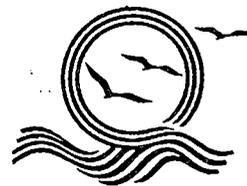


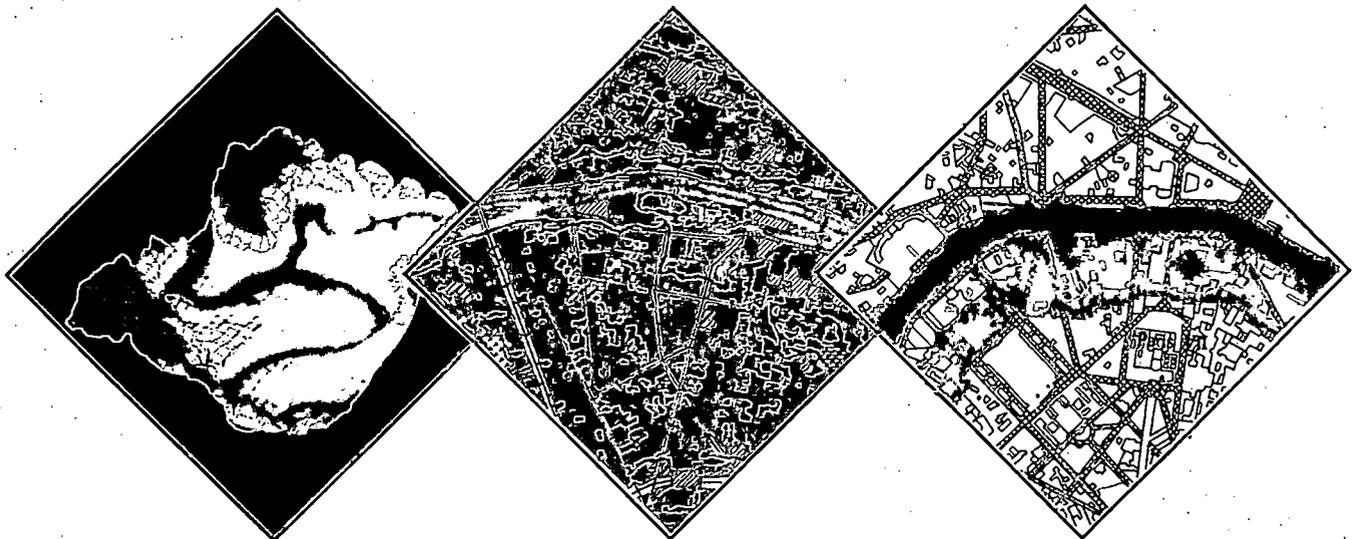
LES GRANDS LACS DE SEINE



14102

**Institution Interdépartementale des Barrages Réservoirs
du Bassin de la Seine
avec la participation de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie
du Ministère de l'Environnement
de la Région Ile de France**

**ANALYSE EMPIRIQUE DES DESORDRES ET DES DOMMAGES
RESULTANT DES DIFFERENTES CRUES DE LA SEINE ET DE LA MARNE
DANS L'AGGLOMERATION CONTINUE D'ILE-DE-FRANCE**



NOTE DE SYNTHESE



**Société d'Ingénierie pour l'Eau et l'Environnement - SOCOTEC Environnement
Flood Hazard Research Centre - Laboratoire d'Hydrologie et Modélisation - Territoire Conseils**

Janvier 1994

GLOSSAIRE

A.P.E.	Activité Principale Exercée
B.C.E.O.M.	Bureau Central d'Etude pour l'Outre-Mer
B.D. ALTI	Base de données ALTI
C.E.R.G.R.E.N.E.	Centre d'Enseignement et de Recherche pour la Gestion des Ressources Naturelles et de l'Environnement.
C.P.C.U.	Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain
D.D.A.F.	Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
D.D.E.	Direction Départementale de l'Equipement
D.D.S.I.S.	Direction Départementale des Services Incendie et de Secours
D.R.E.I.F.	Direction Régionale de l'Équipement de l'Ile-de-France
D.R.I.R.E.	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
E.D.F	Electricité de France
E.P.A. MARNE	Etablissement Public d'Aménagement de la Marne
F.H.R.C.	Flood Hazard Research Centre
F.I.N.E.S.S.	Fichier National des Equipements Sanitaires et Sociaux
G.D.F.	Gaz de France
I.A.U.R.I.F.	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France
I.G.N.	Institut de Géographie Nationale
I.N.S.E.E.	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
kWh	Kilowatt/heure
M.F.	Millions de Francs
M.N.T.	Modèle Numérique de Terrain
M.O.S.	Mode d'Occupation des Sols
P.A.P.	Port Autonome de Paris

P.E.R.D.I.F.	Plan d'Ensemble de la Région Ile-de-France
R.A.T.P.	Régie Autonome des Transports Parisiens
R.D.C.	Rez-de-chaussée
R.E.R.	Réseau Express Régional
S.A.P.	Section d'Assainissement de Paris
S.A.T.E.S.E.	Service d'Assistance Technique aux Stations d'Épuration
S.I.A.A.P.	Syndicat Interdépartemental d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne
S.N.C.F.	Société Nationale des Chemins de Fer
S.N.S.	Service de Navigation de la Seine
S.T.I.I.I.C.	Service Technique Interdépartemental d'Inspection des Installations Classées
SY.C.T.O.M.	Syndicat Intercommunal de Collecte et de Traitement des Ordures Ménagères
T.C.	Transport Collectif
V.P.	Véhicule Particulier

AVANT - PROPOS

Fréquemment, les secteurs fortement urbanisés de l'ensemble de la Région Ile de France, et plus particulièrement la Ville de Paris et les trois départements de la petite couronne, sont soumis à des inondations provoquées par les crues de la Seine et de la Marne.

La recherche de nouvelles solutions techniques susceptibles d'améliorer le niveau de protection de la zone urbaine continue d'Ile-de-France ont abouti au lancement d'études dans les années 1986/1987 (utilisation des gravières de la vallée de la Seine, barrages sur les affluents, dérivation de la boucle de Gennevilliers, recherche de sites sur le bassin de l'Yonne, ...).

La faisabilité technique de ces projets étant, à des degrés divers, à présent reconnue, une hiérarchie et un choix ne peuvent s'effectuer en l'absence d'éléments socio-économiques permettant d'estimer la rentabilité des différents partis d'aménagement techniquement envisageables.

Ce calcul de "rentabilité" consiste à comparer la plus-value socio-économique résultant de la réduction des dommages, par **abaissement des niveaux**, des durées et des fréquences de submersion avec le coût de l'investissement.

La connaissance de la plus-value économique nécessite de pouvoir, pour différents types de crue (réelles ou synthétiques) de la SEINE et de la MARNE :

- afficher les risques, c'est-à-dire cartographier les zones inondables,
- quantifier les dommages engendrés par ces inondations, en situation actuelle et compte tenu des protections existantes ;
- mesurer les gains apportés par les différents scénarios d'aménagements.

Une étude a donc été lancée avec ces objectifs. Cette étude, qui présente un caractère méthodologique expérimental, se décompose en trois phases. Elle a été volontairement limitée dans un premier temps aux zones urbaines agglomérées de la région Ile-de-France qui présente la vulnérabilité la plus forte.

Phase 1 : analyse empirique de l'apparition des désordres et des dommages résultant des différentes crues de la Seine et de la Marne dans l'agglomération continue d'Ile-de-France.

Cette première phase consiste en :

- un recensement et une collecte des données existantes aussi exhaustive que possible, par enquête et observations sur le terrain, puis critique et validation de l'information recueillie ;
- mise au point d'un modèle numérique de terrain permettant la cartographie des crues et les calculs de dommages à partir des fichiers du "Mode d'Occupation des Sols" de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France ;
- élaboration du cadre méthodologique des outils de calcul hydraulique et économique utilisés dans les phases 2 et 3 ;
- première estimation du coût des dommages socio-économiques sur les zones inondables comprises dans les limites de la plus forte crue historique ;
- constitution d'une base de données actualisable.

Phase 2 : Elaboration des outils "crue - inondations - dommages" de simulation du comportement de la SEINE et de la MARNE pour différentes situations et évaluation des dommages occasionnés.

Phase 3 : Evaluation économique "inondation - dommages" de l'impact des différents scénarios d'aménagement.

La synthèse présentée dans ce document rend compte de la phase 1 de l'étude.

Les Grands Lacs de Seine (Institution Interdépartementale des Barrages Réservoirs du Bassin de la Seine) assurent la maîtrise d'ouvrage de cette étude. Ils ont été assistés :

♦ financièrement et techniquement par :

- l'Agence de l'Eau Seine - Normandie,
- le Ministère de l'Environnement,
- la Région Ile de France.

♦ techniquement par :

- la Direction Régionale de l'Environnement de la Région Ile-de-France,
- la Direction Régionale de l'Urbanisme de la Direction Régionale de l'Equipement de la Région Ile-de-France,
- le Service de Navigation de la Seine.

Le CERGRENE, en la personne de M. TORTEROTOT, est intervenu auprès du maître d'ouvrage en tant que conseil, plus particulièrement sur les aspects économiques de l'estimation des dommages des inondations.

La maîtrise d'oeuvre de l'étude a été confiée à un groupement d'entreprises associant :

en tant que co-traitants :

- la Société d'Ingénierie pour l'Eau et l'Environnement (mandataire du groupement),
- SOCOTEC Environnement ;

en tant que sous-traitants :

- le Flood Hazard Research Centre (Middlesex Université de Londres),
- le Laboratoire d'Hydrologie et Modélisation (Université des Sciences et Techniques du Languedoc de Montpellier),
- le Cabinet Territoire Conseils.

