

# Directive inondation

*Bassin Rhin-Meuse*

## RAPPORT DE PRESENTATION

### Cartographie du risque inondation sur le Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) de VERDUN

---

#### *Inondation par débordement de la Meuse*

---

*Version approuvée par arrêté SGAR n° 2014-236*

*En date du : 23 Juillet 2014*





## Sommaire

1.	Contexte .....	4
2.	Principes généraux d'élaboration des cartes des surfaces inondables et des risques.....	6
3.	Présentation des TRI de la Meuse .....	7
3.1.	Présentation du bassin de la Meuse.....	9
3.2.	Historique des crues de la Meuse .....	10
3.3.	Etude hydraulique de référence sur la Meuse .....	12
4.	Cartes des surfaces inondables sur le TRI de Verdun .....	13
4.1.	Hypothèses hydrologiques prises en compte pour la cartographie de la crue fréquente, la crue moyenne et la crue extrême.....	14
4.2.	Modélisation hydraulique et cartographie des aléas .....	14
4.3.	Limites et incertitudes des résultats obtenus .....	15
5.	Cartes des risques sur les TRI de la Meuse .....	17
5.1.	Enjeux représentés.....	17
5.1.1.	Bases de données mobilisées.....	17
5.1.2.	Limites et incertitudes .....	19
5.2.	Analyse des enjeux .....	19
5.3.	Enjeux non cartographiés .....	20

## ANNEXES

### Annexe 1 : Méthodes d'estimation de la population et du nombre d'emplois en zone inondable

#### Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des principes d'élaboration des cartes des surfaces inondables pour les débordements de cours d'eau (extrait de la circulaire du 16 juillet 2012).....	6
Tableau 2: Liste des communes du TRI de Sedan-Givet .....	8
Tableau 3 : Débits maxima instantanés de crue aux principales échelles de crues du bassin de la Meuse. Ajustements sur l'échantillon des valeurs supérieures à un seuil et indépendantes (période : 1919 – 1997)– « Etude et modélisation des crues de la Meuse », BCEOM, avril 2001 .....	12
Tableau 4 : Synthèse des hypothèses prises pour la cartographie des 3 scénarios de crue sur le TRI Verdun .....	14
Tableau 5 : Synthèse des hypothèses de débits prises pour la cartographie des 3 scénarios de crue sur le TRI Verdun.....	14
Tableau 6 : TRI de Verdun - estimation de la population en zone inondable.....	20
Tableau 7 : TRI de Verdun - estimation du nombre d'emplois en zone inondable .....	20

#### Liste des cartes

Carte 1 : TRI du bassin versant de la Meuse.....	7
Carte 2 : Communes du TRI de Sedan-Givet.....	8
Carte 3 – Principaux cours d'eau sur le District et principales infrastructures de gestion du risque inondation .....	9

## 1. Contexte

La directive européenne du 23 octobre 2007, dite Directive Inondation (directive 2007/60/CE), relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, a été transposée en droit français par l'article 221 de la LENE (loi portant engagement national pour l'environnement) du 12 juillet 2010 et par le décret n°2011-227 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, qui modifient le Code de l'Environnement.

La mise en œuvre de cette directive comporte les étapes suivantes réalisées pour chaque district sous l'autorité du Préfet Coordonnateur de Bassin :

- Évaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (EPRI) ;
- Identification des Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) ;
- Élaboration, pour trois niveaux d'inondation (événements fréquent, moyen, extrême) des cartes des surfaces inondables et des cartes des risques d'inondation dans les TRI ;
- Élaboration des Plans de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI). Le PGRI définira pour chaque district les objectifs de réduction des conséquences négatives des inondations sur les enjeux humains, économiques, environnementaux et patrimoniaux et les mesures à mettre en œuvre pour les atteindre. Il sera également articulé avec le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux).

En parallèle à l'élaboration des Plans de Gestion des Risques d'Inondation, des stratégies locales de gestion des risques d'inondation seront élaborées pour chaque TRI. Elles alimenteront le contenu du PGRI et permettront une mise en œuvre de celui-ci adaptée aux spécificités de chaque TRI.

Une Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation de la responsabilité du Ministre en charge de la prévention des risques est par ailleurs en cours d'élaboration en concertation avec les parties prenantes. Elle encadrera les orientations des Plans de Gestion et des stratégies locales.

L'ensemble des documents réalisés dans le cadre de la mise en œuvre de la directive inondation devront être réactualisés dans 6 ans à l'exception des cartes qui pourront être modifiées de manière anticipée.

Dans le cadre de la Directive Inondation, le Préfet Coordonnateur de Bassin Rhin-Meuse a désigné par arrêté du 18 décembre 2012 (arrêté SGAR n°2012-527) la liste des Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) du Bassin Rhin-Meuse.

Cette liste a été établie sur la base de l'exploitation des connaissances rassemblées dans l'Évaluation Préliminaire des Risques d'Inondation du bassin Rhin et l'Évaluation Préliminaire des Risques d'Inondation du bassin Meuse de 2011 et suite à la concertation avec les parties prenantes qui a eu lieu courant 2012.

Cette liste comprend 12 TRI, dont, pour le bassin versant de la Meuse :

- le **TRI de Longwy, identifié au regard des inondations par la Chiers**
- et les **TRI de Neufchâteau, de Verdun et de Sedan-Givet, identifiés au regard des inondations par la Meuse.**

La qualification d'un territoire en TRI implique une nécessaire réduction de son exposition au risque d'inondation, et engage l'ensemble des pouvoirs publics concernés territorialement

dans la recherche de cet objectif. A cette fin, une ou plusieurs stratégies locales de gestion du risque d'inondation sera(seront) élaborée(s) sur chaque TRI ou par groupe de TRI. Ses objectifs ainsi que le délai d'élaboration de la stratégie seront arrêtés par le Préfet Coordonnateur de Bassin d'ici décembre 2014 en tenant compte des priorités de la Stratégie Nationale de Gestion du Risque d'Inondation et de sa déclinaison dans le Plan de Gestion du Risque d'Inondation (PGRI) du bassin Rhin et dans le PGRI du bassin Meuse.

Afin d'éclairer les choix à faire et partager les priorités, la connaissance des inondations sur les TRI doit être approfondie, en réalisant une cartographie des surfaces inondables et des risques (Art. L. 566-6 et décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation) pour 3 scénarios de crue basés sur :

- l'aléa de faible probabilité ou scénario d'événement extrême
- l'aléa de probabilité moyenne
- l'aléa de forte probabilité, le cas échéant

La circulaire du 16 juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « cartographie » de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation donne en particulier des directives et recommandations techniques détaillées pour l'élaboration de cette cartographie.

L'objet du présent rapport est d'explicitier, pour le TRI de Verdun, la méthodologie utilisée pour l'élaboration des cartes de surfaces inondables et des risques et les résultats obtenus dans le cadre de la Directive Inondation.
--

## 2. Principes généraux d'élaboration des cartes des surfaces inondables et des risques

L'annexe 2 de la circulaire du 16 juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase «cartographie» de la directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation donne des directives et recommandations techniques détaillées pour l'élaboration de la cartographie.

