de transparents permettant d'identifier aisément et simultanément l'aléa (niveau d'eau) et les dommages potentiels.

Le point concernant le danger auquel sont exposées les personnes, qui devrait normalement figurer dans le présent chapitre, a été intégré pour des raisons de clarté dans les cartes de l'aléa d'inondation.

Pour représenter les dommages potentiels, on fait la différence entre:

Personnes touchées : Indépendamment du niveau d'eau en présence, cette catégorie englobe tous les habitants se trouvant dans la zone susceptible d'être inondée.

Personnes menacées : Cette catégorie est un sous-ensemble de la catégorie des personnes touchées et englobe tous les habitants se trouvant dans des zones bâties inondées par plus de deux mètres d'eau.

Biens de valeur : Pour les dommages potentiels, une première distinction en fonction des types d'usage (agriculture, industrie et habitat) et ensuite seulement en fonction de l'ampleur des dommages a été opérée, car les personnes touchées sont celles qui doivent réagir. On s'emploie donc à faire ressortir qui est touché et dans quelle mesure, en évitant de faire disparaître sous un seul total les montants imputables aux différents secteurs.

L'atlas fait apparaître:

en jaune les dommages exprimés en baisse de rendement agricole. Ils sont nettement inférieurs à ceux observés dans d'autres secteurs.

en violet les dommages constatés sur des surfaces industrielles, commerciales et de trafic (supérieurs et inférieurs à 25 euros/m²). La représentation distincte des zones industrielles est justifiée par les risques environnementaux souvent non quantifiables émanant de ces surfaces.

en rouge les dommages causés dans les zones habitées (supérieurs et inférieurs à 50 euros/m²). Dans les zones habitées, les dommages n'englobent pas seulement les biens privés, mais aussi le commerce et les services, les bâtiments publics et une partie des infrastructures de trafic et des PME. une telle procédure est nécessaire, ces types d'usages étant très mélangés. Les différentes densités de population sont prises en compte en fonction du nombre d'habitants par 1000 m².

4.2 Calcul des dommages potentiels

Les dommages pouvant survenir en cas de crues extrêmes sont calculés selon les étapes suivantes:

1. Détermination des usages dans les surfaces soumises à l'aléa d'inondation
2. Détermination des personnes touchées et des personnes menacées au niveau des surfaces inondables
3. Détermination des biens et des valeurs regroupés dans les surfaces inondables
4. Identification des dommages potentiels à partir des biens en présence et à l'aide d'une fonction de dommage subordonnée à la profondeur d'inondation.

Vu l'étendue des surfaces et l'échelle de représentation générale, il a fallu procéder pour chacun de ces volets aux simplifications décrites ci-dessous:

4.2.1 Détermination de l'occupation des sols

Ce travail se base sur les données CORINE établies de manière homogène pour toute l'Europe. Les 44 types d'occupation des sols ont été regroupés en 6 catégories d'usages en fonction de leur pertinence pour l'identification des dommages (habitat, industrie, trafic, agriculture, forêts et autres surfaces). La représentation à l'échelle européenne conduit à une généralisation, ce qui explique pourquoi ne sont représentées que les surfaces supérieures à 25 ha. Il en résulte que les structures linéaires (p.ex. les routes, les voies ferrées, les cours d'eau et les petites agglomérations longeant les routes) sont négligées.

L'intégration des usages sur de petites surfaces, notamment le trafic, dans de plus grandes catégories d'occupation des sols, rendue indispensable par la généralisation, sera compensée dans le calcul des dommages par un transfert analogue des valeurs dans ces classes.

