



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE LA HAUTE-SAONE

Direction
départementale
des territoires
Service
environnement et
risques

**PLAN DE PREVENTION DU RISQUE D'INONDATION
PAR DEBORDEMENT DE LA RIVIERE « L'OGNON » DE
PART ET D'AUTRE DE LAVILLE DE LURE**

Communes concernées :

Lure, Roye, Vouhenans, Magny-Vernois, Vy-lès-Lure

*Modélisation des écoulements
et cartographie d'une crue de référence*

	auteur	relecture	validation	Affaire BL 0010
Orig.	Août.2011 / StB	Août.2011 /StB	Août.2011 /GMG	
V2	Déc.2011 / StB	Déc.2011 /StB	Déc.2011 /GMG	
V3	Avril 2012 / StB	Avril 2012 /StB	Avril 2012 /GMG	
V4	Avril 2012 / StB	Avril 2012 /StB	Avril 2012 /GMG	
V5	Avril 2012 / StB	Avril 2012 /StB	Avril 2012 /GMG	Reunion 23/05/2012

SOMMAIRE

1	OBJET DU RAPPORT.....	3
2	LINÉAIRE MODÉLISÉ.....	4
3	TOPOGRAPHIE	4
4	TYPE DE MODÉLISATION ET CONSTRUCTION DU MODÈLE	6
4.1	TYPE DE MODÉLISATION	6
4.2	CONSTRUCTION DU MODÈLE	6
5	PARAMÈTRES DE CALCUL	8
5.1	COEFFICIENT DE RUGOSITÉ ET CALAGE	8
5.2	COTE AVAL	8
6	CALAGE DU MODÈLE	10
6.1	MÉTHODOLOGIE	10
6.2	QUALITÉ DU CALAGE	11
6.2.1	<i>Amont du franchissement de l'Ognon par la voie ferrée à Lure</i>	<i>11</i>
6.2.2	<i>Ognon entre la voie ferrée et la RN19 (déviation de Lure)</i>	<i>11</i>
6.2.3	<i>Ognon entre la RN19 et le pont de la RD64 à Lure</i>	<i>12</i>
6.2.4	<i>Ognon à Lure en aval de la RD64</i>	<i>16</i>
6.2.5	<i>Ognon à Vouhenans_Magny-Vernois.....</i>	<i>16</i>
6.2.6	<i>Ognon à Vy-Lès-Lure.....</i>	<i>17</i>
6.2.7	<i>Tableau récapitulatif des écarts entre les cotes mesurées et cotes calculées</i>	<i>17</i>
6.2.7.1	<i>Février 1990.....</i>	<i>17</i>
6.2.7.2	<i>Décembre 2001</i>	<i>19</i>
6.2.7.3	<i>Février 1999.....</i>	<i>19</i>
6.2.8	<i>Synthèse sur le calage</i>	<i>19</i>
6.3	DESCRIPTION DE L'INONDATION DE FEVRIER 1990	20
7	CALCULS DES AUTRES CRUES	23
7.1	MÉTHODOLOGIE	23
7.2	DIFFÉRENCES AVEC LA CARTOGRAPHIE DU PSS	23
8	HYPOTHÈSES RETENUES POUR ARRÊTER LES ALÉAS D'INONDATION DU PPRI..	25
8.1	CRUE DE RÉFÉRENCE RETENUE	25
8.2	DÉTERMINATION DE LA ZONE INONDABLE	25
8.3	DÉTERMINATION DE L'ALÉA INONDATION PRIS EN COMPTE POUR L'ÉTABLISSEMENT DU PPRI.....	25
9	DOCUMENTS GRAPHIQUES ANNEXÉS AU PRÉSENT RAPPORT.....	25

1 Objet du rapport

Ce document aborde trois éléments de mission préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) par débordement de la rivière Ognon sur les communes de Lure, Roye, Magny-Vernois, Vouhenans, Vy-les-Lure.

Ce sont les suivants :

- Tranche conditionnelle n° 2 : modélisation de l'écoulement des crues dans la vallée de l'Ognon,
- Tranche conditionnelle n° 3 : cartographie des zones inondées,
- Tranche conditionnelle n° 4 : cartographie des aléas d'une crue de référence de l'Ognon.

2 Linéaire modélisé

Le linéaire modélisé s'étend entre les limites suivantes :

- limite amont : 1 700 m en amont du pont de la voie ferrée à Lure, à la limite des communes de Roye et Froideterre (lieu-dit la Combe Bélion),
- limite aval : pont en aval du village des Aynans.

La limite aval a été choisie pour prendre en compte la confluence de l'Ognon avec le Rahin. Cette confluence se situe 2,3 km en aval du périmètre prescrit dans le PPRI.

La confluence avec la Reigne, qui se situe entre Vouhenans et les Aynans, est également prise en compte dans le modèle.

3 Topographie

Le modèle hydraulique a été construit à partir des données suivantes :

- plan photogramétrique au 1/5000^e de la vallée de l'Ognon établi par le Cabinet Clerget : ce plan recouvre l'ensemble du lit majeur sur le secteur d'étude ; les remblais routiers, les digues, ou autres lignes de rupture sont compris dans ce levé ;
- levés terrestres de 50 profils en travers en lit mineur réalisés par notre bureau d'étude en 2009 ;
- levés des ouvrages hydrauliques (ponts, barrages, seuils) réalisés par notre bureau d'étude en 2009.

Pour le linéaire en aval du franchissement de l'Ognon par la voie ferrée à Vy-lès-Lure, nous avons construit, à l'aide du Modèle Numérique de Terrain (MNT) bâti à partir de la photogramétrie, 14 profils en travers complets, en rattachant un lit majeur aux levés terrestres du lit mineur.