SOMMAIRE

I.	OBJECTIFS DE L'ETUDE ET DEFINITIONS	1
I.1.	Rappel des objectifs	1
I.2.	Définitions	4
II.	METHODOLOGIE GENERALE	6
II.1.	Le modèle numérique de terrain	6
II.2.	Les crues	7
II.3.	Le M.O.S.	9
II.4.	Les désordres potentiels	12
II.5.	Les dommages directs	14
II.6.	Dommages indirects	16
III.	HYPOTHESES DE CALCUL ET PRECISION DES ESTIMATIONS	18
III.1.	Les paramètres hydrauliques	18
III.2.	Les désordres	21
III.3.	Les dommages directs	22
III.3.1.	Secteur habitat	22
III.3.2.	Secteur Activités	25
III.3.3.	Les équipements	26
III.4.	Les dommages indirects	28
III.4.1.	Les dommages applicables au MOS	28
III.4.2.	Les dommages non applicables au MOS	32
IV.	PRESENTATION DES RESULTATS	37
IV.1.	Les zones inondables	37
IV.2.	Les dommages directs	42
IV.3.	Les dommages indirects	50
V.	ANALYSE METHODOLOGIQUE DES OUTILS DE CALCUL HYDRAULIQUE	59
VI.	CONCLUSION	62

ANNEXES

I. OBJECTIFS DE L'ETUDE ET DEFINITIONS

I.1. RAPPEL DES OBJECTIFS

L'objet de cette première phase du programme général d'étude, consistant à évaluer les effets des inondations, est d'effectuer une investigation prospective - par un traitement de l'information existante - pour définir plus précisément les limites de ce qu'il serait raisonnablement possible d'entreprendre.

Tout d'abord, sur la base de données disponibles, à savoir :

- le M.O.S. (Mode d'Occupation des Sols) de l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France, défini en page 8,
- les données topographiques les plus récentes de l'IGN, du Service du Cadastre, de la Ville de Paris, etc. ;
- et les emprises maximales des zones d'inondation - pour la plus forte crue historique (janvier 1910, janvier 1924 ou janvier 1955 selon le secteur géographique) - cartographiées au 1/25 000^e, dans le cadre de l'étude « **Projet de plan Régional de Protection contre les Eaux des Rivières d'Ile-de-France** », réalisée en 1982 par HYDRATEC pour le compte de la Région.

Cette étude préalable doit fournir une première approximation de l'évaluation du coût des dommages socio-économiques résultant des inondations (définies ci-avant) observées dans la zone agglomérée continue d'Ile-de-France.

La zone d'étude s'étend de Melun à Mantes sur la Seine, de Meaux à la confluence sur la Marne et de Pontoise à la confluence sur l'Oise.

Cette phase d'étude doit satisfaire aux besoins suivants :

- identifier les sources d'informations, puis collecter les données disponibles sur les désordres hydrauliques et les dommages pouvant en résulter en Ile-de-France. Ces informations seront structurées, afin de faire apparaître une

1.2. DEFINITIONS

La nature de cette étude rend nécessaire la définition des termes "désordres" et "dommages" afin de faciliter la compréhension de ce rapport.

- ◆ **Désordres** : expression des impacts directs et indirects de l'inondation. Différents indicateurs sont utilisés pour caractériser les désordres selon leur nature :
 - . indicateurs physiques (linéaire de berge érodé ...)
 - . indicateurs démographiques (nombre d'utilisateurs concernés par l'interruption d'un service ...)

Nous les avons classés, pour les besoins de l'étude, en trois catégories :

- les désordres hydrauliques (érosions de berges, atterrissements, bateaux pouvant être emportés, ponts, barrages) ;
- les désordres ou atteintes aux différentes catégories de services publics (eau potable, EDF, GDF, chauffage urbain, hôpitaux, stations d'épuration) ;
- les industries dont les stocks de matières premières ou de produits finis représentent une pollution potentielle en cas d'inondation.

- ◆ **Dommages** : conséquences économiques défavorables mesurées du phénomène naturel (inondation) sur les biens, les activités et les personnes.

On distinguera dommages directs et dommages indirects, selon la typologie suivante :

- *dommage direct* : toute perte liée à un impact physique de l'événement occasionnant une destruction matérielle ou corporelle par l'effet de l'eau ;
- *dommage indirect* : conséquence sur les activités et les échanges de l'apparition de certains dommages directs et de la submersion proprement dite ; dans l'acception FHRC 1, qui évalue actuellement les six catégories de dommages indirects suivants :
 - . interruptions d'activités de production industrielle,
 - . interruptions d'activités commerciales et de services,
 - . coupures de réseaux de transport et de communication,

¹ F.H.R.C. : Flood Hazard Research Centre. Le FHRC est intervenu sur les aspects concernant l'évaluation économique des dommages directs et indirects, plus particulièrement sur la validation des données recueillies et des éléments méthodologiques du calcul des dommages.

hiérarchisation des désordres et des dommages, en fonction des niveaux de submersion ;

- établir, à partir de l'ensemble des données existantes, une première évaluation des dommages résultant de crues ayant les mêmes lignes d'eau que celles observées dans le passé, et touchant la zone agglomérée d'Ile-de-France dans son urbanisation actuelle.

En fonction de ces premiers éléments acquis, et compte tenu d'une analyse critique menée sur les modèles hydrauliques existants, cette phase doit aussi conduire, en second lieu, aux orientations des phases 2 et 3 du programme général d'étude.

Elle précise s'il est possible d'affiner et définir, tant que faire se peut :

- les outils de modélisation hydraulique (propagation, inondation) des rivières permettant de simuler, pour des grandes crues historiques ou des situations de référence (de période de retour définie en un lieu donné) :
 - . des cotes de crue et des durées de submersion, dans le lit des rivières et en tout point des champs d'inondation,
 - . ainsi que l'impact des ouvrages structurants (dans leur mode de gestion actuel) ;
- les outils de modélisation économique (dommages directs et indirects, relations économiques nature des biens et activités - paramètres hydrologiques - coût) définissant les risques économiques liés à des décisions de protection ou de non-protection contre les inondations ;
- enfin, toutes investigations complémentaires s'avérant nécessaires pour mener à bien la réalisation de ces outils (levés topographiques, enquêtes de terrain, données socio-économiques, ...).

- . interruption des prestations des services publics de distribution (électricité, eau),
- . autres perturbations affectant les ménages,
- . coût des services de secours et d'interventions d'urgence.

L'évaluation est différente selon l'échelle considérée et la nature du dommage : tangible ou intangible (dommage ne pouvant pas être caractérisé de façon quantitative tels que destruction d'oeuvres d'art, effets sur la santé, ...); dans cette étude, on évaluera le coût des dommages par addition des coûts financiers individuels (exemple : perte de valeur ajoutée des activités commerciales), indemnités non déduites.

Cette approche ne tient pas compte par exemple des transferts d'activité réalisables en un autre lieu ; une évaluation économique à l'échelle de la région Ile-de-France ou de la collectivité nationale pourrait conduire à une compensation partielle des "plus" et des "moins". Elle ne tient pas compte non plus des effets de pollution ou risques industriels induits.

Les dommages intangibles n'ont pas été analysés dans le cadre de cette étude.

II. METHODOLOGIE GENERALE

II.1. LE MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN

Un **Modèle Numérique de Terrain (M.N.T.)** est la représentation numérique de la surface du terrain naturel. Il représente de **manière continue** au moyen de **facettes** triangulaires ou rectangulaires, la topographie décrite par ailleurs de **manière discrète** (points cotés, courbes de niveau).

Dans le cadre de l'étude, le modèle élaboré est constitué de mailles régulières carrées, de 25 m de côté.

Afin d'estimer au mieux les paramètres hydrauliques des crues simulées, l'objectif était de disposer d'une information altimétrique suffisante pour constituer un modèle numérique de terrain le plus fidèle possible à la **réalité actuelle et le plus fin possible compte tenu de l'exactitude attendue du modèle et de l'étendue de la zone d'étude.**

La collecte des documents topographiques a été menée dans un souci de précision maximale et de rapidité d'acquisition.

Les enquêtes ont été entreprises auprès des services de l'Etat susceptibles de disposer de plans récents (IGN, Service du Cadastre, DDE, DDAF, ...), des collectivités territoriales et locales (Conseils Généraux, Communes, ...), ainsi que des principaux cabinets de géomètres et photogrammétrie travaillant sur la région.

Le Modèle Numérique de Terrain de la zone d'étude a été constitué à partir de données topographiques de quatre origines différentes selon leurs situations géographiques :

- sur la Ville de Paris : couverture de la commune au 1/2 000^e sur laquelle sont représentés de façon non exhaustive et sur les axes routiers, des points cotés issus de levés terrestres ;
- sur les départements de la petite couronne : PERDIF au 1/2 000^e mis à jour entre 1976 et 1986. Données issues de missions photoaériennes "standards" basse altitude ;

- sur la Marne, de Chelles à Esbly : plans topographiques de l'EPAMARNE établis au 1/2 000^e par missions photoaériennes et terrestres, en 1990 et 1991 ;
- sur les départements de la grande couronne : données IGN de la banque de données ALTI actualisées en bordure de la Seine et de la Marne pour les besoins de l'étude.

Cette banque de données se présente sous la forme d'un maillage de points, espacés de 50 m et dont l'altimétrie est arrondie au mètre inférieur près, donc systématiquement sous-estimé par rapport à l'altitude réelle et par rapport aux cotes d'eau. Ces points sont issus d'une interpolation entre les courbes de niveau des plans au 1/25 000^e de l'IGN (courbes maîtresses, intercalaires et sous-intercalaires).

Le modèle numérique de terrain élaboré sur l'ensemble de la zone représente un maillage de points cotés espacés de 25 m. Ce maillage a été obtenu soit par échantillonnage de la banque ALTI, soit par triangulation des données altimétriques saisies sur les plans topographiques disponibles.

Ce modèle global, dont la maille peut paraître lâche en zone urbaine, rend bien compte des surfaces potentiellement inondables. En revanche, les protections linéaires locales (murets, diguettes, ...), de faibles largeurs, n'ont pas été prises en compte car, d'une part, elles ne sont pas représentées sur les documents topographiques saisis et, d'autre part, elles sont en divers endroits inefficaces pour un événement de type crue 1910.