Le tableau ci-dessous, extrait de la circulaire du 16 juillet 2012, donne un résumé des principes d'élaboration des cartes des surfaces inondables.

	<b>Crue représentée</b>	<b>Prise en compte de l'effet des ouvrages de protection ?</b>
Aléa de forte probabilité : <b>crue fréquente</b>	<b>Crue de temps de retour de 10 ans à 30 ans :</b> événement historique ou événement modélisé	Oui, mais seulement si défaillance ou dysfonctionnement peu probable pour la gamme de crue
Aléa de probabilité moyenne : <b>crue moyenne</b>	<b>Crue de temps de retour de 100 ans à 300 ans :</b> événement historique ou événement modélisé	Non, dans la majorité des cas, sauf cas particulier où il est démontré que les défaillances sont très improbables
Aléa de faible probabilité : <b>crue extrême</b>	<b>Crue de temps de retour de l'ordre de 1 000 ans, qui met en défaut tout système de protection :</b> événement modélisé ou méthode plaine alluviale fonctionnelle (lit majeur)	Non sauf éventuellement en cas d'impossibilité physique de ne pas prendre en compte les aménagements

**Tableau 1 : Synthèse des principes d'élaboration des cartes des surfaces inondables pour les débordements de cours d'eau (extrait de la circulaire du 16 juillet 2012)**

Pour chaque TRI, l'atlas cartographique est composé, dans le cas d'inondation par débordement de cours d'eau, des cartes suivantes :

- 1 carte des surfaces inondables pour chacun des 3 scénarios (crue fréquente-le cas échéant<sup>1</sup>, crue moyenne et crue extrême) ;
- 1 carte de synthèse des surfaces inondables de l'ensemble des scénarios avec l'indication des limites des surfaces inondables,
- 1 seule carte des risques comportant les enjeux ajoutés sur la carte de synthèse des surfaces inondables.

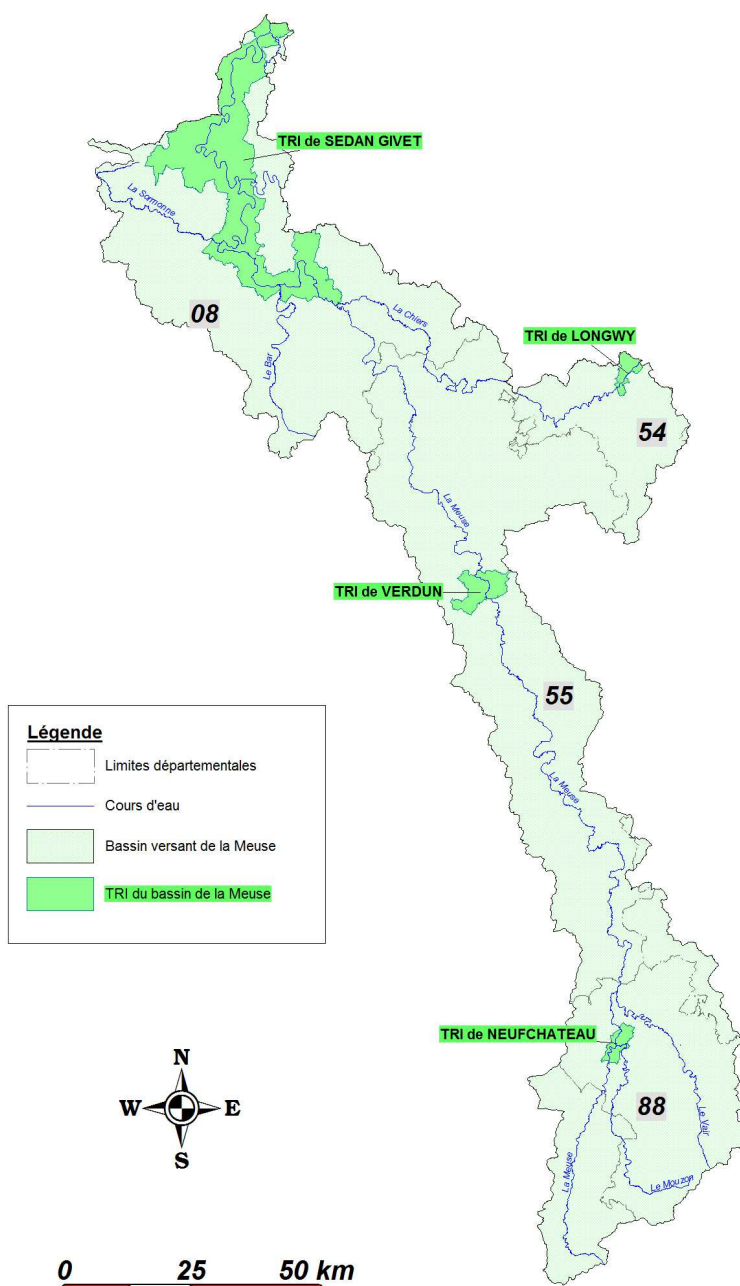
L'échelle de représentation des cartes est fixée au 1/25 000ème (sauf lorsqu'elle est manifestement inadaptée à la lisibilité de la carte). Le fonds de plan est le SCAN 25 de l'IGN.

<sup>1</sup> Si des enjeux sont impactés par la crue de forte probabilité

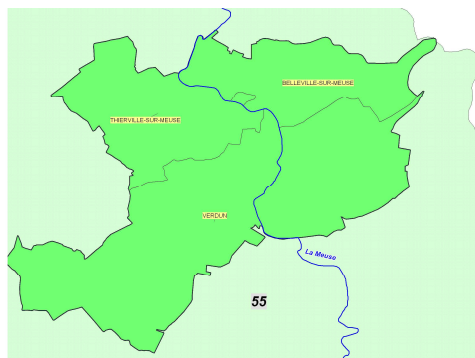
### 3. Présentation des TRI de la Meuse

4 TRI ont été définis sur le bassin versant de la Meuse (cf. Carte 1) :

- le TRI de Longwy, pour les inondations par la Chiers; il est composé des communes de Mont-Saint-Martin, Longlaville, Longwy et Réhon ;
- le TRI de Neufchâteau, qui est composé de la commune de Neufchâteau ;
- **le TRI de Verdun, qui est composé des communes de Belleville-sur-Meuse, de Thierville-sur-Meuse et de Verdun ;**
- et le TRI de Sedan Givet, qui comptabilise 45 communes (cf. Carte 2 et Tableau 2) : le TRI s'étend de Bazeilles à Givet, dans le département des Ardennes.