Ces profils en travers sont localisés sur les plans « Localisation des levés topographiques et des repères de crue ».

Le tableau ci-après présente les ouvrages hydrauliques rencontrés d'amont en aval sur le secteur d'étude.

n°	nom des ouvrages	modélisé
Oh 2.5	ancien seuil situé 500 m en amont du pont de la voie ferrée à Lure (photo 2)	non
Oh 4.5	pont de la voie ferrée (lieu-dit La croix Boussiot) (photo 10)	oui
Oh 7.5	piles du pont de l'ancien Tram (photo 16)	non
Oh 8.5	pont de la sablière (photos 21 et 22)	oui
Oh 12.5	ponts de la RN19 (série de deux ponts) (photos 23, 24 et 27)	oui
Oh17.5/RD64	pont de la RD64 (photos 32 et 33)	oui
Oh18.5, 19.5, 20.5	trois seuils « piscicoles » entre le pont de la RD64 et les gravières (photos 36, 37, 39, 41)	non
Oh 23.5	seuil au niveau de la « boucle » de l'Ognon vers les gravières (photo 45)	non
Oh 24.5, Oh 26.5	deux seuils pêcheurs en face de la Tuilerie, entre les gravières et Vouhenans (photos 47, 51)	non
Oh 29.5/RD217	pont de la RD217 à Vouhenans (photo n° 54)	oui
Oh 31.5	Seuil de l'ancien moulin (photo 56)	oui
Oh 32.5	pont métallique dans Vouhenans avec seuil (photos 58, 59, 60)	non
Oh 34.4 et 34.5	pont agricole et seuil en aval de Vouhenans (photos 61, 62)	non
Oh 37	pont de la voie ferrée en amont du moulin Petenieur (photos 86, 87)	oui
Oh38.5	barrage du moulin Petenieur (photos 83 et 84)	oui
Oh43.5	barrage amont des Aynans (photos 65, 66)	oui
Oh 44.5	pont de la RD122 (photo 67)	oui
Oh 45.5	barrage aval des Aynans (photos 71 et 73)	oui
Oh 46.5	délestage du canal vers l'Ognon (photos 76 et 77)	non
Oh 49.5	pont communal les Aynans-Longeville (photos 80, 82)	oui

Ouvrages hydrauliques présents dans le linéaire d'étude.

Les ouvrages hydrauliques ne modifiant pas les écoulements en crue n'ont pas été modélisés. Ce sont de petits ouvrages qui ont une influence seulement sur les basses et moyennes eaux.

Les photographies citées ci-dessous sont jointes en annexe.

4 Type de modélisation et construction du modèle

4.1 Type de modélisation

La modélisation a été réalisée **en régime transitoire**, c'est-à-dire que l'ensemble de l'hydrogramme de crue est modélisé (montée de crue, décrue). Le volume de la crue et les effets de laminage sont considérés.

Le lit mineur de l'Ognon a été modélisé en une dimension (1D), alors que le lit majeur a été modélisé en deux dimensions (2D). Les échanges entre lit mineur et lit majeur sont générés automatiquement par le couplage des deux codes de calcul en fonction des cotes de berge du lit mineur.

Un faible linéaire (du franchissement de l'Ognon par la voie ferrée à Vy-lès-Lure jusqu'à la limite aval de l'étude), a été modélisé entièrement en 1D (zone essentiellement naturelle à l'exception de la pisciculture du Moulin Petenieur).

Les modèles hydrauliques en 1D (dits aussi unidimensionnels, ou filaires) supposent que la cote d'inondation est constante sur un même profil en travers.

Les modèles hydrauliques en 2D (ou bidimensionnels) tiennent compte de la pente transversale de la surface de l'eau dans les coudes. Le long d'un même profil en travers, les cotes d'inondation peuvent varier en fonction des conditions d'écoulement. Ils permettent d'estimer le champ des vitesses (contrairement aux modèles 1D qui donne une vitesse moyenne).

Le grand avantage d'un modèle 2D est qu'il ne préjuge pas des points de débordement et des circuits d'écoulements préférentiels des flux débordés : ceux-ci sont déterminés par les calculs, contrairement à un modèle 1D maillé, qui repose sur des choix du modélisateur, celui-ci devant définir a priori tous les axes d'écoulement secondaires.

Le logiciel utilisé est **MIKE FLOOD** développé par DHI (Danish Hydraulic Institut). Cet outil est basé sur l'interaction dynamique et automatique entre les modèles MIKE 11 (1D) et MIKE 21 (2D).

La modélisation 2D est rendue possible par la grande précision altimétrique du lit majeur.

4.2 Construction du modèle

Pour l'étude, comme nous l'avons vu, deux types de modélisation ont été utilisés :

1. de la limite amont de l'étude jusqu'à la voie ferrée située à proximité du moulin Petenieur, soit la majorité du secteur étudié :
 - **les écoulements en lit mineur** ont été représentés par un **modèle 1D** construit à partir des profils en travers ; ce type de modèle détermine à chaque profil de calcul, des surfaces d'inondation plane et une vitesse moyenne d'écoulement.
 - **en lit majeur**, les écoulements ont été simulés par un **modèle 2D** permettant de déterminer avec plus de précision les vitesses d'écoulement, leurs répartitions et les hauteurs de submersions sur l'ensemble du secteur modélisé. Ce modèle a été réalisé à l'aide de la photogrammétrie. Un maillage a été réalisé sous Covadis que l'on a ensuite « rasterisé » (création d'un fichier image associant une valeur d'altitude par pixel), chaque pixel représentant 5 mètres. Ainsi, on a

obtenu une représentation par grille du lit majeur, chaque point de la grille étant un carré de 5 mètres par 5 mètres. Ce modèle 2D est complètement fermé, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de conditions aux limites à définir, ce qui implique qu'en amont et en aval (surtout en aval), les écoulements en lit majeur doivent se raccorder naturellement au lit mineur, ce qui est le cas. De plus, l'emprise du lit mineur n'est pas représentée dans le modèle 2D, puisqu'à ce niveau les calculs se font en 1D. Ceci évite de faire deux fois les calculs dans le lit mineur, ce qui provoquerait des erreurs notables. Quand le modèle est en limite de topographie, les écoulements (s'ils vont jusqu'à cette limite) se heurtent à un « mur » (puisque le modèle est fermé), il vaut donc mieux éviter ce genre de situation, on ne pourrait pas garantir la justesse des calculs au voisinage de ces secteurs.