II.2. LES CRUES

Dans le cadre de l'étude, quatre crues ont été prises en compte :

- trois crues historiques sur la base des lignes d'eau observées en 1910, 1955, 1970. Les crues sont caractérisées dans le tableau page suivante ;
- une crue "synthétique" exceptionnelle, correspondant à un événement qui entraînerait une surélévation de la cote de l'eau de + 0,5 m par rapport à la crue de 1910, au droit du pont d'Austerlitz. Une telle crue, nommée 9999 dans la suite du document, correspondrait à un accroissement de débit de 6 % par rapport à 1910 à Paris. cet accroissement relatif a été reproduit de façon uniforme sur toute l'aire d'étude.

Il est à rappeler qu'aucune modélisation hydraulique dynamique n'a été effectuée.

Crue	Chalifert		Melun		Sens		Paris-Austerlitz		Mantes	
	H	T	H	T	H	T	H	T	H	T
1910	5,26	100	6,4	130	4,44	100	9,62	100	8,13	50
1955	5,18	50	5,56	30	3,52	15	7,12	50	7,51	30
1970	4,61	8	4,57	7	2,95	5	5,63	10	7,06	11

H : hauteur observée à l'échelle (m)

T : période de retour approximative (en années)

Les lignes d'eau des crues historiques ont été considérées comme identiques à ce qu'elles étaient à l'époque où elles sont intervenues.

Ces données hydrauliques correspondent à l'état antérieur des lignes d'eau sur l'état actuel de la topographie.

Les bases de données constituées représentent un maillage régulier de points espacés de 25 m, pour chacun desquels les informations **hauteur d'eau** et **durée de submersion** ont été calculées.

Le calcul de la hauteur d'eau a été effectué par recherche des points en eau en comparant, en chaque point de la maille, la cote de l'eau à celle du terrain naturel.

La durée de submersion en chaque point a été calculée d'après les limnigrammes de crues existants, en simulant sur la zone les cotes de crue dépassées pendant 4, 9, 14, 49 jours (seuils choisis à partir du limnigramme de la crue de 1910).

Afin de prendre en compte l'imprécision sur les données topographiques collectées, une modélisation de la répartition spatiale des incertitudes a également été effectuée. Cette modélisation a consisté à tirer aléatoirement des erreurs probables dans une loi de Gauss, sur un maillage de 500 m x 500 m, afin de constituer une surface des imprécisions.

Après ajout de ces 20 erreurs au MNT, on a ainsi créé 20 autres modèles numériques de terrain.

La recherche des points en eau a donc été faite 21 fois :

- une fois sur le MNT "brut",
- 1 fois sur chacun des 20 MNT "aléatoires".

Ainsi, en chaque point de la base de données hydrauliques, sont également présentes les informations :

- hauteur maximale de l'eau sur les 20 recherches,
- hauteur minimale de l'eau sur les 20 recherches.

II.3. LE M.O.S.

◆ Définition

Le M.O.S. (Mode d'Occupation des Sols) est un document numérique établi par l'IAURIF (Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France). Il représente une carte d'occupation du sol classifiée en 130 postes.

Cette carte a été saisie après photorestitution au 1/5 000^e de photos aériennes.

Les mises à jour se font régulièrement, la dernière datant de 1990.

Cette nomenclature en 130 postes est apparue comme inadaptée à l'objectif de l'étude.

Ainsi, cette classification a été modifiée et regroupée en 36 postes que l'on peut redistribuer selon six grandes familles d'occupation de l'espace :

- l'espace rural,
- l'espace urbain non construit,
- l'espace urbain construit type habitat,
- l'espace urbain construit type activités,
- les équipements,
- les infrastructures de transport

Le détail des 130 postes du MOS est fourni à l'annexe 2, ainsi que le raisonnement ayant conduit à un regroupement en 36 postes.

REPARTITION DU MOS EN 36 POSTES

N° DE POSTE	LIBELLE	COMMENTAIRES	REPRESENTATIVITE SPATIALE (%) SUR LA ZONE D'ETUDE
ESPACE RURAL			
1	Culture intensive		0,05
2	Autre espace rural	Bois ou forêt ouvert au public / bois ou forêt non ouvert au public / peupleraie / terre labourée / surface en herbe / verger pépinière / eau / carrière, sablière / décharge / vacant rural	41,29
ESPACE URBAIN NON CONSTRUIT			
3	Camping, caravaning		0,37
4	Autre espace urbain non construit	parc ou jardin ouvert au public / parc ou jardin non ouvert au public / jardins familiaux / jardins de l'habitat / terrain de sport en plein air / équipement sportif de grande surface ouvert/ vacant urbain	12,64
ESPACE URBAIN CONSTRUIT			
HABITAT			
5	Habitat individuel		11,05
6	Habitat individuel identique		0,71
7	Habitat type rural		0,23
8	Habitat continu bas		1,90
9	Habitat collectif continu bas		1,86
10	Habitat collectif discontinu		3,30
11	Habitat autre		0,16
ACTIVITES			
12	Industrie		1,95
13	Grande entreprise industrielle		4,76
14	Lotissement d'industries		1,78
15	Entreposage à l'air libre		2,02
16	Activité de production animale		0,01
17	Grande surface commerciale		0,29
18	Bureaux		0,44



REPARTITION DU MOS EN 36 POSTES

N° DE POSTE	LIBELLE	COMMENTAIRES	REPRESENTATIVITE SPATIALE (%)
EQUIPEMENTS			
19	Bâtiments d'équipement sportif		0,50
20	Equipement sportif de gde surface (bati)		0,02
21	Etablissement d'enseignement		1,04
22	Hôpital		0,21
23	Autre établissement de santé		0,08
24	Cimetière		0,20
25	Musée		0,07
26	Autre équipement local		0,48
27	Grande administration		0,54
28	Production d'eau		0,21
29	Assainissement		0,49
30	Electricité		0,53
31	Gaz		0,15
32	Pétrole		0,39
TRANSPORTS			
33	Gares, installation aéroportuaire	Gare ou bâtiment SNCF / gare routière ou dépôt / installation aéroportuaire	1,46
34	Voie ferrée		2,72
35	Emprise autoroutière ou autre grande voie		2,88
36	Autres transports	parc de stationnement / chantier / divers	3,22
			100,00

II.4. LES DESORDRES POTENTIELS

♦ Définition de la zone d'étude

La crue de référence choisie est celle de 1910 qui a atteint la hauteur de 8,62 m (34,52 m NGF normal) à l'échelle du pont d'Austerlitz. Il s'agit de la crue centennale, parfois cinquantiennale selon le secteur géographique considéré.

Cependant, le travail d'enquête sur les désordres et celui de cartographie de la zone inondable ont été réalisés de façon concomitante : il a été nécessaire de définir au préalable la zone de collecte des données sur les désordres.

Cette zone a été délimitée par les emprises des crues de référence (janvier 1910, janvier 1955, ... selon le secteur géographique) cartographiées au 1/25 000^e dans le cadre du "Projet de plan régional de protection contre les eaux des rivières en région d'Ile de France" (Région ILE-DE-FRANCE, HYDRATEC, 1982). La crue de référence n'étant pas partout celle de 1910, la zone d'étude peut être localement moins large que la zone effectivement inondée en 1910.

L'enquête des désordres ne s'est pas inscrite directement à l'intérieur de l'enveloppe de la crue de référence. Cependant, la "profondeur" supplémentaire considérée par l'enquête est variable, et n'englobe pas toujours l'emprise maximale de l'inondation lorsque celle-ci s'avère supérieure à celle de la crue de référence.

L'aire d'étude est délimitée :

- à l'amont, par les agglomérations de Melun sur la Seine et Meaux sur la Marne ;
- à l'aval, par l'agglomération de Mantes-la-Jolie ;
- sur les affluents, par la limite amont de la zone d'influence des crues de la Seine et de la Marne.

Les désordres potentiels ont été localisés et caractérisés dans la limite des données disponibles. Chacun d'entre eux est localisé sur une carte à l'échelle du 1/25 000^e.

Ils ont été constitués en une base de données.

Les détails concernant chaque installation sont contenus dans cette base.

♦ ***Méthodologie - Démarche adoptée***

Les données ont été collectées à l'occasion d'une vaste enquête de terrain, d'une durée de quatre mois. Elle a consisté en des prises de contact téléphoniques, des courriers, des rencontres avec les principaux responsables des installations concernées ou susceptibles de détenir des renseignements intéressants et l'envoi de questionnaires.

Nous avons pu ainsi répertorier puis contacter tous les organismes concernés.

Il nous a notamment paru important d'interroger (par questionnaire) chaque commune riveraine pour savoir comment elle appréciait les risques liés aux crues.

Les réponses ont été obtenues de manière échelonnée dans le temps. Souvent, de nombreuses relances ont été nécessaires. Certains organismes n'ont jamais répondu.

La précision des données recueillies dépend des renseignements détenus par chaque service et de sa disponibilité vis-à-vis de ce genre d'enquête.

Les informations obtenues ne sont donc pas exhaustives. Toutefois, une base de données des organismes contactés a été réalisée, dans le but de faciliter toute recherche de renseignements ultérieure.

II.5. LES DOMMAGES DIRECTS

La démarche adoptée pour estimer les dommages sur l'ensemble de la zone a consisté à :

- 1) **collecter et analyser le maximum de données sur huit zones témoins**, préalablement sélectionnées pour les secteurs "habitat" et "activités", et **des données plus générales sur l'ensemble de la zone d'étude** pour les autres secteurs (repérage de terrain, entretien avec les municipalités concernées ou les services compétents, utilisation de fichiers) afin d'obtenir une caractéristique des principaux types d'occupation des sols, en nature et en valeur : **la base des enjeux standards**.

Le terme d'**enjeu** correspond à la caractérisation physique, économique ou financière des éléments (biens, activités, personnes) exposés à l'événement ou concernés par celui-ci.