Carte 1 : TRI du bassin versant de la Meuse



**Carte 2 : Communes du TRI de Verdun**

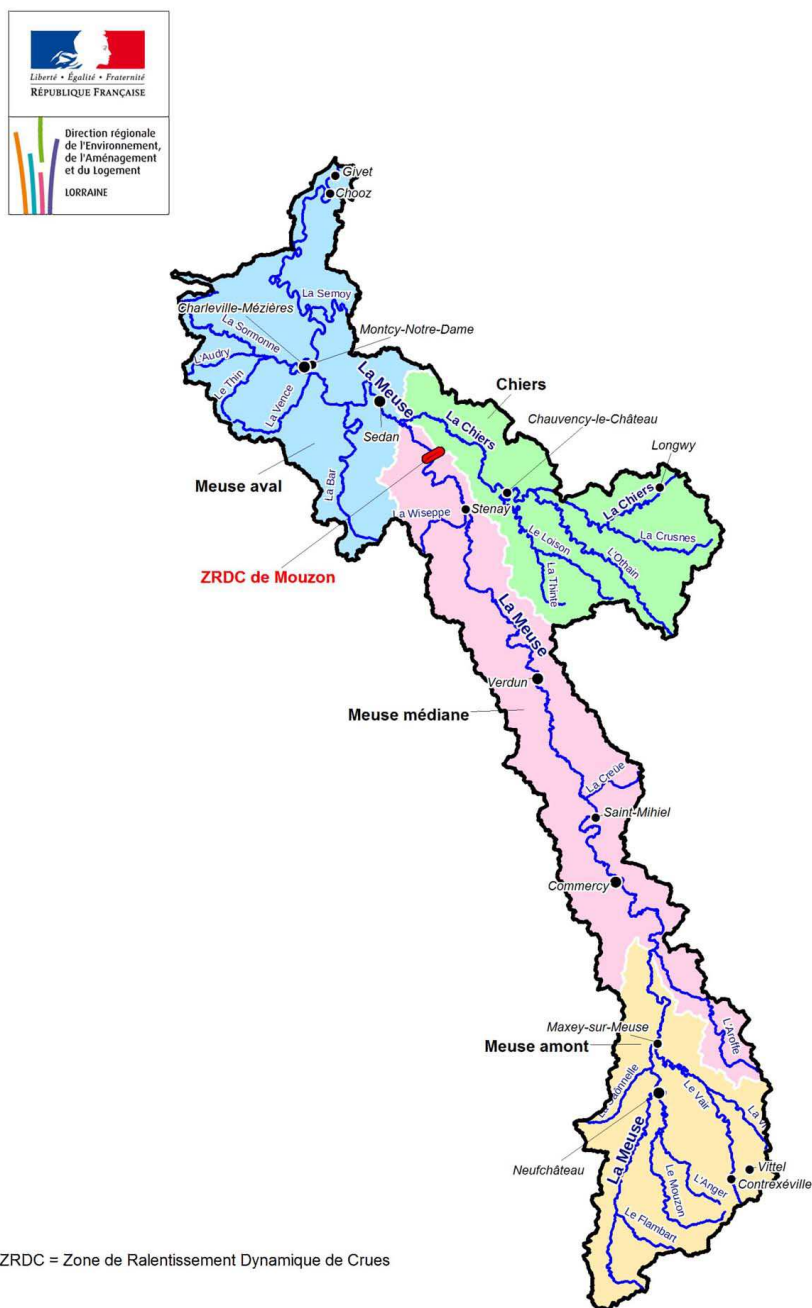
Nom de la Commune
Belleville-sur-Meuse
Thierville-sur-Meuse
Verdun

**Tableau 2: Liste des communes du TRI de Verdun**



### 3.1. Présentation du bassin de la Meuse

La Meuse est composée de quatre unités hydrologiques cohérentes : Meuse amont, Meuse médiane, Chiers (affluent de la Meuse) et Meuse aval. À chacune de ces unités correspondent des caractéristiques hydrologiques spécifiques, décrites ci-après.



ZRDC = Zone de Ralentissement Dynamique de Crues

DREAL Lorraine  
Fond de carte : ©IGN BD CARTHAGE® (2010)  
Sources : DREAL Lorraine, Service Navigation de Strasbourg  
Créé le 19/07/2011

**Carte 3 – Principaux cours d'eau sur le District et principales infrastructures de gestion du risque inondation**

### **Meuse amont : 90 km**

La Meuse amont (en amont de Maxey) est composée de vallées de transit rapide, avec des lits majeurs très peu développés (Meuse, Mouzon, Vair). Dans la partie aval, les vallées sont étroites et à fortes pentes, entaillées dans les plateaux calcaires.

### **Meuse médiane (de Maxey à la confluence avec la Chiers) : 240 km**

Entre Maxey et Stenay, la Meuse traverse une vallée de transit lent avec un lit mineur de faible capacité et un lit majeur de plusieurs centaines de mètres de large, qui participe activement à l'écoulement. Dans la zone de Stenay et dans la zone de confluence avec la Chiers, la vallée est à pente très faible, avec une zone d'expansion des crues de plusieurs kilomètres de large, favorable au dépôt de sédiments. On retrouve une vallée encaissée dans les plateaux calcaires entre Stenay et Mouzon. C'est une zone de transit lent et d'épandage des crues, sans affluents significatifs à l'échelle du bassin.

### **Chiers : 127 km**

La vallée de la Chiers est large en amont de Longwy. Entre Longwy et Chauvency, elle se transforme en une vallée de transit rapide, encaissée dans la traversée du plateau calcaire du Pays Haut, avec peu d'espaces de débordement. Dans son secteur aval (de Chauvency à la confluence avec la Meuse), la vallée devient à faible pente, de transit lent, avec une zone d'expansion des crues de plusieurs kilomètres de large.

### **Meuse aval (aval de la confluence Meuse-Chiers) : 120 km**

En amont de Charleville-Mézières, c'est une vallée de transit lent, à pentes très faibles, favorables au dépôt des sédiments, avec un lit majeur atteignant parfois plusieurs kilomètres de large. En aval de Charleville-Mézières, la vallée devient sinueuse, façonnée dans les schistes anciens, à forte pente, favorisant un transit rapide avec des espaces de débordements réduits et l'apport potentiel de débits importants par les affluents du massif ardennais (Semoy...).

## **3.2. Historique des crues de la Meuse**

La typologie classique<sup>2</sup> des crues du bassin versant de la Meuse est la suivante :

- *Les crues simples à prédominance amont.*  
Suite aux précipitations sur l'amont du bassin, la crue peut être très forte sur la Meuse amont et médiane et rester faible à moyenne à l'aval.
- *Les crues simples à prédominance aval.*  
Dans cette situation, les parties amont et médiane de la Meuse contribuent peu à la crue, générée essentiellement par les pluies intenses sur la Chiers et le massif ardennais. La crue peut être très forte à l'aval et reste faible sur les parties médianes et amont.
- *Les crues multiples généralisées.*  
La crue résulte de plusieurs épisodes pluvieux qui couvrent l'ensemble du bassin. Elle peut être très forte à l'aval et moyenne sur les parties amont et médianes.

Le schéma ci-dessous extrait de la plaquette "Comprendre" de l'EPAMA illustre cette typologie avec des événements de crue récents.