2. de l'aval de la voie ferrée proche du moulin Petenieux jusqu'aux Aynans:

Les écoulements sont simulés par **un modèle 1D** ; ce type de modèle est adapté à la modélisation en zone majoritairement naturelle où l'unicité d'une direction d'écoulement, par voie automatique, peut être admise ; si nécessaire, des corrections d'écoulement peuvent être apportées par dire d'expert.

En très grande partie, ce secteur est situé hors de la zone d'élaboration du PPRi, puisqu'il s'étend jusqu'à l'aval de la commune de les Aynans. Comme nous l'avons expliqué précédemment la prolongation de la modélisation jusqu'à l'aval de ce village permet de prendre en compte l'influence hydraulique de la confluence « Ognon- Rahin ».

5 Paramètres de calcul

Les débits sont présentés dans le rapport d'hydrologie (Tranche conditionnelle n°1).

5.1 Coefficient de rugosité et calage

Les coefficients de rugosité (Strickler / [$m^{1/3} s^{-1}$]) adoptés sont les suivants (description d'amont en aval) :

- lit mineur :
 - de la limite amont à la voie ferrée : 20,
 - de la voie ferrée à la RN19 : 25,
 - de la RN19 aux gravières en aval de Lure : 20,
 - des gravières à l'amont de Vouhenans : 25,
 - de Vouhenans à la confluence avec la Reigne : 28,
 - de la confluence avec la Reigne à l'aval : 25.
- lit majeur :
 - 7 en amont de la voie ferrée,
 - 12 de l'aval de la voie ferrée à l'amont de la RN19,
 - en amont du pont de la RD64 : 5 en lit majeur rive droite ; 7 en lit majeur rive gauche ;
 - 12 de l'aval immédiat du pont de la RD64 à l'aval de Lure,
 - 7 de l'aval de Lure au lieu-dit La Tuilerie,
 - 5 dans Vouhenans,
 - 12 de la Tuilerie à l'aval.

Ces valeurs résultent du croisement d'une première appréciation visuelle et des ajustements réalisés dans la phase de calage.

Ils sont cohérents avec les valeurs-guide fournies par les tables de la littérature spécialisée (Cf. §6.1).

5.2 Cote aval

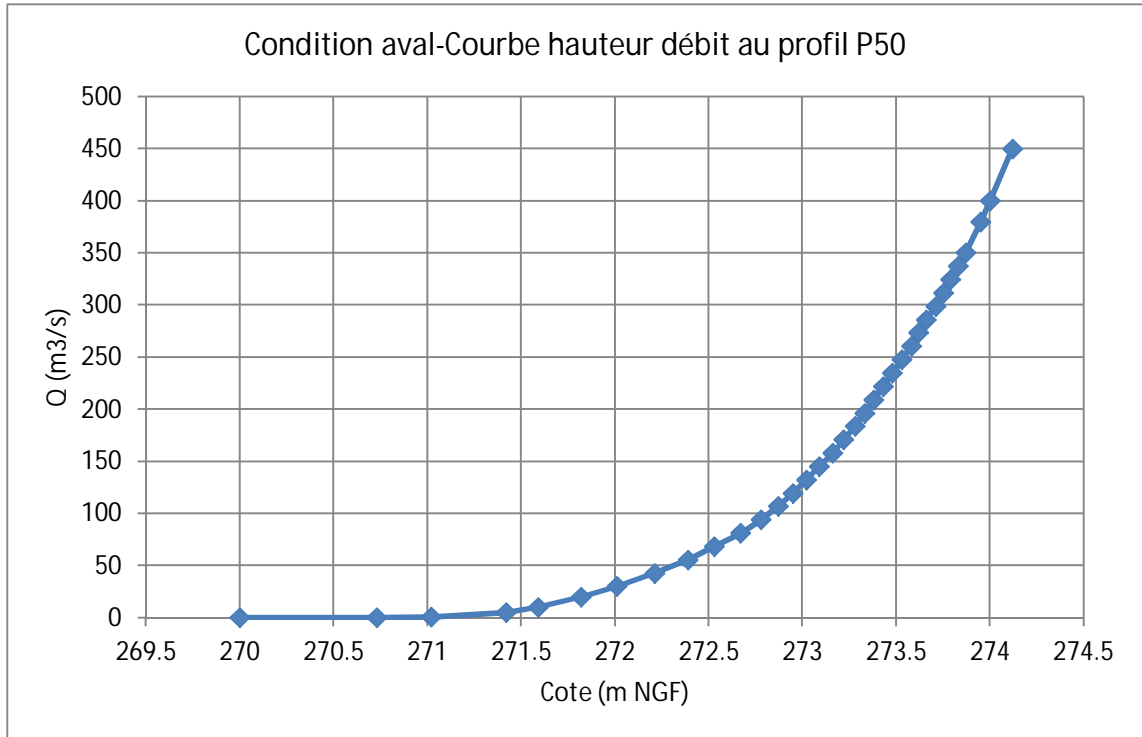
La modélisation débute 300 m en aval de la confluence du Rahin et de l'Ognon. La cote à l'aval du modèle correspond à la cote de départ des calculs, puisque les écoulements étant en régime fluvial, la ligne d'eau est calculée d'aval vers l'amont.