Les personnes : sont exposées à l'événement les personnes résidant dans les locaux atteints par l'eau. Sont concernées par l'événement les personnes résidant dans des immeubles atteints par l'eau, mais dont les locaux ne sont pas atteints par l'eau.

Les biens : il s'agit des ensembles immobiliers et de leurs contenus mobiliers, qui se trouvent dans les zones exposées à l'inondation.

Les activités industrielles, commerciales ou de services : les enjeux de ces activités sont représentés par des valeurs immobilières, des valeurs mobilières, des valeurs de stock, des valeurs de chiffre d'affaires. Les enjeux correspondent à des activités exposées directement à la crue.

Les données établies sur les zones témoins ont donc été considérées comme extrapolables à l'ensemble de la zone.

La base des enjeux standards décrit pour chaque type d'occupation des sols :

- les enjeux immobiliers standards du rez-de-chaussée (pour l'habitat et des équipements) ou du bâtiment (pour les activités et des équipements),
- les enjeux mobiliers standards du rez-de-chaussée (pour l'habitat),
- les enjeux immobiliers des sous-sols (pour l'habitat individuel),
- les stocks éventuels (secteur activités),
- les enjeux immobiliers des commerces en rez-de-chaussée (secteur habitat),
- les enjeux mobiliers des commerces en rez-de-chaussée (secteur habitat) ;
- les hauteurs de plancher par rapport au terrain naturel,

- la présence ou non, exprimée en pourcentage, de sous-sol aménagés, non aménagés ou absents établis au cours des repérages de terrain.

2) établir des coefficients de passage afin d'adapter les données standards précédemment établies aux zones relevant de chaque catégorie MOS sur la base d'un repérage de terrain et d'une enquête communale : **base communale** ;

Les enjeux directs d'une zone résultent donc des enjeux standards liés à l'occupation des sols, pondérés par un coefficient de passage communal établi après enquête de terrain.

Cette démarche n'a pu être adoptée que pour le secteur habitat. Pour les autres secteurs, le repérage de terrain ne permettrait pas de déterminer valablement les coefficients de passage. Ces derniers dépendent des densités d'habitat et de commerces ainsi que de l'état du bâti.

3) Estimer les courbes d'endommagement

La base de données "Coefficients d'endommagement" se présente sous la forme de courbes d'endommagement de type $\% \text{ d'endommagement} = f$ (aléa hydraulique, nature de l'enjeu).

Au regard des études existant en France, il ressort que la hauteur de submersion est le paramètre le plus explicatif des dommages directs pour une gamme des durées de submersion donnée.

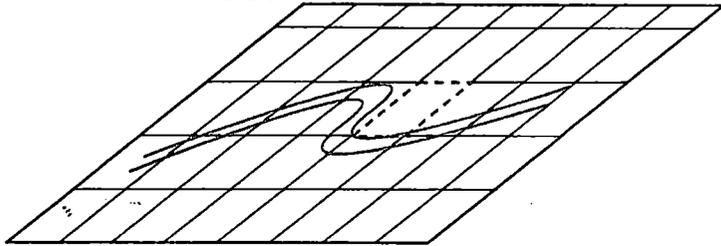
En conséquence, l'aléa hydraulique choisi est la hauteur d'eau rapportée au premier niveau habité.

Les courbes utilisées dans cette étude ont été établies en fonction :

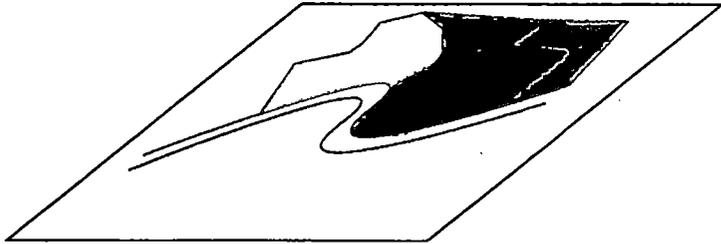
- des données recueillies sur la zone d'étude après enquête (secteur activités),
- des courbes précédemment établies par la DREIF ou le CERGRENE sur des communes françaises (secteur habitat, équipement),
- des courbes élaborées en Grande-Bretagne par le FHRC (Flood Hazard Research Centre) (camping caravanning, secteur activités).

SCHEMA GENERAL DE CONSTITUTION DE LA BASE DES DOMMAGES DIRECTS

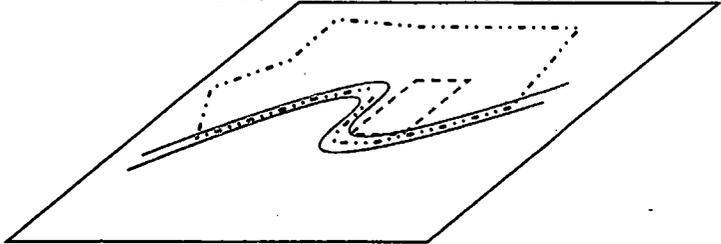
COUVERTURE HYDRAULIQUE



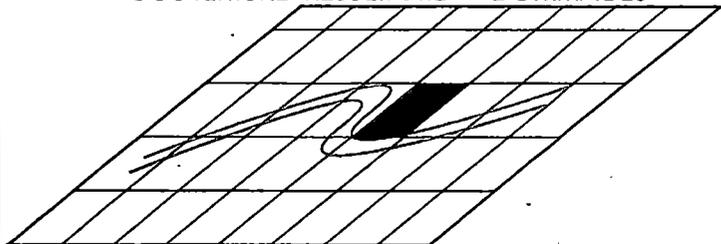
COUVERTURE M.O.S.



COUVERTURE COMMUNALE



COUVERTURE RESULTANTE = DOMMAGES



BASE ALEAS

MAILLE 25 m x 25 m	Hauteur	Durée
-----------------------	---------	-------

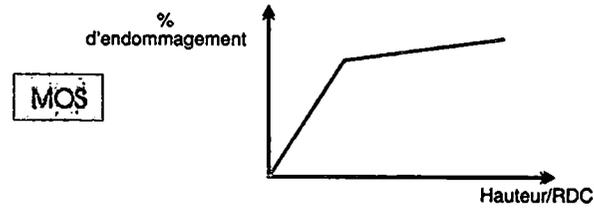
Hauteur d'eau / TN

BASE ENJEUX STANDARDS

MOS	Enjeux Immobiliers	Enjeux Mobiliers	Stocks
-----	--------------------	------------------	--------

Enjeu direct standard

COURBES D'ENDOMMAGEMENT



Courbe d'endommagement

BASE SPECIFICITES COMMUNALES

COMMUNE	Pondérations	Hauteurs Plancher	% sous sol	% commerces
---------	--------------	-------------------	------------	-------------

Coefficient de spécificité communale

Hauteur / Rez de chaussée

Enjeux spécifiques

Coefficient d'endommagement

BASE DOMMAGES

MAILLE	Domages directs sur la maille
--------	-------------------------------

II.6. DOMMAGES INDIRECTS

Dans le cadre de l'étude, deux grands types de dommages indirects ont pu être estimés :

- les dommages indirects dans la zone inondable, définissable au travers du MOS dont la mécanique de calcul s'apparente à celle des dommages directs (enjeux surfaciques pondérés selon le niveau d'aléa),
- les dommages indirects sur les réseaux de distribution ou de transport qui ne figurent pas dans le MOS.

■ Les dommages indirects applicables au MOS

Dans cette catégorie figureront les rubriques suivantes qui représentent soit des coûts de remise en état, soit des coûts d'intervention, soit des pertes d'activités exposées :

- coûts de nettoyage,
- coût du relogement,
- coûts des services d'intervention,
- coûts additionnels de séchage,
- pertes d'exploitation,
- pertes de valeurs d'usage.

Dans ce cas, le calcul des dommages s'effectue de manière univoque par le produit d'un coût unitaire par la surface, le nombre de logements ou d'habitants exposés en fonction de l'aléa (hauteurs et/ou durée).

Les dommages sont essentiellement des pertes économiques et des surcoûts de fonctionnement. Les données collectées concernent les coûts unitaires ou des recettes. Pour les activités, une enquête sur le terrain auprès d'un échantillon d'entreprises nous a permis d'évaluer la part des dommages indirects par rapport aux dommages directs. Pour les autres items, les données proviennent principalement de statistiques régionales.

■ Les dommages indirects sur les réseaux et transports

Dans ce cas, il convient de préciser que la relation à la hauteur comme à la durée de la crue s'effectue à travers un scénario spécifique (identification des désordres pour une crue donnée) global pour l'ensemble de la région. L'évaluation a porté sur un scénario de perturbation équivalent à la crue type 1910, obtenu à partir de la simulation hydraulique.

Les réseaux

On évaluera pour chaque item la quantité totale non produite sur la base des désordres, puis à partir de consommations journalières par habitant ou par logement, on calcule la population perturbée et, ainsi, la valeur de la production non distribuée.

Le coût des dommages indirects concernant la distribution d'eau et d'électricité sera effectué sur cette population.

♦ Eau

La simulation hydraulique donne le nombre d'usines inondées et leur capacité. On peut ainsi évaluer :

- . la perte nette pour l'exploitant donnée par la quantité non distribuée journalière, valorisée par le prix de revient moyen du m³ d'eau en Ile-de-France sur toute la période de non-fonctionnement des usines ;
- . le coût pour la population, donné par le coût de la consommation journalière d'eau en bouteille de remplacement par habitant multiplié par la population perturbée. Il existe d'autres sources d'approvisionnement possibles qui n'ont cependant pas pu donner lieu à des estimations en l'absence d'informations. Le montant ainsi pris en compte représente donc une estimation par défaut du coût réel.

♦ Electricité

La simulation hydraulique donne le nombre de postes inondés et leur puissance. On peut ainsi évaluer le coût économique de non-distribution en valorisant la consommation non satisfaite dans la zone perturbée non inondée par la valeur du kWh non distribué.