---

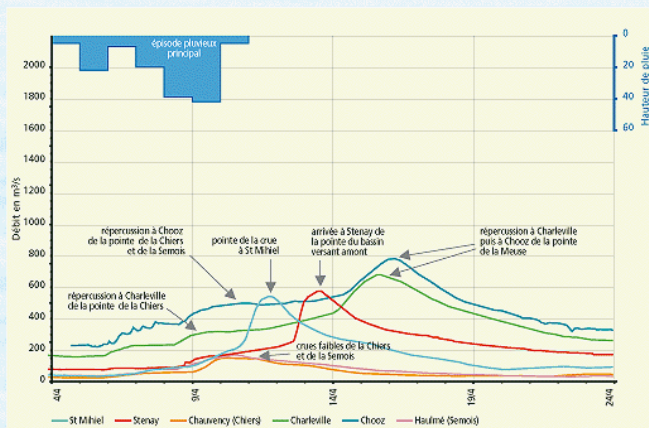
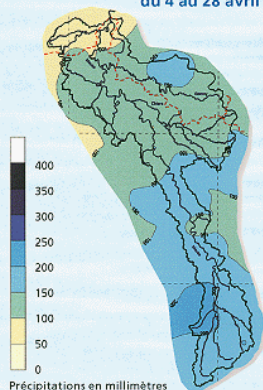
<sup>2</sup> Etude et modélisation des crues de la Meuse, BCEOM, avril 2001.

# Identifier les types de crues

Un bassin varié qui génère des crues complexes

COMPRENDRE

Précipitations sur le bassin versant de la Meuse du 4 au 28 avril 83



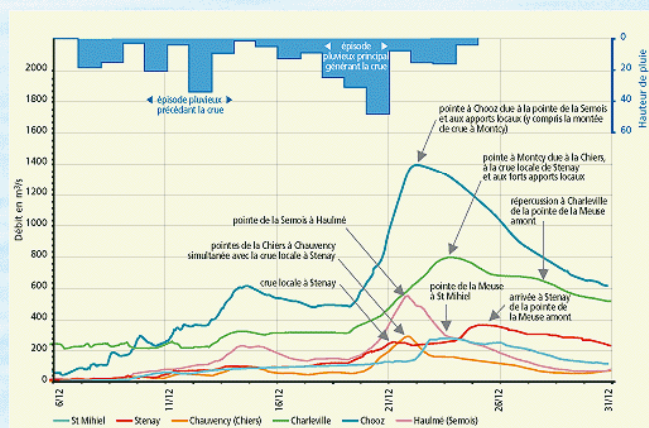
La crue d'avril 1983

< Les crues simples à prédominance amont

Suite aux précipitations sur l'amont du bassin, la crue peut y être très forte. Elle reste d'importance faible à moyenne à l'aval. C'est le cas des crues de décembre 1947 et d'avril 1983.

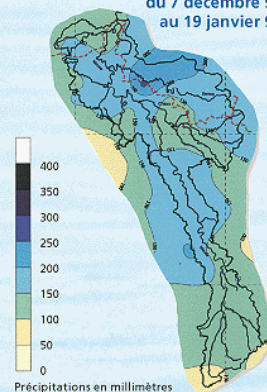
> Les crues simples à prédominance aval

Les parties amont et médiane de la Meuse contribuent peu à la crue d'aval, générée essentiellement par des pluies intenses sur la Chiers et le massif ardennais. La crue peut être très forte à l'aval, même sans contribution de la Meuse amont. C'est le cas de la crue de décembre 1993.

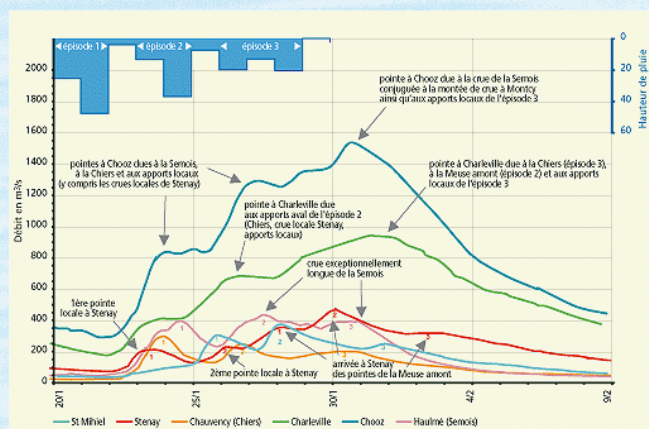
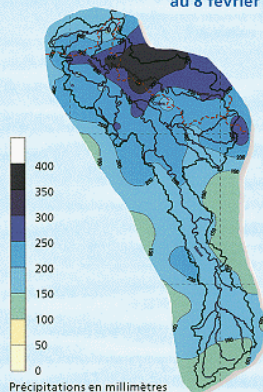


La crue de décembre 1993

Précipitations sur le bassin versant de la Meuse du 7 décembre 93 au 19 janvier 94



Précipitations sur le bassin versant de la Meuse du 21 janvier au 8 février 95



La crue de janvier 1995

< Les crues multiples :

La crue qui résulte alors de plusieurs épisodes pluvieux répartis sur l'ensemble du bassin, peut être très forte à l'aval. C'est le cas de la crue de janvier 1995.



### 3.3. Etude hydraulique de référence sur la Meuse

L'étude de référence sur le bassin versant de la Meuse est l'étude globale (« Etude et modélisation des crues de la Meuse », BCEOM, avril 2001). Cette étude définit trois types de crue pour la crue centennale, respectivement de type "avril 1983", "décembre 1993" et "janvier 1995". Dans le cadre de cette étude, les cartographies des trois types de crues centennales ont été réalisées au 1/10 000<sup>e</sup>, sur la base d'une modélisation hydraulique effectuée avec le logiciel STREAM (« Etude et modélisation de la Meuse, Atlas Cartographique », BCEOM, avril 2001).

#### Hypothèses hydrologiques

Lors de la réalisation de l'étude globale, la crue des plus hautes eaux connues à Verdun est celle d'avril 1983 qui est qualifiée de crue cinquantiennale. Selon l'étude globale de la Meuse réalisée par BCEOM, la crue centennale à prendre en compte sur la Meuse Médiane est celle "de type avril 1983". Pour Verdun, le débit de la crue centennale a été estimé à 623 m<sup>3</sup>/s. A titre de comparaison, le tableau ci-dessous explicite les différents débits aux principales échelles de crues du bassin de la Meuse.