On a tout d'abord calculé la pente de vallée à partir des éléments topographiques disponibles, puis elle a été affinée à partir des repères de crue disponibles.

On a ensuite établie une courbe H-Q (hauteur-débit) qui est entrée dans le modèle. Cette courbe est présentée ci-après.

Les cotes aval maximales obtenues pour les crues étudiées sont :

- 10 ans : 273,26 m NGF,
- 20 ans : 273,37 m NGF,
- 50 ans : 273,52 m NGF,
- 100 ans : 273,67 m NGF,
- 1000 ans : 273,91 m NGF,



6 Calage du modèle

6.1 Méthodologie

Le calage du modèle se fait en visant à reconstituer la ligne d'eau d'un événement connu. Pour notre étude, nous nous sommes appuyés essentiellement sur les informations relatives à **la crue de février 1990**. En effet, c'est pour cet événement que nous détenons le plus d'informations. Les enquêtes de terrain, réalisées à l'occasion de différents projets, et de la présente étude nous ont permis de recueillir 47 repères de crue, dont 29 rattachés à la crue de février 90. Enfin, la crue de 1990 est la plus forte crue connue ; **sa période de retour estimée est un peu inférieure à l'occurrence centennale**.

Les données rentrées dans le modèle mathématique ont été affinées jusqu'à ce que la ligne d'eau de la crue de 1990 s'approche au maximum des repères de crues préalablement cités. Classiquement pour ce type de prestation, les bureaux d'études ajustent les coefficients de rugosité et les coefficients de perte de charge aux ouvrages. Les apports des affluents non jaugés ont également été légèrement ajustés pour permettre une reconstitution correcte des débits à l'aval du modèle. Certaines laisses de crue sont écartées, lorsqu'elles s'éloignent exagérément des autres repères ; en effet, certains repères sont jugés peu fiables. Par exemple, la présence d'une voiture, d'une pile de bois peut créer, lors d'une crue, des remous et exhausser localement la ligne d'eau. Le repère de crue recueilli est bon localement, mais ne représente pas la ligne d'eau générale du secteur.

Les ajustements des débits sont réalisés en respectant les intervalles de confiance que l'on a pu mettre en évidence lors de l'étude hydrologique. L'affinement des coefficients de rugosité est cohérent avec les valeurs-guide indiquées dans les tableaux de la littérature, notamment HORTON (1916), cité par CARLIER (1972). Les coefficients de rugosité retenus tiennent bien entendu compte de l'état d'entretien du cours d'eau, de sa végétation, et de sa morphologie. Pour ce qui concerne les débits, ils sont cohérents avec l'hydrologie générale de la crue.

Comme nous l'avons constaté en cours d'étude et comme nous l'avons précisé dans la dernière version du rapport hydrologique, l'ensemble d'analyses concordantes permet d'affirmer **en accord avec le service gestionnaire de la station**, que les débits de la station de Servance sont sous-estimés en période de hautes eaux. La reprise des courbes de tarage à cette station est envisagée par le gestionnaire. En effet, pour atteindre les repères de crue de février 1990, en utilisant des coefficients de rugosité corrects, il est nécessaire d'augmenter le débit sur l'ensemble du linéaire : on a retenu une valeur de **180 m³/s** en entrée du modèle. L'application de la formule de MYERS permet alors de recalculer un débit à la station de Servance de 117 m³/s, alors que le débit disponible actuellement dans la banque Hydro est de 99,6 m³/s, soit une augmentation de 17%.

De la même manière, les débits en tête du modèle ont été corrigés pour les autres crues de calage :

- crue de février 1999 : 107 m³/s (d'où 69,5 m³/s à Servance ; 59 m³/s dans la Banque Hydro actuellement, soit une augmentation de 18% de cette valeur);

- crue de décembre 2001 : 143 m³/s (d'où 92,5 m³/s à Servance ; 78,9 m³/s dans la Banque Hydro actuellement, soit une augmentation de 17% de cette valeur).

A partir du modèle numérique de terrain et du modèle numérique de l'eau, l'étendue de la zone inondable de la crue de 1990 a été déterminée. Pour ce faire, le modèle numérique de l'eau en trois dimensions a été superposé au modèle numérique de terrain également en trois dimensions. Ce document est présenté en annexe (document hors texte).

Les écarts avec les repères de crue sont indiqués sur la carte de la crue de février 1990. Pour ce type d'exercice, il est normal que l'on n'atteigne pas de façon systématique tous les repères de crue.

6.2 Qualité du calage

Tous les repères de crue font l'objet d'une analyse systématique.

6.2.1 Amont du franchissement de l'Ognon par la voie ferrée à Lure

En amont du franchissement de l'Ognon par la voie ferrée (secteur de la Croix Boussiot), on dispose de trois repères de crue, *Lur-02* et *Lur-03* qui lors de l'enquête de recensement des repères de crue ont été considérés comme des repères de crue annuelle, et *Lur-29*, repère de crue a priori de février 1990. *Lur-29* est d'une fiabilité moyenne ; en effet, il correspond à un niveau de passerelle agricole dans un champ, repère qui n'a pas forcément été contrôlé avec exactitude lors des inondations. Il semble que *Lur-03* peut être rattaché à la crue de février 1990 (cote calculée pour février 1990 située à -1 cm par rapport au repère de crue).