Les transports

♦ Transports individuels

Une modélisation simplifiée employée pour évaluer le taux de congestion des réseaux non coupés et les surdistances moyennes parcourues par les véhicules, débouche sur une estimation des temps supplémentaires de déplacement et d'un coût associé, ainsi que du coût supplémentaire d'exploitation des véhicules.

♦ Transports collectifs utilisant une infrastructure ferrée

Le scénario de coupure envisagé permet l'évaluation de deux types de dommages indirects :

- . la perte nette de recette pour les exploitants,
- . le coût de la perte de temps pour les usagers.

Le coût de fonctionnement du transfert éventuel des transports en commun vers les véhicules particuliers n'a pas été évalué.

III. HYPOTHESES DE CALCUL ET PRÉCISION DES ESTIMATIONS

III.1. LES PARAMETRES HYDRAULIQUES

♦ La hauteur d'eau

Afin de modéliser une surface en eau, le principe de base suivant a été adopté : la cote de l'eau est identique sur une section transversale au lit de la rivière

Ce principe est d'autant plus réaliste que les crues sont lentes et que les niveaux d'eau s'équilibrent dans le champ d'inondation, ce qui est le cas pour les crues de la Seine et de la Marne.

Les données ponctuelles relevées dans le lit mineur ont donc pu être étendues sous forme de pseudo-profilés en travers de la nappe d'eau, à toute la largeur du champ majeur.

Entre ces profils, la cote de l'eau est interpolée linéairement.

Les lignes d'eau utilisées nous ont été fournies par le SNS (Service de la Navigation de la Seine).

♦ Les durées de submersion

La durée de submersion en un point correspond (dans la plupart des cas) à la durée pendant laquelle la cote du terrain naturel est atteinte ou dépassée par la cote de référence correspondante située dans le lit mineur.

La connaissance de ces durées suppose donc celle des limnigrammes de la crue.

Dans le cadre de l'étude, cette information est disponible sur 6 à 7 stations de relevés selon les crues étudiées.

Sur chacun de ces limnigrammes, les cotes dépassées pendant 4 jours, 9 jours, 14 jours (pour les crues de 1910, 1955 et 9999) et 49 jours (pour les crues de 1910 et 9999 seulement) ont été relevées.

Les variations de cote par rapport à la ligne d'eau maximale ont alors été calculées en ces points et appliquées à l'ensemble des profils en travers par interpolation linéaire.

Pour chaque crue et chaque durée, on a ainsi redéfini une ligne d'eau fictive issue de la ligne d'eau maximale.

◆ Les modèles numériques de nappes d'eau

Une nappe d'eau représente la surface potentielle de l'eau correspondant soit à une ligne d'eau maximale, soit à une durée donnée.

Pour chaque crue et en chaque profil, on dispose donc :

- de la cote maximale atteinte par l'eau,
- des cotes dépassées pendant 4, 9, 14, voire 49 jours entrant dans le calcul des durées de submersion.

Pour chacune de ces "lignes d'eau", un modèle numérique de mailles régulières de 25 m de côté a été calculé par interpolation linéaire entre profils.

Ces modèles présentent la même structure que le MNT afin de faciliter la détermination des zones inondées.

Le calcul automatique des zones inondées est effectué par confrontation entre les surfaces potentiellement en eau, correspondant aux lignes d'eau simulées, et les Modèles Numériques de Terrain.

La recherche des points effectivement en eau se fait de proche en proche, en partant du lit mineur, ce qui permet de préserver les éventuelles dépressions protégées par des digues.

Les zones inondables calculées représentent donc les surfaces directement touchées par les débordements à partir du lit mineur ou par contournement à partir d'un point de débordement.

Elles ne prennent pas en compte les éventuelles infiltrations ou remontées de réseau.

De même, les passages submersibles sous une voie SNCF ou une route ne peuvent être pris en considération qu'en tant que brèche dans la voie considérée.

Il faut cependant rappeler que la recherche des points en eau s'effectue sur une maille de 25 m de côté. En conséquence, toute singularité (muret, diguette) de moins de 25 m de large est en général ignorée par le modèle.

Concernant les durées, la connaissance de ce paramètre en un point ne se fait que de façon discontinue par classe (1, 4, 9, 14 ou 49 jours).

◆ Critique des zones inondables calculées

Les zones inondables calculées sont le reflet des hypothèses prises dans le cadre de l'étude et de la précision des données collectées.

Ainsi, il est tout d'abord à rappeler que les lignes d'eau modélisées sont fidèles à ce qu'elles ont été à l'époque des crues considérées :

- la crue de 1910 simulée respecte d'une manière générale les contours historiques de cette inondation, les niveaux de protection actuels étant insuffisants pour de cet événement, défini en cote. Pour la crue fictive 9999, les submersions semblent réalistes et traduisent les effets de coteaux ;

bien que vraisemblablement majorant les hauteurs de submersion, la BD ALTI de l'IGN apparaît comme un outil fiable pour la représentation des surfaces inondées lors de phénomènes très largement débordants ;

- concernant les crues de 1955 et 1970, de nombreuses protections locales (diguettes, murets) en zone urbaine n'ont pas été prises en compte du fait :
 - . d'une part, d'un manque de connaissance de ces singularités topographiques, non figurées sur les plans du PERDIF et a fortiori non représentées dans la BD ALTI de l'IGN issue du 1/25 000^e ;
 - . d'autre part, de la taille de maille établie à 25 m qui ne permet pas (sauf aménagement manuel délibéré) de modéliser des ouvrages linéaires de faible épaisseur.

Cette particularité du modèle entraîne localement une majoration des surfaces inondées.

possédaient pas de documents synthétiques sur les conséquences d'une crue pour leurs installations.

Certains désordres (industries, rejets, ...) ne peuvent être correctement caractérisés qu'en réalisant des études spécifiques.

De plus, des éléments impondérables (les zones inondées simultanément, une coupure concomitante du courant EDF, les précipitations, la saison considérée, ...) ne peuvent être pris en compte.

Nous avons donc cherché à être exhaustifs dans le recensement des désordres potentiels de la zone d'étude. Mais certaines données (notamment les cotes altimétriques des installations sensibles) sont manquantes. L'enquête réalisée n'a pas pu mettre en évidence précisément les travaux à réaliser pour éviter ces désordres.

La démarche adoptée est évolutive. Les bases de données ont été conçues de façon à pouvoir être actualisées. Toutes les données supplémentaires ou plus récentes qui seraient soit détenues par les utilisateurs des bases de données, soit obtenues par une enquête plus fine, pourront y être intégrées.

III.3. LES DOMMAGES DIRECTS

III.3.1. Secteur habitat

■ Dommages aux logements individuels

* *Hypothèses de calcul et origine des données*

- Détermination des valeurs immobilières (source : agents immobiliers) sur trois zones témoins ;
- Détermination des densités sur trois zones témoins : comptage sur plan.
- Détermination des coefficients de passage communaux après repérage de terrain : perte d'information du fait d'une généralisation simplifiée.
- Coefficients d'endommagements issus de l'étude DREIF applicables à la valeur immobilière des rez-de-chaussée et des sous-sols :
 - secteur d'étude inclus dans la zone d'étude,

- après vérification avec les courbes CERGREN, la courbe DREIF "maisons avec sous-sol aménagé" a été utilisée pour l'habitat individuel avec sous-sol aménagé ou non,
 - endommagement calculé d'après des déclarations de dégâts,
 - hypothèse implicite d'un ratio constant entre les valeurs du mobilier et de l'immobilier.
- Pourcentages de sous-sols aménagés, non aménagés ou absents, et hauteurs de plancher déterminées par repérage de terrain, commune par commune.

Les valeurs mobilières (pourcentage global issu des études du CERGREN) n'interviennent pas dans le calcul des dommages.

* **Sources d'incertitudes et critiques des résultats**

Ce secteur non négligeable (29 % des dommages totaux) est certainement le plus fiable et le plus précis. Les enjeux correspondent à des données locales relativement exhaustives, collectées sur le terrain, réadaptées sur chaque commune par le biais de coefficients de passage, eux-mêmes estimés par enquête sur site.

A priori, on peut penser que ces coefficients n'entraînent pas de biais systématique du fait de leur généralisation spatiale, et on peut donc espérer des compensations partielles des erreurs sur l'ensemble de la zone.

Les courbes d'endommagements utilisées sur ce secteur sont également assez fiables, puisqu'elles sont issues d'études sur un sous-ensemble de la zone d'étude et apparaissent comparables à celles établies par CERGREN sur d'autres villes françaises.

■ **Dommages au logements collectifs**

- Détermination des valeurs immobilières (source : agents immobiliers) sur quatre zones témoins.
- Détermination des densités en RDC sur trois zones témoins pour obtenir le nombre de logements en RDC, données plus ou moins précises.
- Détermination des coefficients de passage, commune par commune, après repérage de terrain : perte d'information du fait d'une méthode simplifiée.
- Coefficients d'endommagement issus de l'étude DREIF pour la valeur immobilière des rez-de-chaussée : secteur d'étude

zone d'étude, endommagement calculé d'après des déclarations de dégâts pour des maisons individuelles, **pas de données existantes pour le logement collectif.**

- Les pourcentages de sous-sol n'ont pas été déterminés car le nombre de sous-sols ne correspond pas au nombre de logements en rez-de-chaussée. Il était donc très difficile d'évaluer une densité représentative.
- Détermination des hauteurs de plancher par repérage de terrain.

Les valeurs mobilières n'interviennent pas dans le calcul des dommages.

La forte hétérogénéité du type de construction et des densités d'habitation au sein de ce type de MOS entraîne certainement de nombreuses erreurs locales d'estimation. Mais, là encore, les données de base ont été collectées sur la zone, et on peut penser que les coefficients de passage ne créent pas de biais a priori.

Les courbes d'endommagement prises identiques à celles de l'habitat individuel peuvent se justifier jusqu'à des hauteurs d'eau inférieures à 2,5 m.