Loi retenue		Weibull		Critère de sélection			Q2 m3/s			Q5 m3/s			Q10 m3/s		
Station	Cours d'eau	seuil m3/s	durée entre les crues	borne inf.	valeur centrale	borne sup.	borne inf.	valeur centrale	borne sup.	borne inf.	valeur centrale	borne sup.			
Chalaines	Meuse	250	45 j	235	<b>258</b>	280	303	<b>331</b>	360	347	<b>385</b>	422			
Commercy	Meuse	225	45 j	209	<b>235</b>	261	290	<b>324</b>	357	343	<b>387</b>	431			
St Mihiel	Meuse	300	45 j	295	<b>316</b>	337	360	<b>386</b>	412	400	<b>434</b>	469			
Verdun	Meuse	300	45 j	279	<b>313</b>	346	369	<b>399</b>	429	416	<b>453</b>	490			

		Critère de sélection		Q20 m3/s			Q50 m3/s			Q100 m3/s		
Station	Cours d'eau	seuil m3/s	durée entre les crues	borne inf.	valeur centrale	borne sup.	borne inf.	valeur centrale	borne sup.	borne inf.	valeur centrale	borne sup.
Chalaines	Meuse	250	45 j	386	<b>437</b>	487	432	<b>504</b>	576	464	<b>555</b>	646
Commercy	Meuse	225	45 j	390	<b>448</b>	507	445	<b>527</b>	610	483	<b>586</b>	687
St Mihiel	Meuse	300	45 j	436	<b>482</b>	528	477	<b>543</b>	608	506	<b>588</b>	670
Verdun	Meuse	300	45 j	454	<b>503</b>	551	498	<b>566</b>	633	526	<b>611</b>	696

**Tableau 3 : Débits maxima instantanés de crue aux principales échelles de crues du bassin de la Meuse. Ajustements sur l'échantillon des valeurs supérieures à un seuil et indépendantes (période : 1919 – 1997)– « Etude et modélisation des crues de la Meuse », BCEOM, avril 2001**

#### Topographie utilisée pour la réalisation de la cartographie

La cartographie de la crue moyenne est issue de l'étude de BCEOM, 2001. De ce fait, pour cette cartographie, toutes les données sont issues de l'étude de 2001 :

Pour le lit mineur :

- données bathymétriques de 2001 (1 profil/ 400m)

Pour le lit majeur :

- MNT<sup>3</sup> de l'EPAMA : précision 30 cm, 1 point/10m (1999)

Pour les ouvrages :

- levés d'ouvrages de 1999-2000

<sup>3</sup> Modèle Numérique de Terrain

### **Plan de Prévention du Risque Inondation**

Le PPRi Meuse est découpé en 10 secteurs sur la totalité du département de la Meuse. Le périmètre du TRI est couvert par deux PPRi :

- Le PPRi Meuse, secteur de Verdun, approuvé le 18/04/2005, couvre entre autres les communes de Verdun et Thierville-sur-Meuse ;
- Le PPRi Meuse, secteur de Charny sur Meuse approuvé le 18/04/2005, couvre entre autre la commune de Belleville-sur-Meuse.

Ces deux PPRi ont fait l'objet de procédures distinctes.

Ces PPRi sont basés sur la crue centennale de type avril 1983 ("Etude de modélisation des crues de la Meuse", BCEOM, 2001).

La cartographie des aléas est disponible dans l'atlas cartographique de l'étude de BCEOM.

Cette cartographie a été réutilisée pour la cartographie de la crue moyenne au sens de la Directive Inondation.

Le rapport « Analyse des études d'aléas des PPRi existants sur les TRI Meuse/Moselle » réalisé par le CETE de l'EST (juin 2013) détaille les caractéristiques du PPRi sur le secteur de Verdun.

## **4. Cartes des surfaces inondables sur le TRI de Verdun**

Pour les 4 TRI de la Meuse, les cartographies des surfaces inondables ont été élaborées en partenariat avec l'EPAMA, dans le cadre du projet MHYM et en réutilisant les cartographies existantes.

Pour la crue moyenne, la cartographie des inondations par la Meuse sur le TRI de Verdun est basée sur l'"Etude de modélisation des crues de la Meuse" (BCEOM, 2001), ce qui correspond à la cartographie de la crue centennale de type « avril 1983 ».

La cartographie des crues extrême et fréquente ont été réalisées par l'EPAMA pour le compte de la DREAL Lorraine. Un comité technique composé des DDT 54, DDT 55, DDT 88 et DDT 08 et de la DREAL Lorraine a validé les différentes hypothèses prises en compte et les résultats obtenus.

Pour cartographier ces 2 crues, un nouveau modèle hydraulique a été créé avec le logiciel Infoworks ICM, dans le cadre du projet MHYM. Il s'agit d'un modèle hydraulique permettant de modéliser des écoulements en 1D, pseudo 2D et en 2D. Ce modèle a été construit avec les données topographiques décrites au paragraphe 3.3 en couplant ces différents modes de modélisation, le paragraphe 4.2 explicite également le mode de construction du modèle.

<b>Aléa</b>	<b>Modèle utilisé</b>	<b>MNT utilisé</b>	<b>Réalisation de la cartographie</b>
<b>Crue fréquente</b>	Utilisation du modèle créé par l'EPAMA en 2013 construit avec le logiciel Infoworks ICM	Lidar 2013	EPAMA (2013)
<b>Crue moyenne</b>	Utilisation de la cartographie existante : crue centennale obtenue avec le modèle STREAM par BCEOM en 2001	Lidar 1999	BCEOM (2001)

<b>Crue Extrême</b>	Utilisation du modèle créé par l'EPAMA en 2013 construit avec le logiciel Infoworks ICM	Lidar 2013	EPAMA (2013)
---------------------	---	------------	--------------

**Tableau 4 : Synthèse des hypothèses prises pour la cartographie des 3 scénarios de crue sur le TRI Verdun**

Les paragraphes suivants détaillent les hypothèses hydrologiques utilisées, ainsi que les travaux de l'EPAMA dans le cadre de la cartographie Directive Inondation.

#### **4.1. Hypothèses hydrologiques prises en compte pour la cartographie de la crue fréquente, la crue moyenne et la crue extrême**

Les hypothèses suivantes ont été utilisées :

	<b>Débit à Verdun</b>
<b>Crue fréquente</b>	$Q_{20 \text{ ans}} = 503 \text{ m}^3/\text{s}$
<b>Crue moyenne</b>	$Q_{\text{PPRI (crue de type avril 1983)}} = 623 \text{ m}^3/\text{s}$
<b>Crue extrême</b>	$Q_{1000 \text{ ans}} = Q_{\text{PPRI} + 30\%} = 810 \text{ m}^3/\text{s}$

**Tableau 5 : Synthèse des hypothèses de débits prises pour la cartographie des 3 scénarios de crue sur le TRI Verdun**

#### **4.2. Modélisation hydraulique et cartographie des aléas**

##### **Modélisation de la crue moyenne**

La cartographie de la crue moyenne a été réalisée avec le modèle à casier STREAM en 2001. Ce modèle est un modèle global sur tout le bassin versant qui part de Neufchâteau et se termine à Givet. De ce fait la condition aval est celle du modèle global validée par plusieurs études.

Sur le secteur de Verdun, le modèle STREAM offre une représentation de Verdun simplifiée avec uniquement la prise en compte des ouvrages limitants. Ainsi le modèle est exploitable en période de crue tout en ayant peu de problèmes liés aux nombreux ouvrages et canaux présents sur Verdun.

Ce modèle a été calé et vérifié avec le passage des crues de 1983, 1993 et 1995. Ce modèle a également été validé dans le cadre de plusieurs projets.