Le repère de crue *Lur-02* peut vraisemblablement être rattaché à la crue de décembre 2001. On notera que ce repère a été recensé lors d'une enquête en 2002, et donc que la crue de décembre 2001 était alors la dernière forte crue en date. La cote calculée pour la crue de décembre 2001 est égale à la cote mesurée (302,08 m NGF).

6.2.2 Ognon entre la voie ferrée et la RN19 (déviation de Lure)

On dispose de quatre repères de crue, dont trois rattachés à la crue de février 1990 (*Lur-30*, *Lur-05* et *Lur-31*), et un rattaché à la crue de décembre 2001 (*Lur-04*) ; lors de l'enquête, ce repère a été rattaché à la crue de mars 2001. On le comparera pour information à la crue de décembre 2001.

Le repère *Lur-05* est très précis, il s'agit du seuil d'une maison. La cote calculée par le modèle est égale à la cote nivelée.

Le repère *Lur-30* est moins précis mais il est bien approché. Il a été indiqué que l'Ognon n'avait pas débordé en rive gauche lors de la crue de février 1990. La cote calculée est supérieure de 4 cm à la cote du repère. Il n'y a effectivement pas de débordement localement à ce point, mais l'Ognon déborde en amont et en aval de ce point.

Le repère *Lur-31* est d'une fiabilité moyenne. Il correspond à un niveau d'eau observé et rapporté au droit du pont de la RN19 (« 80 cm au-dessus du mur de l'ancien pont »). La cote calculée est située 21 cm au-dessus de la cote mesurée, ce qui est considéré comme une bonne approche, compte-tenu de la précision du repère de crue.

La cote calculée pour le repère *Lur-04* est 11 cm supérieure à la cote mesurée. Ce repère est donc relativement bien approché, compte-tenu du type de repère (zone inondable arrivée au pied du poteau) ; de plus, il est situé à proximité du repère de crue *Lur-05*, repère plus précis (seuil d'une maison) et qui est atteint sans écart par la modélisation hydraulique.

6.2.3 Ognon entre la RN19 et le pont de la RD64 à Lure

Ce secteur est en zone urbaine. La modélisation en 2D revêt ici toute son importance. En effet, il existe différents écoulements à travers les aménagements urbains et les bâtiments que ce type de modélisation permet de rendre compte.

On dispose dans ce secteur de nombreux repères de crue rattachés à la crue de février 1990. Les repères de crue affichent cependant des valeurs assez dispersées. Pour lever les incertitudes, des enquêtes approfondies ont été réalisées dans ce secteur lors de la phase de calage du modèle (crue de calage de février 1990), avec questionnement de riverains.

De manière générale, il faut préciser que dans certains cas de figure, des remous peuvent influencer la qualité des repères (le repère est acceptable localement mais ne représente pas la ligne d'eau générale du secteur).

Analyse des repères.

La cote de *Lur-33* paraît élevée : cela conduirait à l'inondation du quartier à l'Ouest de la rue Carnot, ce qui ne ressort pas des interviews.

Le repère de crue *Lur-11* (Beture-Cerec-1999) s'est avéré être le même que *Lur-13* (Poyry-2010). Le repère *Lur-11* avait été mal positionné sur la cartographie de l'ancienne étude. Le support cartographique était la carte IGN agrandie, soit d'une précision moindre que le levé photogramétrique réalisé pour le PPRI. Leurs côtes sont un peu différentes (296,07 m NGF pour *Lur-11* et 295,98 m NGF pour *Lur-13*, soit un écart de 0,09 m), le riverain n'ayant pas donné tout à fait la même hauteur d'eau lors des deux enquêtes. Le repère n'est pas matérialisé, il s'agit du souvenir de la hauteur d'eau dans un garage, d'où ce type d'imprécision. Le modèle passe un peu au-dessus des indications, ce qui peut être jugé admissible compte-tenu de l'absence de repère physique.

Après vérification, les repères *Lur-10* (Est Ingénierie-2001) et *Lur-12* (Poyry-2010) se sont avérés être les mêmes repères. Ils sont matérialisés par un trait dans le garage au n°39 rue de l'Ognon (trait 30 cm au-dessus du sol). Il s'agit donc d'un repère fiable. Leur cote mesurée est cependant différente : 296,66 m pour *Lur-10*, 296,36 m pour *Lur-12*, soit 0,3 m d'écart.

Le repère *Lur-10* est issu de l'étude d'Est Ingénierie de 2001. Il porte dans cette étude le n° *R12-02*, comme le repère *Lur-15* qui provient également de cette étude, ce point paraît donc étrange. La cote de *Lur-15* est de 296,69 m NGF, et celle de *Lur-10* est de

296,66 m NGF. On remarquera que le repère *Lur-15* est environ 80 m plus en aval que *Lur-10*, et qu'il est plus haut.

Il semble qu'il y ait eu, lors de l'étude précédente, une confusion sur la localisation de ces repères (*Lur-15* et *Lur-10*). Alors qu'on dispose de photographie dans l'étude d'Est Ingénierie sur les quatre autres repères de crue (*Lur-5*, *Lur-6*, *Lur-10*, *Lur-17*), il n'y a aucune indication sur *Lur-15*. Le repère *Lur-15* ne peut être contrôlé compte tenu du peu d'information que l'on a. Ce repère est donc jugé non fiable.

On remarquera aussi que *Lur-15*, et *Lur-10*, ont des cotes proches de *Lur-8*. Ce dernier est situé respectivement à 400 m et à 320 m en amont des deux repères précités. Le repère *Lur-8* est bien approché par le modèle. Il est de plus cohérent avec les repères *Lur-7* et *Lur-6*. On peut en déduire que *Lur-15* et *Lur-10* semblent trop élevés.

On s'approche en revanche parfaitement du repère *Lur-12*.