Cependant, les zones d'habitat collectif supportant plus de 2,5 m d'eau ne représentent que 160 ha environ pour la crue de 1910, soit moins de 10 % de la surface totale pour ce type d'occupation des sols.

■ **Dommages aux commerces**

- Détermination des valeurs immobilières et mobilières issues des données nationales INSEE (comptes et ratios et sociétés) : utilisation de données générales.
- Détermination des densités sur trois zones témoins issues du repérage terrain : généralisation simplifiée à l'ensemble de la zone d'étude par l'utilisation des coefficients de passage.
- Coefficients d'endommagements applicables à la valeur des biens immobiliers et mobiliers, issus de données provenant des enquêtes réalisées sur le quartier Sapiac à Montauban et synthétisées par la DREIF : données peu fiables (petit échantillon disparate, difficilement généralisable) collectées pour des conditions hydrologiques et hydrauliques différentes.

Le poids de ce type de dommages par rapport à l'habitat est secondaire : en considérant une zone d'habitat individuel supportant 1 m d'eau en moyenne, les dommages aux commerces s'élèvent à 0,2 MF/ha (contre 3 MF/ha pour l'habitat), ce qui représente un ratio de 7 %.

III.3.2. Secteur Activités

■ Hypothèses de calcul et origine des données

- Enjeux : détermination des valeurs de l'immobilier, du mobilier et des stocks issus des données nationale INSEE (compte et ratios des sociétés par employé et par code APE).

Ces données générales sont calculées sur l'ensemble des bâtiments concernés, mais ont été ramenées à l'hectare sur la totalité de l'enceinte (y compris parkings, aires de stockage, abords, ...).

- Coefficients d'endommagements applicables aux biens immobiliers, mobiliers et aux stocks, issus de 60 enquêtes réalisées dans le cadre de l'étude.
- Courbe d'endommagement unique quel que soit le type d'activité (endommagement défini par rapport au total des valeurs des biens immobiliers, mobiliers et stocks).

■ Sources d'incertitudes et critique des estimations

Ce type d'occupation des sols est très certainement le plus hétérogène puisqu'il peut aussi bien comporter de grandes entreprises industrielles que de petites sociétés de services.

Les courbes d'endommagements ont été établies sur un petit échantillon comportant peu d'immeubles de bureaux. Les dommages pris en compte pour leur établissement ont été estimés par les responsables d'entreprises eux-mêmes. La très grande majorité n'avait jamais subi d'inondation à l'époque de l'enquête. On ne peut pas cerner, en l'état, les biais éventuels d'une telle démarche.

Il est très difficile de se prononcer sur la validité des estimations faites pour les activités.

On peut cependant présumer que les estimations de coûts sont certainement surestimées pour les immeubles de bureaux de plusieurs étages, de par leur faible représentativité dans l'échantillon enquêté et de par la prise en compte de valeurs totales sur tout le bâtiment. Or, les dommages à l'hectare de l'item "bureau" représentent près du triple des dommages à l'hectare de l'item "grande surface commerciale". Les incertitudes sur ce secteur sont donc d'autant plus fortes qu'il représente, à lui seul, près de 6 % des dommages directs totaux.

III.3.3. Les équipements

■ Dommages aux administrations, équipements de sports, installations ferroviaires ou aéroportuaires

- Détermination des valeurs immobilières et mobilières après enquêtes auprès de différents services concernés : valeur de construction pour l'ensemble du bâtiment, difficulté à obtenir la valeur réelle des bâtiments concernés. Cette valeur a été diminuée de 50 % afin de prendre en compte la vétusté du bâtiment.
- Coefficients d'endommagements issus d'une courbe établie pour l'habitat applicables à la valeur immobilière du rez-de-chaussée : perte d'information, pas de données existantes spécifiques aux équipements, risque de grande variabilité, d'où une précision difficile à obtenir.

Ce type d'occupation des sols est excessivement hétérogène à tout point de vue. Les estimations faites sur ces types d'occupation du sol sont certainement les plus biaisées :

- d'une part, car les coefficients d'endommagement utilisés correspondent pas aux types d'enjeux considérés (les structures des bâtiments et les dispositions des biens sont différentes ainsi que le rapport entre valeurs immobilières et mobilières) ;
- d'autre part, car les enjeux sont estimés pour les surfaces de bâtiments proprement dites, alors que l'information Occupation du sol est considérée sur l'emprise totale des équipements. Il a donc été nécessaire

a priori et de façon arbitraire la part bâtie par rapport à la surface totale au sol :

- . 10 % pour une gare par rapport à l'emprise de la SNCF,,
- . 30 % pour les établissements d'enseignements,
- . 30 % pour les hôpitaux.

■ **Dommmages aux installations de production d'eau, d'électricité, d'assainissement ou de gaz**

- Détermination des valeurs immobilières et mobilières après enquêtes auprès de différents services concernés : valeur de construction pour l'ensemble du bâtiment, difficulté à obtenir la valeur réelle des bâtiments concernés. Cette valeur a été diminuée de 50 % afin de prendre en compte la vétusté des installations.
- Coefficients d'endommagements issus d'une courbe établie pour les activités donc initialement applicables aux valeurs immobilières, mobilières et aux stocks : perte d'information, pas de données existantes spécifiques aux équipements, risque de grande variabilité, d'où une précision difficile à obtenir.

Les remarques précédentes émises sur les équipements restent valables.

De plus, il convient d'y rajouter le fait que le MOS est peu fiable pour ce qui concerne l'occupation des sols. Ainsi, sur la zone d'Ivry, l'usine d'eau potable est classée dans l'item "Assainissement", tout comme l'usine d'incinération des or

Les dommages aux centrales de production électrique n'ont pu être évalués car il n'a pas été possible de savoir si elles sont potentiellement endommagées, ce qui peut réellement être endommagé.

III.4. LES DOMMAGES INDIRECTS

III.4.1. Les dommages applicables au MOS

La liste de ces dommages ainsi que l'occupation du sol à laquelle ils s'appliquent sont résumés dans le tableau ci-après.

♦ **Les coûts de nettoyage**

Ils sont appliqués aux espaces ruraux, urbains non construits, aux cimetières ainsi qu'aux équipements sportifs.

Pour l'espace rural : un coût de remise en état de 100 F/ha a été estimé d'après une étude BCEOM de juillet 1990, sur le bassin de la Moselle. Ce chiffre est comparable avec les données anglaises.

Pour les campings et caravanings, ce chiffre, de 100 F/ha a été conservé, bien que vraisemblablement sous-estimé.

Pour l'espace urbain non construit : aucune donnée française n'a pu être collectée. Une hypothèse de 2 hommes/jour/ha a été faite, soit 1 000 F / ha.

Pour les équipements sportifs et les cimetières : faute d'information, la valeur de 1 000 F / ha a été conservée.

♦ **La perte de valeur d'usage des terrains ou des équipements**

Ces pertes sont appliquées aux campings-caravanings et aux équipements sportifs.

Un taux d'occupation pour la période hivernale estimé à 40 % a été pris en compte par l'analyse.

Pour les campings-caravanings, les données de coût de location du terrain ont été extraites du guide édité par la Fédération Française de Camping-Caravaning (1993). Une valeur moyenne de 5 600 F/ha/jour a été prise.

Pour les équipements sportifs, une valeur d'amortissement total de l'investissement a été utilisée (45 F/m²/mois). Cet amortissement a été considéré sur l'ensemble de la durée d'utilisation des équipements.

♦ **Le coût des services d'intervention**

Un coût moyen de 2,14 F par habitant dans la zone inondée et par jour a été établi, après contact auprès de la Préfecture du Val d'Oise.

Ce prix a été établi à partir d'une situation de crue réelle (mai-juin 1992), dont l'inondation ne concernait que de petites surfaces et de courtes durées de submersion.

Pour une situation type 1910, il est vraisemblable qu'il existe des effets de seuil à partir d'une certaine ampleur de crue (casernes inondées, appel à d'autres brigades hors zone, ...).

♦ **Les coûts additionnels d'évacuation pour les particuliers**

La méthodologie FHRC sert de base à l'évaluation. La manière d'appréhender ces coûts consiste à évaluer le prix de location des logements pendant la durée du déplacement.

Une superficie et un prix de location moyens ont été utilisés sur l'ensemble de la zone. Il s'ensuit certainement de fortes erreurs locales dues également aux nombreuses solutions de relogement possibles.

♦ **Les coûts additionnels de séchage pour les particuliers**

Ce coût, estimé à 1000 F / logement, est tiré de données anglaises. Il constitue une évaluation plancher car il ne prend pas en compte les frais éventuels occasionnés par une déshumidification par des moyens industriels.

♦ **Les coûts indirects aux activités**

Ils correspondent à la perte de valeur ajoutée durant le temps d'interruption de la production, en tenant compte de la part éventuellement récupérée ultérieurement.

Les études françaises sont assez pauvres quant à ces analyses.

Ces coûts indirects ont donc été estimés comme un pourcentage des dommages directs en fonction à la fois de la hauteur et de la durée de l'inondation. Ces relations de dépendance ont été statistiquement calculées à partir de

l'échantillon des 60 enquêtes. Après confrontation avec les données du FHRC, les relations finalement retenues sont celles issues des enquêtes pour des hauteurs d'eau inférieures à 10 cm et celles du FHRC pour des hauteurs supérieures.

Les remarques formulées quant à la fiabilité des dommages directs aux activités restent entièrement valables pour les indirects.

A ces sources d'imprécision viennent s'ajouter :

- les difficultés d'appréciation des effets d'une longue durée de submersion sur la part de production récupérable,
- l'expertise délicate du nombre de jours nécessaire pour atteindre une production normale après le départ de la crue.

◆ **Coûts indirects aux établissements d'enseignement**

La méthode choisie consiste à évaluer le coût de la location d'un local de remplacement pendant la durée de la crue.

◆ **Coûts indirects pour les hôpitaux et établissement de santé**

Le coût du service perdu par jour est évalué par le prix moyen de journée Sécurité Sociale.