##### **Modélisation des crues fréquente et extrême**

Ces cartographies ont été réalisées avec le nouveau logiciel de l'EPAMA : Infoworks ICM.

Les données topographiques utilisées sont les suivantes :

Pour le lit mineur :

- données issues de l'étude globale (BCEOM, avril 2001)
- données bathymétriques de VNF (2007)
- levés de profils en travers réalisés par l'EPAMA (2013)

Pour les ouvrages :

- levés d'ouvrages (ponts, seuils, vannes) réalisé par l'EPAMA (2013)

Pour le lit majeur :

- utilisation du MNT de l'IGN de 2013 fourni par la DREAL : précision 30cm, 1 point/1m

Le secteur de Verdun est un secteur avec très peu de pente, de ce fait la moindre perturbation dans le lit mineur se répercute sur plusieurs kilomètres vers l'amont. Afin d'éviter tout problème lié à la condition aval du modèle, celle-ci a été placée à environ 15 km à l'aval de Verdun.

A partir de cette condition aval, le modèle a été construit en 1D, de l'aval vers l'amont, en intégrant tous les ouvrages levés par l'EPAMA jusqu'à Haudainville.

Le centre-ville de Verdun étant un secteur avec beaucoup de canaux, d'ouvrages et d'enjeux, il a été décidé de modéliser le lit mineur en 1D et le lit majeur en 2D sans prendre en compte les bâtiments afin d'avoir une meilleure connaissance des écoulements qu'avec du 1D, tout en ayant des temps de calcul raisonnables.

Le modèle a été calé avec la crue de 1983 et validé avec la crue de 2001.

Concernant l'hydrologie, il a été décidé de reprendre celle de l'étude globale qui a déjà fait l'objet d'analyses et de critiques poussées. Les différents apports utilisés dans le modèle STREAM (BCEOM, 2001) ont également été repris dans le modèle ICM afin de respecter le temps de propagation des crues.

### **4.3. Limites et incertitudes des résultats obtenus**

#### **Hydrologie**

Aucune étude hydrologique n'a été réalisée lors de la réalisation des cartographies sur le TRI de Verdun. Les limites et incertitudes liées à l'hydrologie sont donc les mêmes que celles de l'étude globale, détaillées dans le rapport « études hydrologiques préalables », BCEOM, avril 2001.

#### **Hydraulique**

Le modèle STREAM utilisé pour la cartographie de la crue moyenne est un modèle calé avec les crues de 1983, 1993 et 1995. Les repères de crues utilisés pour le calage ont fait l'objet d'une analyse pour vérifier leurs validités. Depuis le passage de la crue d'avril 1983, très peu de travaux ont eu lieu sur la Meuse sur le secteur de Verdun ; ce qui rend les repères de crues toujours exploitables.

Le fait d'utiliser un modèle à casiers ne permet pas de faire une utilisation des résultats en dessous de l'échelle 1/10 000°. Mais puisque l'échelle de travail sur les TRI est du 1/25 000°, les résultats de STREAM répondent bien à l'objectif de cartographie de la crue moyenne.

Il est cependant important de rappeler que STREAM ne prend en compte que peu d'ouvrages sur le TRI de Verdun ainsi que les principaux canaux uniquement. De plus, STREAM ne prend pas en compte les tabliers des ponts ; mais ce problème ne se fait pas sentir pour la simulation de la crue moyenne car les ponts ne sont pas en charge.

Le modèle ICM utilise quant à lui des données plus récentes, plus complètes et un meilleur moteur de calcul capable de coupler le 1D et le 2D, afin d'avoir une connaissance des mécanismes d'écoulement très précise.

Les repères de crue utilisés pour le calage sont ceux d'avril 1983 qui ont été validés par l'étude globale. Les repères de crue utilisés pour vérifier le calage sont ceux de la crue de décembre 2001 fournis par la SNNE.

Ce modèle permet d'obtenir des résultats pour la crue fréquente ainsi que pour la crue extrême satisfaisants pour la réalisation des cartographies sur le TRI de Verdun.

### **Modèle numérique de terrain :**

La représentation du fond de vallée s'appuie sur un Modèle Numérique de Terrain (MNT) qui se présente sous la forme d'un assemblage de pixels 1m X 1m et dont l'altimétrie est interpolée à partir d'un levé topographique de type « LIDAR » avec une incertitude propre de l'ordre de 15 cm pour chaque point levé, donnant une précision du MNT d'environ 30 cm.

Pour la cartographie de la crue moyenne (Etude BCEOM, 2001), le MNT avait été extrapolé d'un levé topographique par photogrammétrie, dont la précision de chaque point était de l'ordre de 15 à 20 cm mais dont la densité de levé était plus faible : un point tous les 10 m.

Par ailleurs, les éléments très fins, comme les murs ou les rideaux de palplanches, sont mal ou pas détectés et ne sont pas convenablement représentés.

Enfin, les tabliers des ponts ne sont pas intégrés dans les MNT. Les ponts apparaissent donc systématiquement inondés (passage de l'eau dans le lit mineur) sur les cartes produites, ce qui n'est généralement pas vérifié sur le terrain.



## 5. Cartes des risques sur les TRI de la Meuse

### 5.1. Enjeux représentés

Les conséquences négatives potentielles des inondations sont représentées sur la carte des risques au moyen des paramètres suivants :

- Le nombre indicatif d'habitants,
- Les types d'activités économiques, et le nombre approximatif d'emplois impactés,
- Les installations polluantes IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), ainsi que des stations de traitement des eaux usées (STEU) de plus de 2000 EH (équivalents habitants),
- Les établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise.

#### 5.1.1. Bases de données mobilisées

Avant d'être complétée par les connaissances locales, l'analyse des enjeux s'appuie sur les bases de données nationales suivantes :

- **un maillage du territoire** (semis de points) élaboré par le réseau scientifique et technique du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, à partir des informations de l'INSEE, représentant un nombre d'habitants et une fourchette d'emplois (cf. annexe 2),
- la **BD Topo v2** de l'IGN pour les surfaces d'activités économiques et les établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise,
- la **base S3IC** (Gestion Informatique des Données des Installations Classées) pour les IPPC, les ICPE et les installations SEVESO,
- la **Base de Données sur les Eaux Résiduaires Urbaines (BDERU)** pour les Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU),
- les **données issues du rapportage de la directive eau à l'Union Européenne** pour les zones protégées pouvant être impactées par des installations polluantes (IPPC et STEU). Cette donnée, non représentée sur les cartes, est néanmoins reprise dans la base SIG constituée.

A noter que les **enjeux sont uniquement représentés dans la zone inondable**, à l'exception des établissements utiles à la gestion de crise et des infrastructures de transport.

Par ailleurs, à l'échelle du bassin Rhin-Meuse, une doctrine d'exploitation des bases de données a été élaborée de façon à aboutir à un socle commun d'enjeux représentés sur les cartes des risques. Une concertation sur cette doctrine a été menée dans le cadre des instances du comité de bassin.