Les repères de crue (*Lur-06*, *Lur-07*, *Lur-08*) sont bien approchés par le modèle (écart respectivement de -0.05, -0.12, -0.03 m). Les deux premiers repères correspondent à une hauteur d'eau dans une habitation, et le troisième à un niveau de marche ; ces repères sont jugés fiables. Le repère *Lur-32* n'est pas cohérent avec les repères *Lur-6*, *Lur-7* et *Lur-8* situés à proximité. Le repère *Lur-32* ne paraît donc pas fiable.

La zone inondable proposée pour Lure confirme les secteurs cités par la collectivité (rue des Cloies, rue de l'Ognon, rue de la Carrière). La partie basse de la « Maie » est bien inondée directement par l'Ognon.

Synthèse.

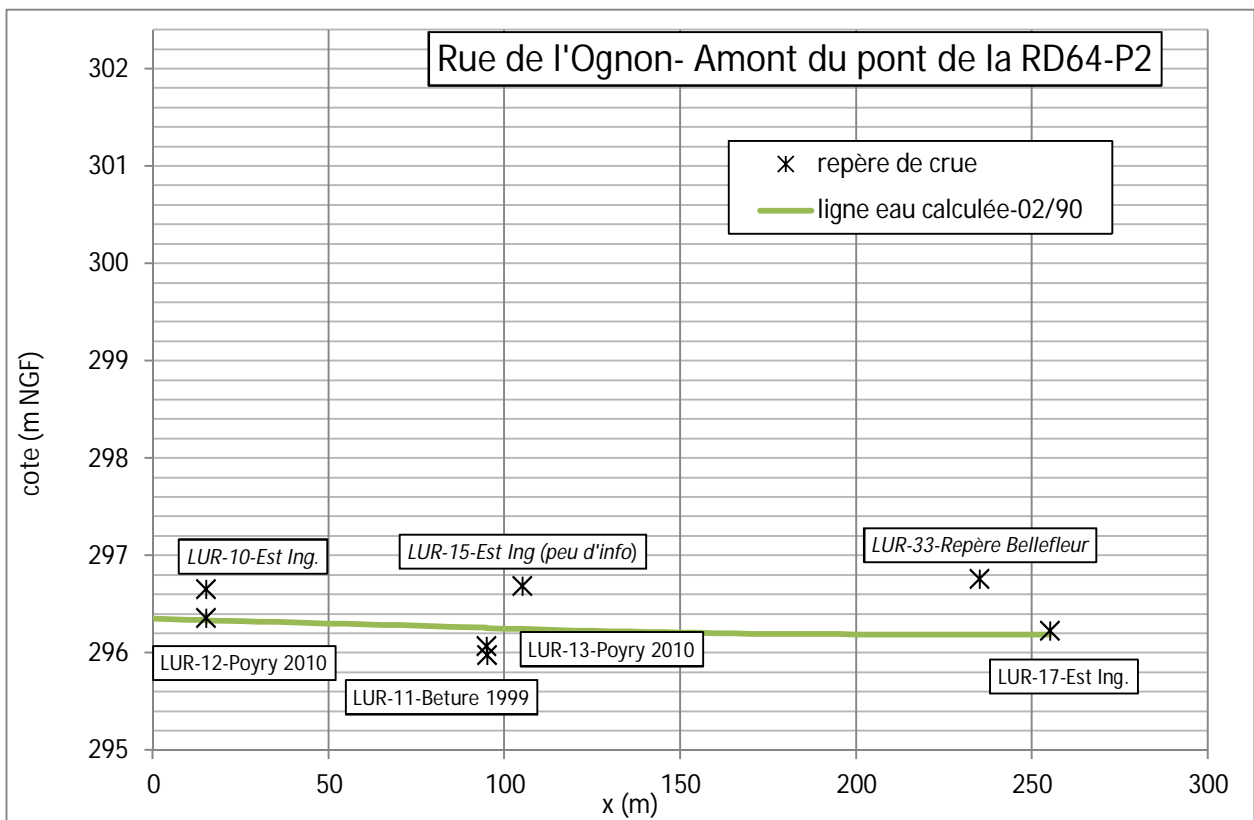
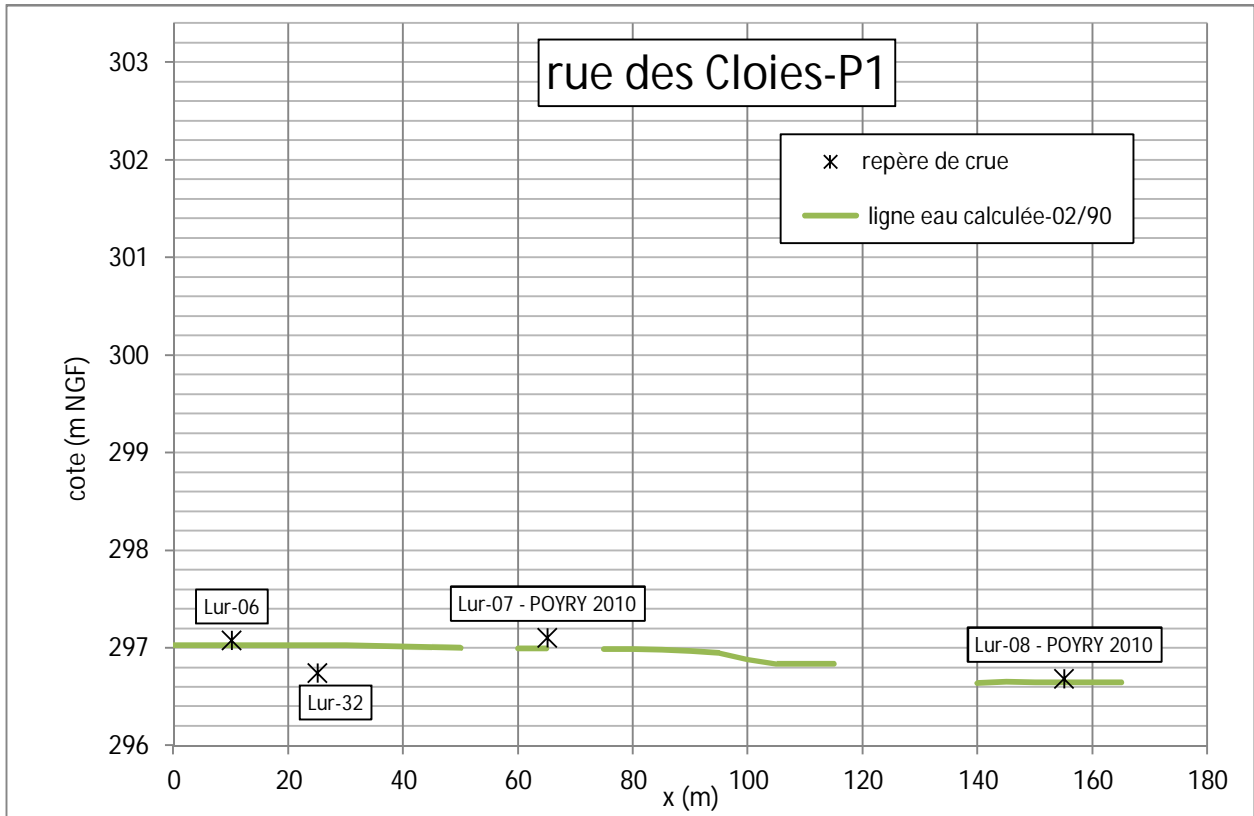
Le calage retenu permet de passer dans le bas du nuage de points des repères de crue, c'est-à-dire vers les repères de crue jugés les plus fiables par notre analyse (*Lur-12*, *Lur-11-Lur-13*, *Lur-17*).