4.2.2 Détermination des personnes touchées et menacées

Le nombre d'habitants est disponible par commune pour l'ensemble de la zone considérée. On a réparti régulièrement ces chiffres sur les surfaces habitées CORINE afin d'obtenir une densité démographique moyenne par commune. En superposant les surfaces inondables et les surfaces habitées, on peut alors déterminer par commune le nombre d'habitants touchés. Etant donné que les victimes sont rares lorsque le niveau d'eau ne dépasse pas 2 m et que ces cas sont dus uniquement à l'imprudence, la limite entre personnes menacées et personnes touchées par l'inondation a été fixée à cette profondeur d'eau. Dans ces conditions, le nombre de victimes probables n'a pas été estimé, étant donné d'une part que les bases de cette détermination ne sont pas assez fiables et d'autre part que la tâche visant à assurer la sécurité de tous reste la même, quelle que soit la probabilité.

L'hétérogénéité des données empêche de déterminer le nombre de personnes travaillant dans ces zones et susceptibles d'être touchés. Les recensements des Länder et des Etats ont été établis à des époques différentes. Ils sont structurés différemment et ne peuvent pas toujours être rapportés aux communes concernées. En cas d'inondations à grande échelle, une partie des personnes, difficile à déterminer, qui travaille dans ces zones habite également dans la zone inondable. On a donc renoncé ici à déterminer un chiffre pour éviter tout double compte.

4.2.3 Détermination des biens touchés

Dans le cadre de recensements à grande échelle, il n'est pas possible de déterminer les objets touchés (p.ex. le nombre des bâtiments, le nombre de km de route). Il faut donc déterminer des valeurs moyennes par catégorie d'usage. Pour les Länder allemands Bade-Wurtemberg, Hesse, Rhénanie-Palatinat et Rhénanie-du-Nord-Westphalie, on a tiré des statistiques économiques la valeur totale des biens existants et on a réparti cette valeur entre les catégories d'usage en faisant la distinction entre investissements en biens immobiliers et investissements en biens mobiliers (équipement ménager, stocks, équipement divers, machines). Ces données n'étant disponibles que pour les Länder fédéraux allemands, on a décidé, pour les autres pays concernés, d'ajuster les valeurs en leur attribuant des facteurs nationaux spécifiques. Ceux-ci ont été déterminés pour l'habitat à partir du pouvoir d'achat et pour le secteur économique à partir du produit national brut. Ont ainsi été obtenues pour chacune des catégories d'usage des valeurs moyennes par unité de surface pour un Etat donné. Une adaptation supplémentaire a ensuite été effectuée par commune en fonction du nombre d'habitants par hectare de surface habitée pour prendre en compte l'impact de la densité urbaine sur la concentration des valeurs.

4.2.4 Détermination des dommages matériels

La destruction des valeurs rassemblées sur une surface donnée n'est totale que dans le cas de profondeurs d'eau extrêmement importantes. En règle générale, il existe une relation de dépendance entre la profondeur d'eau et le degré d'endommagement, c'est-à-dire le pourcentage de dommage chiffré mathématiquement à l'aide de fonctions dites fonctions de dommage. Pour les différents bâtiments et biens, un certain nombre de ces fonctions ont été retenues dont les résultats peuvent toutefois varier dans une marge assez large. Dans le cas de la présente étude, il a fallu ajuster les fonctions de dommage aux catégories d'usages sélectionnées et aux montants globaux indiqués pour les valeurs. Pour les bâtiments, il a été admis que la fonction reste la même, indépendamment de l'utilisation. Pour les zones d'habitat, dont la valeur globale est un mélange de commerce et de services, d'habitat, d'unités administratives et d'équipement, ceci signifie que l'on peut partir d'une fonction de dommage uniforme pour le capital immobilier (bâtiment). Au sein d'une zone d'habitat, il a donc fallu distinguer pour chaque branche économique les différentes fonctions de dommage pour les biens mobiliers (équipement ménager, meubles, équipement divers, stocks). Une fonction mixte a été constituée à partir des différentes fonctions (60% logement, 35% économie et 5% biens publics). Les liens utilisés sont regroupés en annexe et se fondent sur les données de la banque HOWAS, des études néerlandaises, des entretiens entre experts et les expériences du consortium d'études chargé de la réalisation du présent atlas.