Un recensement non exhaustif des établissements situés en zone inondable a été réalisé, permettant d'établir leur localisation et le nombre de lits concernés obtenu par enquête.

Le dommage estimé est un coût minimum puisqu'il n'intègre pas le coût supplémentaire résultant des conséquences sur les malades, les reports de soins ou d'interventions ou des déplacements vers d'autres hôpitaux.

◆ **Coûts indirects pour les musées**

Le coût minimum que l'on peut estimer est celui du coût des entrées perdues. Ce résultat reste certainement sous-estimé.

III.4.2. Les dommages non applicables au MOS

◆ Coûts indirects liés aux perturbations de trafic

Methodologie

L'évaluation des dommages s'appuie sur l'analyse des désordres afin d'identifier les perturbations affectant les réseaux. Pour la crue type examinée (1910), est construit un **scénario de désordres** ; il est à noter qu'à ce stade de l'étude, un scénario n'est pas simulé de manière automatique à partir de la modélisation hydraulique (autrement dit, le travail sur un scénario de désordres différent impliquerait de recalculer les dommages de manière séparée de la modélisation hydraulique).

Les problèmes à traiter ensuite concernent l'estimation des dommages, donc des pertes ; celles-ci ne sont pas approchées de manière identique selon la rubrique examinée ; ont été distingués dans cette analyse :

- le réseau routier principal (axes à fort trafic, radiales, rocares),
- les réseaux de transport collectif utilisant une infrastructure ferrée (item 34, i.e. SNCF, RATP).

(En première approche, l'impact sur les réseaux de bus, extrêmement difficile à représenter en fonction de la souplesse de fonctionnement de ce mode, n'a pas été quantifié.)

Analyse des désordres

Toutes les données concernant les comptages routiers ont été collectées dans chaque département et pour la ville de Paris, de même que les capacités des voies composant le réseau principal ; c'est ce réseau qui est utilisé pour cartographier les points d'interruption et regrouper les segments qui serviront au calcul ultérieur des dommages types, selon le critère conjoint du volume de trafic journalier et de la capacité des voies.

Concernant les transports collectifs (TC), nous avons évalué les désordres de la manière suivante :

- pour le métro, en reportant la structure actuelle du réseau sur les désordres observés en 1910 et à partir du diagramme de charge des lignes fourni par la RATP, on estime l'arrêt de l'exploitation à 70 % du trafic total journalier, pour une durée minimale de 50 jours. Cette estimation a été validée par la RATP. Le pourcentage d'interruption du trafic est très sensible à la hauteur de submersion (à 40 ou 50 cm en dessous de la cote de la crue de 1910, le réseau est protégé). La durée d'interruption est vraisemblablement plus importante qu'indiqué : la durée de 50 jours signifie qu'un effort très conséquent serait réalisé pour rétablir le trafic. Les surcoûts associés à cet effort particulier n'ont pas été pris en compte.
- le RER RATP serait touché essentiellement dans Paris, l'interruption de trafic concernant 50 % du trafic journalier (diagrammes RATP) ;
- pour la SNCF banlieue, le réseau est coupé sur les lignes de la gare de Lyon, de la gare d'Austerlitz, sur la ligne C du RER ainsi que sur 30 % du réseau Est.

Estimation des dommages pour un scénario de crue type 1910

Nous n'avons volontairement retenu pour l'évaluation que les déplacements à caractère professionnel. Les déplacements pour motif professionnel (domicile - travail et affaires) représentent 44 %, tous modes confondus.

S'agissant des véhicules particuliers (VP), le pourcentage des déplacements auquel s'applique le calcul est décliné autour d'une valeur centrale pour définir des hypothèses "haute" et "basse", de même que les variables caractérisant le rallongement de parcours et l'importance de la congestion induite par la perturbation. S'agissant des TC, c'est l'hypothèse faite sur le temps perdu qui varie pour définir les hypothèses "haute" et "basse".

Le temps supplémentaire de parcours est une donnée qui va influencer fortement sur le calcul final du coût. En l'absence d'une modélisation complète des réseaux et des perturbations, ce temps est nécessairement estimé à dire d'expert. Les surcoûts de fonctionnement liés au transfert modal sont négligés.

Commentaires sur la précision des données

D'une manière générale, une première source d'imprécision réside dans la difficulté d'appréhender les modifications de l'offre de transport (gestion du réseau) et de la demande (les trafics) en cas de perturbation. Or aussi bien offre que demande s'adaptent à la situation nouvelle, induisant des surcoûts mais également des économies, sources respectivement de sous-estimation et de sur-estimation des dommages.

Les variables "sensibles" sont :

- l'utilisation de la valeur du temps, facteur de sur-estimation car ne tenant pas compte des compensations possibles ultérieurement ;
- le comportement de l'utilisateur des transports, qui détermine des surcoûts différents selon qu'il se traduit par un changement de mode, une suppression du déplacement ou un report de celui-ci dans le temps.

Transport individuel

L'impossibilité de prendre en compte dans le cadre de l'analyse les conséquences des points singuliers fortement perturbateurs (points coupés ou inaccessibles par exemple) tend à minorer le coût global, de même que la concentration de l'analyse sur les motifs de déplacement liés au travail. Toutefois, les hypothèses adoptées conduisent vraisemblablement à une estimation plus proche de la réalité qu'en raisonnant sur un trafic global, même avec des valeurs de temps différenciées selon les motifs (on sait qu'en transport individuel, la souplesse d'adaptation possible minimise sensiblement les conséquences des pertes de temps).

Transport collectif

La principale imprécision résulte dans la difficulté de reproduire le comportement nouveau de l'utilisateur dans le scénario de perturbation. L'estimation du temps de détournement moyen est donc une variable très sensible dans le calcul du surcoût pour l'utilisateur. De plus, l'estimation des durées d'interruption de trafic reste très incertaine, de l'avis des exploitants eux-mêmes. S'agissant des motifs de déplacement, les remarques sont identiques à celles formulées pour le transport individuel.

♦ Coûts indirects liés aux réseaux de distribution

• Réseau eau potable

L'indicateur à privilégier est l'importance de la non-distribution ou de la distribution perturbée. Les conséquences de ces désordres concernent :

- les ménages privés d'eau potable,
- les activités hors zone inondée,
- les exploitants du réseau.

Pour les ménages, le parti a été pris de valoriser une quantité d'eau de remplacement par le prix de l'eau embouteillée. Or, cette quantité de remplacement est dépendante de l'approvisionnement en eau embouteillée et en citernes par les pouvoirs publics prévu dans le cadre du "plan eau potable" et de la façon dont le service de distribution sera maintenu, compte tenu des capacités encore disponibles.

Du fait de l'impossibilité à l'évaluer à ce stade de l'étude, on ne tient pas compte du coût aux entreprises dont l'activité est fortement dépendante d'une alimentation en eau : hôpitaux, cafetiers, bistrots, restauration, cliniques dentaires, poissonnier, ..., et qui seraient situées en zone non inondée, ce qui sous-estime le calcul des dommages.

On ne connaît pas réellement la durée de remise en état des usines inondées.

- **Réseau EDF**

L'indicateur à privilégier est la puissance non distribuée sur les mailles du réseau partiellement inondées ou hors zone inondable, selon chaque scénario de durée d'inondation, soit la consommation perturbée hors de la zone inondée. Cette consommation sera valorisée par le coût économique du kWh non distribué de 16,50 F : cette évaluation a été fournie par EDF et résulte d'une analyse économique interne qui n'a pas été remise en question, bien que la valeur proposée semble forte.

Pour obtenir cette consommation hors zone inondée, il est nécessaire de connaître la consommation moyenne des ménages et celle des activités. Or, la très grande disparité des consommations industrielles en énergie ne nous permet pas de retenir une moyenne. Connaissant la consommation par logement et par jour, le nombre de logements en zone inondée et la répartition de la consommation entre les ménages et les activités tertiaires et industrielles en Ile-de-France, il est possible de reconstituer la consommation totale dans la zone inondée. En déduisant ce chiffre du déficit total de distribution (dont on a déduit au préalable les consommations des "gros clients" qui ont un poste dédié et qui seraient sur-représentés en zone inondée par rapport à la moyenne dans la région), on obtient la consommation perturbée hors de la zone inondée. Une autre façon de départager la consommation entre celle de la zone inondée et celle hors zone inondée est de connaître la zone d'influence de chaque poste de transformation ; mais cela demanderait une investigation trop lourde à ce stade de l'étude.

La consommation moyenne journalière retenue pour un logement est de 20 kWh.

Il faudrait donc déterminer le nombre de logements touchés en zone inondée. Or, il existe des îlots non inondés qu'il est difficile d'isoler dans cette zone. Le nombre de logements touchés est alors déterminé sur une zone enveloppe de la zone inondée, ce qui surestime ce nombre ainsi que la consommation des activités touchées qui en découle par application du ratio consommation des ménages / consommation tertiaire et industrielle.

Une incertitude réside aussi bien dans la durée de remise en état des postes de transformation. En concertation avec EDF, une durée moyenne d'une semaine a été fixée.

IV. PRESENTATION DES RESULTATS

IV.1. LES ZONES INONDABLES

Les tableaux suivants résument la répartition des surfaces inondées pour chaque type de crue et chaque classe d'occupation du sol.

Ces surfaces représentent :

1910	25 071 ha
1955	19 762 ha
1970	12 201 ha
9999	26 971 ha

Compte tenu des critiques précédemment formulées sur les zones inondables, la majorité des communes possédant des protections importantes ont pu être identifiées.

En fonction des niveaux de protection, l'étendue de la zone inondable et des dommages associés a été "corrigée" après simulation en y soustrayant les communes concernées.