L'extension de la zone inondable en rive droite a été vérifiée par des enquêtes systématiques auprès des riverains de la rue de l'Ognon, du Chemin de Ronde, de la rue des Cloies. La zone inondable calculée représente bien la zone inondable de février 1990 connue par les riverains. Il a donc été décidé de ne pas rechercher à remonter la ligne d'eau dans ce secteur. Les secteurs inondés dans notre cartographie avaient été mentionnés lors de la rencontre des élus de Lure en mars 2010.

Pour permettre une meilleure visualisation des résultats, on présente ci-après, en complément de la carte de zone inondable indiquant les écarts avec les repères de crue, deux profils en long tracés au travers des repères de crue sur deux secteurs distincts :

- rue des Cloies (P1),
- rue de l'Ognon (P2).

Ces profils en long permettent d'observer que la ligne d'eau retenue passe dans le bas du nuage de points, mais approche ainsi bien les repères jugés les plus fiables.





Localisation des repères de crue et des profils en long (P1 et P2).

6.2.4 Ognon à Lure en aval de la RD64

On dispose de deux repères de crue rattachés à la crue de février 1990 dans les enquêtes (*Lur-18* et *Lur-28*). On peut cependant faire l'hypothèse que les repères de crue *Lur-19* et *Lur-22* appartiennent également à la crue de février 1990 (dans la fiche de repère de crue, *Lur-19* est rattaché à une crue qui se serait produite en 1968, et *Lur-22* est rattaché à aucune crue). Les cotes calculées pour février 1990 approchent en effet ces repères de crue (cotes calculée 1 cm en dessous de *Lur-19* et 2 cm en dessous de *Lur-22*).

Le repère de crue *Lur-18* est bien approché (cote calculée 1 cm en dessous du repère). Ce repère peut être jugé fiable (25 cm d'eau dans une maison).

Le repère de crue *Lur-28* est bien approché également. La cote calculée est 1 cm en dessous du repère.

Pour le repère *Lur-21* qui est rattaché à la crue de février 1999, la cote calculée est 35 cm au-dessus de la cote mesurée. Cependant, ce repère de crue est jugé d'une fiabilité moyenne (zone inondable qui atteint un poulailler, repère non matérialisé).

La zone inondable calculée pour février 1990 concerne des secteurs habités :

- habitations le long de la route de la Saline (RD 18),
- habitations Chemin de Villedieu, ferme Chemin de Villedieu (entourée par la zone inondable).

Dans les demandes d'indemnisation lors de la crue de février 1990, on a relevé des adresses Rue de la Saline avec des dommages sur du mobilier extérieur.

6.2.5 Ognon à Vouhenans_Magny-Vernois

On dispose de 5 repères de crue sur Vouhenans et Magny-Vernois rattachés à la crue de février 1990. Quatre de ces repères sont situés en rive droite entre le pont de la RD 217 et le secteur Gare de Magny-Vernois (*Vou-01*, *Vou-3*, *Vou-4*, *Vou-5*). Un des repères est situé en rive gauche en aval de Vouhenans (*Vou-02*).

Les repères de crue *Vou-01*, *Vou-03*, *Vou-05* sont bien approchés par les calculs, les cotes calculées sont respectivement à +4 cm, 0 cm, +10 cm des cotes mesurées. Ces repères sont jugés fiables, ils correspondent à des niveaux d'eau dans des maisons

Le repère de crue *Vou-04* est en revanche moins bien approché : la cote calculée est 54 cm en dessous de la cote mesurée. Ce repère n'est pas jugé fiable, la cote paraît trop élevée. Ce niveau conduirait à une inondation à l'Ouest de la RD486 par l'Ognon, ce qui ne ressort pas des interviews. On remarquera aussi que la cote de ce repère est proche de celle de *Vou-01* situé 320 m plus en amont, ce qui ne semble pas possible.