A partir des cartes de l'aléa d'inondation et des valeurs obtenues après ajustement communal spécifique pour chaque catégorie d'usages de la banque de données CORINE, un quadrillage de données indiquant la profondeur d'inondation et les valeurs rassemblées dans des cellules de 1000 m² (L = 31,62 m). En appliquant les fonctions de dommage, on obtient alors les dommages potentiels dans une cellule.

Si l'on procède à une **comparaison** avec des **estimations de dommages réalisées à une époque antérieure**, on doit garder à l'esprit que la présente détermination des dommages n'englobe pas certains aspects pouvant donner lieu à des écarts importants par rapports à d'autres recensements. Il s'agit plus spécifiquement des aspects suivants :

- La valeur de remplacement (valeur à l'état neuf) n'est pas prise en compte: On se réfère à la valeur actuelle au prix du marché, ce qui donne lieu à de grandes différences lorsqu'on compare avec les informations des assurances, qui elles se fondent sur la valeur à l'état neuf. Ces différences peuvent être de l'ordre d'un facteur 2.
- Les interruptions et pertes d'exploitation ne sont pas prises en compte: Pour le commerce et les services, les PME et l'industrie, ce type de dommage est souvent plus important que les dommages matériels subis. Dans la documentation sur ce type de sinistres, on relève que les dommages dus à des interruptions et pertes d'exploitation peuvent dépasser les dommages directs d'un facteur 1 à 4. Si ces pertes n'ont pas été comptabilisées, la raison en est qu'en situation d'inondation à grande échelle, des entreprises qui ne sont pas directement touchées peuvent également subir des dommages dus aux interruptions d'exploitation.
- Les dommages occasionnés aux véhicules ne sont pas pris en compte: Ils peuvent représenter 2 à 7 % de la somme totale des dommages.
- Les coûts de la lutte contre les risques majeurs et de l'intervention des pompiers et des équipes de secours ne sont pas pris en compte. Les inondations importantes survenues en Allemagne sur l'Oder en 1997 ou en 1995 aux Pays-Bas sur le Rhin ont contraint à des coûts d'intervention de plusieurs centaines de millions d'euros.
- Les dommages occasionnés aux ouvrages de protection contre les inondations ne sont pas pris en compte ni les coûts consécutifs de leur réparation ou consolidation. Il a été constaté que les dommages subis par les dispositifs de protection représentaient souvent 30 % des dommages totaux et pouvaient dépasser les dommages privés. Ils sont cependant difficiles à estimer, notamment lorsque de nouveaux ouvrages s'imposent.
- Les mesures susceptibles de réduire les dommages ne sont pas prises en compte.
- Les dommages subis par l'agriculture se limitent aux pertes de rendement sans prise en compte des cultures intensives et de la dégradation des infrastructures agricoles, ces usages particuliers n'étant pas signalés à part dans la banque de données CORINE.

5. Résultats

5.1 Généralités

Les dommages déterminés sont de purs dommages matériels et se fondent sur la valeur actuelle des biens endommagés.

Pour chaque surface considérée, les dommages patrimoniaux ainsi identifiés représentent donc la limite inférieure des dommages susceptibles de se produire pour une profondeur d'inondation donnée.

On rappellera que ces dommages ne sont pas susceptibles de survenir dans leur intégralité au cours d'une seule crue; Les indications ne sont réalistes que pour des segments du fleuve pris isolément. La sommation des dommages ne renvoie à aucun événement concret et n'a été réalisée que pour des considérations de simplification de présentation et pour mieux faire ressortir le potentiel global de dommages.