Il en résulte la représentation des enjeux suivants :

1. Estimation de la population permanente en zone inondable

Il s'agit d'une évaluation de la population permanente présente dans les différentes surfaces des scénarii d'inondation, au sein de chaque commune du TRI. Celle-ci a été établie à partir d'un semi de point discrétisant l'estimation de la population légale INSEE 2010 à l'échelle de chaque parcelle. Les précisions sur la méthode sont explicitées en annexe.

L'estimation des populations est présentée dans un tableau figurant dans l'atlas cartographique.

## 2. Estimation des emplois en zone inondable

Il s'agit d'une évaluation du nombre d'emplois présents dans les différentes surfaces des scénarii d'inondation, au sein de chaque commune du TRI.

L'estimation du nombre d'emplois est présentée dans un tableau figurant dans l'atlas cartographique.

## 3. Bâtiments dans la zone inondable

Seuls les bâtiments dans la zone potentiellement touchée sont représentés sur les cartes de risques. Cette représentation est issue de la BDTopo de l'IGN.

Ils tiennent compte de l'ensemble des bâtiments de plus de 20m<sup>2</sup> (habitations, bâtiments industriels, bâtis remarquables, ...).

## 4. Types d'activités économiques dans la zone inondable

Il s'agit de surfaces décrivant un type d'activité économique inclus, au moins en partie, dans une des surfaces inondables. Cette information est issue de la BDTopo de l'IGN. Elle tient compte des zones d'activités commerciales et industrielles, des zones de camping ainsi que des zones portuaires ou aéroportuaires.

## 5. Installations polluantes

Deux types d'installations polluantes sont prises en compte : les IPPC et les stations de traitement des eaux usées.

- Les IPPC sont les ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement), définies par la directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), visées à l'annexe I de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles. Il s'agit d'une donnée établie par les DREAL collectée dans la base S3IC pour les installations situées dans une des surfaces inondables du TRI.
- Les stations de traitement des eaux usées (STEU) prises en compte sont les installations de plus de 2000 équivalents-habitants présentes dans la surface inondable du TRI. La localisation de ces stations est issue d'une base de donnée nationale «BDERU».

## 6. Établissements, infrastructures ou installations sensibles dont l'inondation peut aggraver ou compliquer la gestion de crise, notamment les établissements recevant du public

Il s'agit des enjeux dans la zone potentiellement touchée dont la représentation est issue de la BDTopo de l'IGN.

Ils ont été divisés en plusieurs catégories :

- *les bâtiments utiles pour la gestion de crise* (centres de décisions, centres de sécurité et de secours) référencés « établissements utiles à la gestion de crise », sont concernés

les casernes de pompiers, les gendarmeries, les mairies, les postes de police, les préfetures, les centres Météo-France et les Services de Prévision des Crues ;

- *les bâtiments et sites sensibles pouvant présenter des difficultés d'évacuation*, ils sont référencés dans : « prison », « établissements d'enseignement », « hôpital, structure hébergeant des personnes sensibles », « maison de retraite », « camping », « crèches ». Sont concernés sous l'appellation :
  - « établissement d'enseignement » : les écoles maternelles, primaires, collèges et lycées
  - « hôpital, structure hébergeant des personnes » : les établissements de santé (hôpital, clinique, centre de rééducation...) et les structures pour personnes en situation de handicap
  - « camping » : les campings et aires d'accueil des gens du voyage
- *les réseaux et installations utiles pour la gestion de crise*, ils sont référencés dans : « gares », « aéroport » (cette catégorie recense les aéroports et les aérodromes), « autoroute, quasi-autoroute », « route, liaison principale », « voie ferrée principale » ;
- *les établissements ou installations susceptibles d'aggraver la gestion de crise*, ils sont référencés dans : « installation d'eau potable », « transformateur électrique » et « autre établissement sensible à la gestion de crise ». Sont représentés sous l'appellation :
  - « installation d'eau potable » : les installations de captage et pompage pour besoins agricole ou industriel, pompage pour production d'eau potable, les usines de traitement des eaux, les réservoirs d'eau, les châteaux d'eau et les stations de relèvement
  - « autre établissement sensible à la gestion de crise » : les installations SEVESO, les installations nucléaires de base (INB) et certaines ICPE qui si elles étaient inondées compliqueraient la gestion de crise : déchets, production d'électricité...

### **5.1.2. Limites et incertitudes**

En ce qui concerne le nombre d'habitants et d'emplois, les incertitudes des méthodes de calcul ne permettent pas d'afficher de résultat sous les seuils de 20 habitants et 50 emplois. Par contre si une communes n'est pas touchée par l'aléa, alors la valeur « 0 » est indiquée dans le cartouche.

Pour préserver la lisibilité des cartes, les choix suivants ont été faits :

- les surfaces d'activités économiques ne représentent pas les zones d'activités futures et les zones agricoles (y compris les serres, bâtiments d'élevage, silos, étables, etc..).
- le patrimoine culturel n'est pas représenté.

De manière générale, les enjeux représentés sur ces cartes ne sont pas exhaustifs. Des études complémentaires ont vocation à être menées dans les années à venir pour les compléter.

## **5.2. Analyse des enjeux**

Les analyses conduites permettent notamment de mettre en évidence les enjeux suivants :

	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue extrême
<b>Belleville-sur-Meuse</b>	62	1589	1823
<b>Thierville-sur-Meuse</b>	< 20	< 20	155
<b>Verdun</b>	< 20	1430	2362

**Tableau 6 : TRI de Verdun - estimation de la population en zone inondable**

	Crue fréquente	Crue moyenne	Crue extrême
<b>Belleville-sur-Meuse</b>	< 50	422	505
<b>Thierville-sur-Meuse</b>	< 50	< 50	< 50
<b>Verdun</b>	152	598	1014

**Tableau 7 : TRI de Verdun - estimation du nombre d'emplois en zone inondable**

### **5.3. Enjeux non cartographiés**

La circulaire du 16 juillet 2012 énumère un certain nombre d'enjeux non cartographiés sur la carte des risques en raison de leur dimension incompatible avec une représentation à l'échelle des TRI., mais faisant partie du SIG. Il s'agit :

- des **Installations polluantes IPPC et des Stations de traitement des eaux usées (STEU) de plus de 2000 équivalents habitants** situées dans la zone potentiellement inondable définie dans l'Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (EPRI) jusqu'à 30 km en amont des TRI. Les installations situées dans les TRI sont représentées sur les cartes ;
- des **Zones protégées pouvant être impactées par des installations polluantes IPPC ou STEU** déjà rapportées dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau :
  - « **zones de captage d'eau destinée à la consommation humaine** » : zones désignées pour le captage (ou susceptibles de le devenir) en application de l'article 7 de la directive 2000/60/CE
  - « **eaux de plaisance** » : il s'agit, pour la France, des zones de baignade dans le cadre de la directive 76/160/CE
  - « **zones de protection des habitats et espèces** » : ce sont des zones où le maintien ou l'amélioration de l'état des eaux constitue un facteur important. Il s'agit des zones désignées dans le cadre de la directive 92/43/CEE et de la directive 79/409/CEE.