Les surfaces inondées après corrections "manuelles" deviennent :

1910	24 812 ha
1955	15 340 ha
1970	11 358 ha
9999	26 971 ha

CRUE TYPE 1910
REPARTITION DES SURFACES INONDEES PAR TYPES DE MOS

TYPE MOS	SIGNIFICATION	SURFACE INONDEE	SURFACE INONDEE	SURFACE INONDEE
		MOYENNE en ha	MAXIMUM en ha	MINIMUM en ha
1	Culture intensive	13.00	13.12	12.38
2	Autre espace rural	10793.75	10957.19	10665.6
3	Camping	96.38	98.81	96.38
4	Espace urbain non construit	3133.94	3236.94	3012.62
5	Habitat individuel	2730.44	2833.88	2653.3
6	Habitat individuel identique	170.44	180.38	158.44
7	Habitat rural	50.06	55.31	48.25
8	Habitat continu bas	445.88	462.31	417.7
9	Habitat collectif continu bas	387.25	395.50	372.50
10	Habitat collectif discontinu	787.38	819.88	757.25
11	Habitat autre	37.69	38.00	36.9
12	Industrie	470.44	486.12	453.50
13	Grande entreprise industrielle	1152.25	1192.81	1085.94
14	Lotissement d'industries	440.56	451.50	428.6
15	Entreposage à l'air libre	507.38	515.50	490.00
16	Activité de production animale	0.94	0.94	0.88
17	Grande surface commerciale	72.56	74.31	71.5
18	Bureaux	97.12	98.69	93.00
19	Bâtiments d'équipement sportif	127.75	129.31	124.94
20	Equipement sportif de gde surface	4.25	4.25	4.2
21	Etablissement d'enseignement	244.25	255.50	236.00
22	Hôpital	44.69	45.12	40.75
23	Autre établissement de santé	18.19	18.94	17.5
24	Cimetière	46.56	50.81	42.8
25	Musée	15.56	15.69	15.38
26	Autre équipement local	113.38	116.06	110.7
27	Grande administration	130.12	132.12	127.12
28	Production d'eau	53.31	53.50	52.00
29	Assainissement	110.44	119.62	98.5
30	Electricité	123.50	133.06	118.3
31	Gaz	38.88	39.12	38.00
32	Pétrole	98.25	102.56	95.1
33	Gares	346.12	361.94	342.3
34	Voie ferrée	680.69	701.38	656.62
35	Emprise autoroutière	685.69	712.62	668.1
36	Autres transports	802.12	825.50	777.3
TOTAL ZONE INONDABLE SIMULEE (ha) :		25071.21	25728.29	24420.9
TOTAL ZONE INONDABLE CORRIGEE (ha) :		24812.23	25467.94	24167.39

CRUE TYPE 1955
REPARTITION DES SURFACES INONDEES PAR TYPES DE MOS

TYPE MOS	SIGNIFICATION	SURFACE INONDEE MOYENNE en ha	SURFACE INONDEE MAXIMUM en ha	SURFACE INONDEE MINIMUM en ha
1	Culture intensive	10.88	11.38	8.56
2	Autre espace rural	10213.25	10379.62	9902.88
3	Camping	91.69	93.00	88.00
4	Espace urbain non construit	2329.19	2443.25	2141.94
5	Habitat individuel	2012.62	2191.94	1834.00
6	Habitat individuel identique	110.38	129.88	97.38
7	Habitat rural	40.38	46.81	35.50
8	Habitat continu bas	223.25	240.31	191.75
9	Habitat collectif continu bas	122.75	127.38	119.50
10	Habitat collectif discontinu	407.19	445.38	365.94
11	Habitat autre	19.75	21.50	19.50
12	Industrie	332.69	350.44	292.06
13	Grande entreprise industrielle	703.62	757.38	640.62
14	Lotissement d'industries	280.62	304.56	248.81
15	Entreposage à l'air libre	375.19	390.88	320.31
16	Activité de production animale	0.62	0.62	0.62
17	Grande surface commerciale	41.06	42.94	36.56
18	Bureaux	35.75	37.88	33.56
19	Bâtiments d'équipement sportif	92.75	100.75	88.38
20	Équipement sportif de gde surface	4.25	4.25	4.25
21	Établissement d'enseignement	117.19	126.19	101.19
22	Hôpital	21.94	22.38	21.19
23	Autre établissement de santé	7.62	8.25	6.62
24	Cimetière	10.56	12.62	9.19
25	Musée	6.38	7.06	6.06
26	Autre équipement local	62.50	66.75	58.62
27	Grande administration	75.44	78.69	72.44
28	Production d'eau	49.38	50.38	47.00
29	Assainissement	79.31	83.62	68.19
30	Electricité	72.19	85.88	66.25
31	Gaz	25.69	29.00	25.31
32	Pétrole	64.75	73.62	58.31
33	Gares	258.50	276.81	236.69
34	Voie ferrée	469.12	518.06	380.62
35	Emprise autoroutière	431.88	452.81	410.00
36	Autres transports	562.06	588.12	495.25

TOTAL ZONE INONDABLE SIMULEE (ha) :	19762.39	20600.39	18533.05
-------------------------------------	----------	----------	----------

TOTAL ZONE INONDABLE CORRIGEE (ha)	15340.71	15957.39	14537.15
------------------------------------	----------	----------	----------

CRUE TYPE 1970
REPARTITION DES SURFACES INONDEES PAR TYPES DE MOS

TYPE MOS	SIGNIFICATION	SURFACE INONDEE MOYENNE en ha	SURFACE INONDEE MAXIMUM en ha	SURFACE INONDEE MINIMUM en ha
1	Culture intensive	4.69	7.19	1.6
2	Autre espace rural	8637.50	8911.94	8355.50
3	Camping	54.19	60.81	52.81
4	Espace urbain non construit	1147.38	1274.12	1038.4
5	Habitat individuel	613.00	760.94	550.75
6	Habitat individuel identique	41.25	54.69	37.88
7	Habitat rural	25.62	30.81	22.8
8	Habitat continu bas	49.38	66.75	43.19
9	Habitat collectif continu bas	11.62	12.81	11.19
10	Habitat collectif discontinu	73.62	86.56	56.5
11	Habitat autre	8.88	9.62	7.81
12	Industrie	126.38	145.88	111.00
13	Grande entreprise industrielle	234.06	282.00	215.8
14	Lotissement d'industries	115.69	132.44	95.81
15	Entreposage à l'air libre	197.50	219.00	180.62
16	Activité de production animale	0.62	0.62	0.6
17	Grande surface commerciale	5.25	8.12	3.6
18	Bureaux	8.06	9.44	6.56
19	Bâtiments d'équipement sportif	38.12	46.19	33.8
20	Equipement sportif de gde surface	0.19	0.19	0.1
21	Etablissement d'enseignement	21.06	25.06	13.25
22	Hôpital	4.81	5.19	4.7
23	Autre établissement de santé	0.81	0.81	0.6
24	Cimetière	1.31	1.50	1.25
25	Musée	1.88	2.25	1.8
26	Autre équipement local	19.06	21.38	17.3
27	Grande administration	25.44	25.94	23.81
28	Production d'eau	16.94	19.12	15.5
29	Assainissement	24.25	29.88	19.3
30	Electricité	33.44	41.25	32.94
31	Gaz	5.06	6.31	5.0
32	Pétrole	21.75	23.25	19.5
33	Gares	43.88	82.81	37.94
34	Voie ferrée	127.25	186.25	117.4
35	Emprise autoroutière	199.94	224.38	187.1
36	Autres transports	261.50	280.19	239.50
TOTAL ZONE INONDABLE SIMULEE (ha) :		12201.38	13095.69	11564.2
TOTAL ZONE INONDABLE CORRIGEE (ha)		11358.76	12060.11	10770.3

CRUE TYPE 9999
REPARTITION DES SURFACES INONDEES PAR TYPES DE MOS

TYPE MOS	SIGNIFICATION	SURFACE INONDEE MOYENNE en ha	SURFACE INONDEE MAXIMUM en ha	SURFACE INONDEE MINIMUM en ha
1	Culture intensive	13.94	14.12	13.19
2	Autre espace rural	11137.06	11227.25	10966.94
3	Camping	99.38	100.31	98.62
4	Espace urbain non construit	3410.25	3490.50	3287.81
5	Habitat individuel	2981.25	3081.69	2899.75
6	Habitat individuel identique	192.19	198.94	183.00
7	Habitat rural	60.69	66.94	55.69
8	Habitat continu bas	512.88	527.94	489.56
9	Habitat collectif continu bas	502.06	509.50	491.12
10	Habitat collectif discontinu	891.12	914.38	857.81
11	Habitat autre	42.56	43.50	41.81
12	Industrie	525.38	540.62	505.06
13	Grande entreprise industrielle	1282.62	1316.12	1248.50
14	Lotissement d'industries	481.25	490.94	469.31
15	Entreposage à l'air libre	544.38	550.50	530.81
16	Activité de production animale	1.75	1.75	1.38
17	Grande surface commerciale	78.06	79.62	77.00
18	Bureaux	118.25	119.44	112.62
19	Bâtiments d'équipement sportif	136.19	138.50	133.00
20	Equipement sportif de gde surface	4.25	4.25	4.25
21	Etablissement d'enseignement	280.62	287.00	273.25
22	Hôpital	56.94	57.69	51.06
23	Autre établissement de santé	20.81	20.88	20.38
24	Cimetière	53.62	56.25	52.88
25	Musée	19.94	20.06	19.44
26	Autre équipement local	130.62	133.12	126.44
27	Grande administration	145.38	148.00	142.19
28	Production d'eau	56.69	56.88	54.62
29	Assainissement	131.69	138.06	118.38
30	Electricité	142.50	148.19	139.31
31	Gaz	39.31	39.56	39.00
32	Pétrole	105.19	106.62	102.81
33	Gares	392.94	400.62	382.75
34	Voie ferrée	733.62	747.00	712.06
35	Emprise autoroutière	776.75	791.00	763.38
36	Autres transports	869.19	888.56	844.44
TOTAL ZONE INONDABLE (ha) :		26971.32	27456.30	26309.62