5.2 Surfaces menacées

Tableau 1: surfaces menacées en km²

Tronçons du Rhin	surface totale	selon la profondeur d'inondation			selon l'unité d'occupation des sols			
		profondeur < 0,5 m	profondeur 0,5-2 m	profondeur > 2 m	habitat	Industrie et trafic	agriculture	divers (forêts incluses)
haut Rhin	78,8	62,4	15,7	0,7	1,5	0,4	10,8	66,1
Rhin supérieur	1.839,5	223,0	685,4	931,1	166,3	82,6	1.108,3	482,3
Rhin moyen	52,5	4,1	11,2	37,2	17,5	4,6	18,7	11,7
Rhin inférieur	1.355,9	119,3	320,9	915,7	218,1	74,6	952,2	111,0
delta du Rhin	11.272,2	2.459,2	1.784,0	7.029,0	1.186,9	291,8	8.785,7	1.007,8
Total	14.598,9	2.868,0	2.817,2	8.913,7	1.590,5	454,0	10.875,7	1.678,9

Lors de crues extrêmes, on constate pour environ 20 % de la superficie du champ d'inondation du Rhin, qui représente 14.600 km² au total, que les profondeurs d'eau restent faibles (0 à 0,5 m) ou moyennes (0,5 à 2 m). Les surfaces où l'aléa augmente fortement (profondeur supérieure à 2 m) se trouvent notamment dans les zones protégées par des digues. En raison de leur faible niveau altimétrique, qui est parfois même inférieur au niveau de la mer, on trouve concentrées dans le delta du Rhin 79 % des surfaces menacées par les plus grandes profondeurs d'eau.

Sur le Rhin moyen, où les villes ont été érigées dès le Moyen Âge à proximité immédiate de la berge, la proportion de surfaces urbanisées, qui représente 34% du total, est sensiblement plus élevée que celui des autres tronçons du Rhin (entre 9 et 16 %). L'intensité des usages dans le fond de la vallée inondable atteint un maximum sur le Rhin inférieur et le delta du Rhin. Dans ces régions, les surfaces rassemblant des dommages potentiels significatifs (habitat, industrie et trafic, agriculture) couvrent 90 % de la superficie totale concernée, alors qu'elles ne représentent que 74 % sur le Rhin supérieur et le Rhin moyen.

5.3 Personnes potentiellement touchées

Tableau 2: Personnes potentiellement touchées

Tronçons du Rhin	Personnes touchées	
	dans les surfaces inondables	dont personnes menacées à partir d'une profondeur d'eau > 200 cm
haut Rhin	7.400	100
Rhin supérieur	777.400	322.400
Rhin moyen	73.300	45.200
Rhin inférieur	1.264.200	557.400
delta du Rhin	8.564.000	4.576.900
Total	10.686.300	5.502.000

Plus de 10 millions de personnes vivent dans des zones susceptibles d'être inondées par des crues extrêmes du Rhin. En comparant le Rhin supérieur et le Rhin inférieur, on relève immédiatement les différentes densités de population. Sur le Rhin supérieur, la superficie inondable est sensiblement plus importante (+ 36 %), le nombre de personnes potentiellement touchées est toutefois nettement inférieur (- 39 %) à celui du Rhin inférieur.

La forte densité de population du delta du Rhin fait que le nombre de personnes touchées est supérieur (+ 3 %) à celui qui correspondrait au pourcentage de surface touchée. Un danger élevé menace environ la moitié des personnes touchées.

5.4 Dommages potentiels identifiés pour les crues extrêmes

Tableau 3: dommages matériels potentiels en millions d'euros

Tronçons du Rhin	Habitat	Industrie et trafic	Revenus agricoles	Total
haut Rhin	32,6	4,8	0,8	38,3
Rhin supérieur	8.224,5	3.671,9	81,7	11.978,0
Rhin moyen	1.336,3	350,1	1,0	1.687,4
Rhin inférieur	16.458,9	3.788,5	85,6	20.333,0
delta du Rhin	111.011,8	19.244,0	610,6	130.866,4
Total	137.064,2	27.059,2	779,7	164.903,1

On entend par valeurs patrimoniales touchées la totalité des valeurs rassemblées sur les surfaces inondables. Pour l'ensemble des tronçons du Rhin, elles ont été fixées à 750 milliards d'euros. Seul une fraction de ce montant global, qui est fonction de la profondeur d'inondation et de la vulnérabilité des biens est touchée.