## Annexe 1 : Méthodes d'estimation de la population et du nombre d'emplois en zone inondable

### Description de la méthode d'estimation de la population

#### Données sources :

Données carroyées de population 2009 (carreaux de 200\*200m) (les données de 2010 n'étant plus téléchargeables sur le site de l'INSEE)

Données du foncier 2010 ("MAJIC 2010"), traitées (géoréférencement, anonymisation, remontée de données utiles à l'échelle de la parcelle, ...) et livrées par le CETE NP.

Population INSEE à la commune 2010

#### Étape 1 : Répartition des données de population sur les parcelles, carreau par carreau :

Formule utilisée : Population à la parcelle (popfisc) = Population du carreau \* Surface d'habitation dans la parcelle (Stoth) / Somme des surfaces d'habitation (Stoth) de toutes les parcelles contenues dans le carreau

Pour identifier "les parcelles contenues dans le carreau", une requête géographique de type intersection est utilisée : "parcelles qui intersectent le carreau" (les "parcelles" sont matérialisées par un point dont les coordonnées sont fournies pour chaque parcelle par le CETE NP dans sa livraison).

Si on additionne popfisc sur toute une commune, on ne retombe pas sur la population "officielle" de l'INSEE.

Ceci est dû à la méthode de l'INSEE utilisée pour créer les données carroyées : ces données viennent des déclarations fiscales, et peuvent donc différer des données issues du recensement. (Ex : étudiants rattachés au foyer fiscal de leurs parents, inversion logement principal/habitation secondaire, ...).

On utilise alors un recalage aux deux étapes suivantes.

#### Étape 2 : Calcul d'un coefficient correcteur communal pour "recaler" la population "fiscale" sur la population issue du recensement INSEE :

Coefficient correcteur = Population communale INSEE 2010 / Somme des "populations fiscales" (popfisc) de toutes les parcelles de la commune

Pour identifier "toutes les parcelles de la commune", une requête attributaire est utilisée : parcelles dont le code INSEE est égal à celui de la commune

#### Étape 3 : Application de ce coefficient correcteur communal sur chaque parcelle :

Population finale de la parcelle (Popinsee) = Population "fiscale" de la parcelle (popfisc) \* Coefficient correcteur communal

On utilise bien les densités de population les plus fines possibles (population carroyée 200\*200m), et la donnée

la plus exhaustive possible pour connaître la surface de logement : la surface de logement recensée dans les données du foncier (utilisée pour le calcul de la taxe d'habitation).

La méthode prend bien en compte le fait que la population communale n'est pas uniformément répartie sur toute la commune (utilisation des carreaux de 200\*200m), le coefficient correcteur communal est juste un ajustement statistique en fin de chaîne

## **Description de la méthode d'estimation du nombre d'emplois**

### **Données sources :**

L'INSEE produit de nombreux rapports et de nombreuses données, homogènes au niveau national, concernant la question des emplois.

Seules les données suffisamment précises, à l'échelle communale ou infra-communale sont susceptibles de contribuer aux calculs d'emplois sur des zones infra-communales. On trouve celles-ci dans l'onglet « Bases de données » du site de l'INSEE, il s'agit, concernant l'emploi :

- des données locales, à l'IRIS, à la commune, au département, à la région, à l'EPCI, à la zone d'emploi,
- des fichiers détail : enquêtes sur des fractions de population, la zone géographique étant a minima le département,
- du répertoire SIRENE recensant les entreprises et leurs établissements à l'adresse, avec une évaluation du nombre d'employés et une classification de l'activité (par code NAF).

Le répertoire SIRENE, qui comporte les adresses, est le plus adapté à une analyse géographique (infra-communale) des emplois : c'est la base de données qui a été retenue ici : SIRENE® Base de données

“Sirene® base de données” rassemble ainsi des informations économiques et juridiques sur environ 9 millions d'établissements et d'entreprises appartenant à tous les secteurs d'activité. Les données figurant dans la base sont de trois ordres, pour les entreprises et leurs établissements :

- des données d'identification (numéro SIRET, nom, raison sociale, forme juridique, adresse) ;
- des données économiques (code d'activité principale APE, importance de l'effectif salarié par tranche, chiffre d'affaires) ;
- d'autres données (dates de création, de fermeture, ...).

### **Etape 1 : Extraction de la base SIRENE**

Une extraction des établissements situés dans les communes appartenant à des TRI a été réalisée par le Pôle d'Appui National SIRENE au début du mois d'avril 2013, excepté pour Paris, Lyon et Marseille, villes pour lesquelles l'extraction n'a été réalisée que fin août 2013. Le fichier représente 4 429 279 établissements.

### **Etape 2 : Géocodage de SIRENE Base de données**

Le géocodage consiste à attribuer des coordonnées géographiques à une adresse.

Il est ainsi possible, à partir d'un fichier comportant des adresses, d'obtenir un semis de points pouvant être exploité à différentes fins.

Compte tenu du nombre important d'adresses à géocoder, et de la difficulté pour des outils classiques (tel que des services en ligne de géocodage ou la fonction de géocodage des logiciels SIG), il a été décidé de confier à un prestataire ce géocodage de tous les établissements situés dans une commune appartenant à un TRI.

Il a été demandé au prestataire de fournir un indicateur de pertinence de la géolocalisation par établissement (adresse précise, rue, commune, autre).

## **Sources d'erreurs et biais**

Les erreurs possibles sont :

### Erreurs liées au fichier SIRENE :

- informations non renseignées : EFETCENT = NN ; cela concerne 301 091 établissements sur 4 429 279, dans des secteurs d'activité variés : on ne peut isoler de typologie majoritaire mais cela peut conduire à sous-estimer notablement l'effectif ;
- effectif de l'établissement reparti sur une seule adresse, alors qu'en réalité il l'est sur plusieurs (exemple : Aix-en-Provence, 2900 personnes situées place de l'Hôtel de Ville !) ; cela concerne principalement les collectivités territoriales. Dans la méthode proposée, ces effectifs ont été exclus.

### Erreurs liées au géocodage :

- géocodage non pas à l'adresse mais à la rue, à la commune ou même absence de géocodage : pour y pallier en partie, la méthode proposée répartit les effectifs non localisés sur les établissements bien localisés ;
- mauvaise localisation de l'établissement, que le géocodage situe dans la rue, pouvant être éloignée des bâtiments.

### Concernant la méthode :

Des établissements dont la surface est parfois importante (industries automobiles, chimiques ...) sont représentés par un point (essentiellement des entreprises de taille intermédiaire et des grandes entreprises) appartenant ou pas à une surface inondable alors qu'une partie des installations seulement peut être concernée.

Il est choisi de sommer les effectifs quel que soit le type d'établissement ; or certains emploient des personnes travaillant sur d'autres sites (ex : entreprises de nettoyage, sociétés de services en ingénierie informatique, ...).

Étant donné les fourchettes individuelles de la variable EFETCENT (ou la borne supérieure vaut souvent deux fois la borne inférieure), les fourchettes totales restent imprécises, mais permettent d'approcher l'ordre de grandeur.