En raison de la proportion élevée de surfaces urbanisées que le Rhin moyen englobe, les dommages par unité de surface y sont nettement plus élevés (32 euros/m²) que sur le Rhin inférieur (15 euros/m²) ou le delta du Rhin (12 euros/m²). Les dommages moyens descendent à 6,5 euros/m² sur le Rhin supérieur et à 0,5 euro/m² sur le haut Rhin. Les chiffres expriment également une intensité d'usage nettement plus faible dans les tronçons du Rhin mentionnés en dernier lieu.

74 % des surfaces touchées sont aujourd'hui soumises à une exploitation agricole. A contrario, 83% de tous les dommages surviennent dans les zones urbanisées alors que celles-ci ne couvrent que 11% de la superficie totale.

On constate que la part des dommages issus de l'industrie et du trafic est étonnamment faible, avec uniquement 16 % des dommages totaux (3 % de la surface). Ce chiffre s'explique par le fait que les interruptions d'exploitation n'ont pas été prises en compte, comme il a déjà été signalé plus haut. Si l'on suppose qu'un facteur 3 à 4 devrait être attribué à ces dommages non recensés, l'ensemble des dommages s'élève alors, potentiellement, à un montant compris entre 80 et 110 milliards d'euros et rejoint ainsi le niveau de dommages totaux attendu pour cette catégorie.

5.5 Particularités du delta du Rhin

Par rapport aux valeurs mentionnées plus haut, diverses études néerlandaises ont établi des dommages potentiels sensiblement plus élevés pour le delta du Rhin. Comme on l'a déjà signalé, ceci vient du fait que l'on s'est limité dans le présent atlas aux dommages directs subis par l'habitat et l'industrie dans prendre en compte les pertes de valeur ajoutée et les dommages consécutifs. en agriculture par ailleurs, où seuls ont été considérés les pertes moyennes de rendement, la somme des dommages obtenue est également nettement moins importante. Les particularités de l'agriculture néerlandaise que sont l'élevage intensif du bétail et les cultures intensives à grande échelle (cultures sous serres) sont trop peu prises en compte dans l'approche adoptée. Les profondeurs d'inondation très importantes susceptibles de survenir dans le delta du Rhin amènent à supposer des dommages consécutifs substantiels (infrastructures détruites, perte de rendement sur plusieurs récoltes) que le reste du bassin du Rhin ne peut connaître avec une telle ampleur.

6. Annexes

Pour une meilleure compréhension de l'atlas, les annexes regroupent des informations importantes sous forme de tableaux. Ces informations sont tirées du rapport final établi par le consortium d'études sous le titre « Cartes générales de l'aléa d'inondation et des dommages potentiels en cas de crues extrêmes sur le Rhin - procédure d'identification des surfaces menacées par les inondations et procédure de détermination des valeurs patrimoniales » (2001). Vous pouvez obtenir ce rapport sur demande adressée à la CIPR.

Echelle	PK	HQ10	HQ100	HQ200
	km	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Maxau	362	4030	4790	5000
Worms	444	4470	5880	6000
Mainz	498	5480	7410	7960
Kaub	546	5680	7530	8090
Koblenz	592	6140	8200	8830
Andernach	614	8740	11730	12700
Bonn	655	8760	11700	12600
Köln	688	8900	12000	12900
Ruhrort	781	9200	12400	13400
Rees	837	9170	12300	13300
Emmerich	852	9100	12200	13100

Périodes de retour de stations de mesure choisies et écoulements correspondants

Procédure suivie pour l'établissement des cartes de l'aléa d'inondation

Les limites d'inondation pour les crues d'une période de retour de 10 et de 100 ans, disponibles auprès des services régionaux de gestion des eaux pour l'ensemble de l'espace géographique considéré, ont pu être reprises dans le présent rapport.

Les profondeurs d'inondation représentées pour des crues extrêmes sont le résultat de modélisations hydrauliques simples. Il a été utilisé un modèle de submersion simplifié qui, partant du niveau d'eau indiqué dans le lit mineur pour un kilomètre fluvial donné, reporte latéralement l'inondation vers l'extérieur jusqu'à obtention, en état final stationnaire, de la limite d'inondation recherchée sur le terrain. Les obstacles à l'écoulement tels que les remblais de voies ferrées et les passages en tuyau ont été pris en compte dans la mesure du possible, comme indiqué dans les modèles de terrain. Les profondeurs d'inondation ont été obtenues en soustrayant la hauteur du terrain des niveaux d'eau déterminés.

Sur les tronçons rhénans canalisés et endigués, on est parti de l'hypothèse d'une défaillance d'une digue à l'endroit le plus défavorable en extrapolant à nouveau le niveau d'eau par déplacement latéral sur le terrain, ce qui correspond grossièrement à l'hypothèse de l'absence de digues de protection avec un niveau d'eau constant. En territoire néerlandais, on a opté pour une méthode différente en décidant que la crête de digue la moins élevée désignait le niveau de référence à partir duquel le polder était intégralement submergé.

Le résultat de cette procédure est une représentation globale de nombreux scénarios de ruptures de digues potentielles reproduisant le niveau d'eau maximal attendu pour chaque tronçon et pour une situation finale stationnaire. Ce niveau ne peut toutefois survenir que dans un espace restreint, car une rupture d'une digue se traduirait normalement par un effet de rétention qui ferait directement baisser nettement le niveau d'eau du Rhin plus en aval.

Tableau: données hydrologiques de base

Données hydrologiques de base						
Tronçons du Rhin	haut Rhin	Rhin supérieur méridional canalisé	Rhin supérieur septentrional endigué	Rhin moyen	Rhin inférieur	Delta du Rhin
PK	0 - 170	> 170 - 334	> 334 - 529	> 529 - 642	> 642 - 857	> 857 - 1030
Etat, Länder	Suisse, Bade-Wurtemberg	France, Bade-Wurtemberg	France, Bade-Wurtemberg, Rhénanie-Palatinat, Hesse	Rhénanie-Palatinat, Hesse, Rhénanie-du-Nord-Westphalie	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	Pays-Bas
HQ₁₀	correspond à la ligne de berge au 1/100.000ème	correspond à la ligne de berge au 1/100.000ème	correspond à la ligne de berge au 1/100.000ème et en partie également à la ligne de la digue d'été	correspond à la ligne de berge au 1/100.000ème	correspond en majeure partie à la ligne de berge	correspond à la ligne de berge
HQ₁₀₀	correspond à la limite d'inondation de la crue de mai 1999	correspond à la première ligne de digue	correspond à la ligne de la digue de hautes eaux	correspond à la ligne de berge au 1/100.000ème	correspond à la ligne de la digue principale	correspond à la ligne de la digue principale
HQ_{Extrême}	fixé un mètre au-dessus de la crue de mai 1999. A hauteur du lac inférieur, cette majoration de niveau se limite à un demi-mètre	fixé au niveau de la ligne d'eau mesurée de la crue historique de 1882 ¹	correspond à la ligne d'eau de HQ ₂₀₀ + 0,5 mètre; défaillance de digue à l'endroit le plus défavorable dans un système fermé ²	ligne d'eau de HQ ₂₀₀ + 0,5 mètre; au 1/100.000ème, identique par endroits à la ligne de berge	ligne d'eau de HQ ₅₀₀ , défaillance de digue à l'endroit le plus profond d'une système de digues (polder)	ligne d'eau de HQ ₁₂₅₀ , défaillance de digue à l'endroit le plus profond d'une système de digues (polder)
¹ en raison des spécificités hydrauliques du tronçon régulé du Rhin compris entre Bâle et Iffezheim doté en partie d'un système biaxial de digues et offrant un niveau de protection correspondant à une période de retour de 1000 ans, des scénarios de rupture de digue ont été retenus pour déterminer les surfaces inondées par HQEXTRÊME ² en Hesse, l'île de Kùhkopf est submergée à partir de HQ10						

Tableau : Modèles de terrain utilisés

Modèles altimétriques numériques utilisés							
	Suisse	France	Bade-Wurtemberg	Hesse	Rhénanie-Palatinat	Rhénanie-du-Nord-Westphalie	Pays-Bas
DHM	Modèle matrice DHM 25	Base de données altimétrique (Bd Alti)	DHM Bade-Wurtemberg	DHM 40	DGM Rhénanie-Palatinat	Modèle de terrain de l'étude intitulée "Dommages potentiels dus aux crues du Rhin en NRW" et composé de modèles individuels reposant sur différentes données de base DGM5 et DGM25 ont parfois été complétées par des modèles de terrain de tiers, des courbes de niveau numérisées ou des modèles interpolés à partir de données de cadastres de canalisations. La précision verticale est variable. Dans le cadre du modèle DGM5, elle est de l'ordre de 2 à 5 m.	Modèle numérique de terrain et modèle de submersion de l'étude "Overstromings-gebieden" du Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat (1999)
Résolution horizontale	25 m	50 m	50 m	40 m	20 m		
Résolution verticale	1 m	1 m	1 m	1 dm	dm		
Précision des indications altimétriques	1 à 2 m en moyenne, env. 1,5 m dans le Mittelland et 5 à 8 m dans les Alpes	2,5 m en moyenne	entre ± 2-3m	entre ± 1-3m, parfois 5m	Précision altimétrique moyenne de 0,5 m et de ± 2 à 5 m dans les zones forestières		
Source	Interpolation à partir de la carte nationale au 1:25.000ème	Courbes de niveau des Cartes topographiques au 1:25.000ème avec équidistances de 5 à 40m	Evaluation photogramétrique de vues aériennes effectuées dans les années 70	Evaluation photogramétrique de vues aériennes	Interpolation à partir de la carte générale de l'Allemagne au 1/5.000ème		
Observations			A titre d'information complémentaire, des données scannées au laser ont été ajoutées pour la zone relevant de la compétence de la Direction des eaux de Lahr et pour les villes de Mannheim et de Karlsruhe, ainsi que des données de niveau tirées de la DGK5				

Tableau: Valeurs patrimoniales spécifiques dans les Länder fédéraux allemands

Valeurs patrimoniales spécifiques au Bade-Wurtemberg			
Catégorie d'usages	Valeur par m ² immobilier	Valeur par m ² mobilier	Total
1 Habitat	268,- Euro par m ²	54,- Euro par m ²	322,- Euro par m ²
2 Industrie	262,- Euro par m ²	83,- Euro par m ²	345,- Euro par m ²
3 Trafic	246,- Euro par m ²	2,- Euro par m ²	249,- Euro par m ²
4 Surfaces agricoles			6,- Euro par m ²
5 Sylviculture			2,- Euro par m ²
6 Divers			pas de valeur

Valeurs patrimoniales spécifiques en Hesse			
Catégorie d'usages	Valeur par m ² immobilier	Valeur par m ² mobilier	Total
1 Habitat	231,- Euro par m ²	51,- Euro par m ²	282,- Euro par m ²
2 Industrie	258,- Euro par m ²	80,- Euro par m ²	338,- Euro par m ²
3 Trafic	300,- Euro par m ²	3,- Euro par m ²	303,- Euro par m ²
4 Surfaces agricoles			7,- Euro par m ²
5 Sylviculture			1,- Euro par m ²
6 Divers			pas de valeur

Valeurs patrimoniales spécifiques en Rhénanie-Palatinat			
Catégorie d'usages	Valeur par m ² immobilier	Valeur par m ² mobilier	Total
1 Habitat	181,- Euro par m ²	41,- Euro par m ²	222,- Euro par m ²
2 Industrie	259,- Euro par m ²	81,- Euro par m ²	340,- Euro par m ²
3 Trafic	143,- Euro par m ²	1,- Euro par m ²	144,- Euro par m ²
4 Surfaces agricoles			5,- Euro par m ²
5 Sylviculture			1,- Euro par m ²
6 Divers			pas de valeur

Valeurs patrimoniales en Rhénanie-du-Nord-Westphalie			
Catégorie d'usages	Valeur par m ² immobilier	Valeur par m ² mobilier	Total
1 Habitat	231,- Euro par m ²	59,- Euro par m ²	289,- Euro par m ²
2 Industrie	231,- Euro par m ²	80,- Euro par m ²	311,- Euro par m ²
3 Trafic	263,- Euro par m ²	2,- Euro par m ²	265,- Euro par m ²
4 Surfaces agricoles			9,- Euro par m ²
5 Sylviculture			1,- Euro par m ²
6 Divers			pas de valeur

Les surfaces agricoles englobent les rendements annuels moyens auxquels est ajoutée la valeur du secteur « Travaux publics », qui n'est pas recensé dans la banque CORINE

Tableau: Valeurs patrimoniales spécifiques en Suisse, en France et aux Pays-Bas

Valeurs patrimoniales spécifiques en Suisse			
Catégorie d'usages	Valeur par m ² immobilier	Valeur par m ² mobilier	Total
1 Habitat	275,- Euro par m ²	65,- Euro par m ²	340,- Euro par m ²
2 Industrie	287,- Euro par m ²	96,- Euro par m ²	383,- Euro par m ²
3 Trafic	292,- Euro par m ²	3,- Euro par m ²	294,- Euro par m ²
4 Surfaces agricoles			7,- Euro par m ²
5 Sylviculture			1,- Euro par m ²
6 Divers			pas de valeur

Valeurs patrimoniales spécifiques en France			
Catégorie d'usages	Valeur par m ² immobilier	Valeur par m ² mobilier	Total
1 Habitat	217,- Euro par m ²	51,- Euro par m ²	268,- Euro par m ²
2 Industrie	229,- Euro par m ²	76,- Euro par m ²	305,- Euro par m ²
3 Trafic	232,- Euro par m ²	2,- Euro par m ²	234,- Euro par m ²
4 Surfaces agricoles			7,- Euro par m ²
5 Sylviculture			1,- Euro par m ²
6 Divers			pas de valeur

Valeurs patrimoniales spécifiques en Pays-Bas			
Catégorie d'usages	Valeur par m ² immobilier	Valeur par m ² mobilier	Total
1 Habitat	252,- Euro par m ²	59,- Euro par m ²	311,- Euro par m ²
2 Industrie	262,- Euro par m ²	87,- Euro par m ²	350,- Euro par m ²
3 Trafic	266,- Euro par m ²	2,- Euro par m ²	268,- Euro par m ²
4 Surfaces agricoles			7,- Euro par m ²
5 Sylviculture			1,- Euro par m ²
6 Divers			pas de valeur

Tableau: fonctions de dommage

Fonction de dommage	Type de fonction
FD_Habitat, immobilier	$Y = 2x^2 + 2x$
FD_Industrie, immobilier	$Y = 2x^2 + 2x$
FD_Trafic, immobilier	$\{0..1\} Y=10x \text{ ab } 1 Y=10$
FD_Equipement économique	$Y = 11 * x + 7,5$
FD_Equipement habitat	$Y = 12 * x + 16,25 \{x=1..7\}$
FD_Equipement biens publics	$Y = 7 * x + 5$
FD_habitat, mobilier (35% économie, 60% habitat, 5% biens publics)	$Y = 11,4 * x + 12,625$
FD_industrie, mobilier	$Y = 7 * x + 5$
FD_Trafic, mobilier	$\{0..1\} Y=10x \text{ ab } 1 Y=10$
FD_surf. agri	$Y = 1$
FD_sylv.	$Y = 1$

x = niveau d'eau en mètres Y = degré d'endommagement en %

Le faible degré d'endommagement obtenu pour les surfaces agricoles résulte des valeurs patrimoniales importantes, mais toutefois insensibles aux dommages, des travaux publics, qui ont été incorporés dans cette catégorie d'usages en raison de la résolution limitée de la banque de données CORINE. La valeur de 0,05 à 0,1 euro par m² correspond à une perte moyenne de rendement sur les terres labourées et les prairies en cas de crues.