La cote calculée au repère *Vou-02* est 45 cm supérieure à la cote mesurée. Ce repère est identique à un repère qui avait permis à l'Administration de recenser les zones inondables de ce secteur pour des crues plus faibles que la crue de février 1990. Le dépassement de ce repère paraît normal, la crue de février 90 étant beaucoup plus forte que la crue cartographiée par l'Administration.

Les habitations au lieu-dit La Tuilerie sont en limite de la zone inondable. D'après un témoignage, l'arrière du garage en bord de RD486 côté Ognon à proximité du lieu-dit

« Champs Montagnon » a été atteint par l'eau en février 1990. La cartographie est donc cohérente avec cette information.

Les habitations situées le long de la RD217 en rive droite sur les communes de Vouhenans et Magny-Vernois sont situées dans la zone inondable, y compris le nouveau lotissement. L'inondabilité du secteur est confirmée par les habitants du secteur. On rappelle que les repères de crue (*Vou-01, Vou-03, et Vou-05*) confirment cette inondation.

La commune de Vouhenans a précisé que la hauteur d'eau a atteint 1 à 1,50 m en rive droite en amont du pont de la RD217 lors de la crue de février 1990. Cette hauteur d'eau est vérifiée par le modèle qui indique une hauteur d'eau atteignant 1,25 m au point le plus bas de la rue. La commune a signalé que le tirant d'air du pont est de l'ordre de 20 cm lors des grandes crues (il est de 18 cm dans le modèle pour la crue de février 90).

6.2.6 Ognon à Vy-Lès-Lure

On ne dispose pas de repère de crue entre Vouhenans et Les Aynans. Il s'agit d'un secteur non habité, en dehors du moulin Petenieux (le propriétaire a été rencontré mais n'a pas fourni de repère de crue), et d'une habitation situé 400 m en aval en rive gauche mais située en hauteur, et non concernée par les crues. Le moulin Petenieux et les installations de la pisciculture ont été inondées en février 1990 ; l'analyse des demandes de catastrophe naturelle mentionne effectivement cette installation.

6.2.7 Tableau récapitulatif des écarts entre les cotes mesurées et cotes calculées

Les tableaux ci-après présentent les écarts entre les cotes calculées et les cotes mesurées aux repères de crue pour les crues de calage (02-1990, 02-1999, et 12-2001). Des commentaires précisent la fiabilité des repères de crue. On rappelle que la crue ayant servi au calage est avant tout celle de février 1990 compte-tenu des nombreuses informations disponibles sur cette crue, alors qu'on a peu d'informations sur les autres crues.

On a mis entre parenthèse les repères de crue peu précis (fiabilité moyenne).

6.2.7.1 Février 1990

Cf. tableau en page ci-après.

Résultats calage Février 1990					commentaires sur la fiabilité des repères
N° des repères de crue	rive	cote relevée	cote calculée	écart	
		(m NGF)	(m NGF)	(m)	
Lur-03	droite	301.21	301.2	-0.01	Commune de Froideterre. Bonne fiabilité. Niveau d'eau dans un garage. Repère bien atteint.
Lur-29	gauche	301.15	300.77	-0.38	Fiabilité moyenne-passerelle agricole dans un champ. Difficile d'accès en période de crue.
Lur-30	gauche	298.77	298.81	0.04	Fiabilité moyenne. Indication que l'Ognon ne déborde pas à cet endroit.
Lur-05	gauche	298.2	298.2	0	Situé au nord de la RN19. Très bonne fiabilité- Seuil d'une maison. Repère bien atteint.
Lur-31	droite	296.9	297.11	0.21	Fiabilité moyenne. Niveau d'eau observé vers les gravières et rapporté aux piles de l'ancien pont. Difficulté de report possible.
Lur-06	droite	297.08	297.03	-0.05	Bonne fiabilité. 20 cm d'eau dans un garage. Niveau bien atteint.
Lur-32	droite	296.75	297.03	0.28	
Lur-07	droite	297.11	296.99	-0.12	Bonne fiabilité. 20 cm d'eau dans un sous-sol. Niveau bien atteint.
Lur-08	droite	296.69	296.66	-0.03	Niveau bien atteint.
Rue des Carrières	droite				Au n° 10 de la rue des Carrières, environ 50 cm en 02/70 (et hauteur à peine en dessous pour 02/90). Information donnée par le riverain.
Lur-10	droite	296.66	296.36	-0.3	Au niveau de la Rue de l'Ognon à Lure. Repères de crue de valeurs très dispersées. Certains repères (Lur-10, Lur-15) paraissent trop élevés par rapport à d'autres repères jugés fiables situés en amont (Lur-08, Lur-07, Lur-06). Ils seraient à la même cote alors qu'ils sont assez éloignés. Le modèle passe en dessous de ces points ce qui paraît justifié. Le repère Lur-15 n'est pas jugé fiable (manque d'élément). Le repère Lur-11 et Lur-13 se sont avérés être les mêmes, mais le riverain a fourni des hauteurs différentes lors des différentes enquêtes en 1999 et 2011. Le modèle passe un peu au-dessus de ces repères, ce qui est jugé correct. De manière générale, la ligne d'eau retenue passe dans le bas du nuage de points. Après édition de la cartographie, l'inondation du quartier entre la rue de l'Ognon et le chemin de Ronde sud a été vérifiée par interviews. La zone inondable représente les inondations connues par les riverains. En rive gauche, l'ancienne usine démolie (en amont du vieux pont de l'Ognon), a bien été inondée partiellement en 1990 (interview d'une habitante de Roye). La cote de Lur-33 paraît élevée : cela conduirait à l'inondation du quartier à l'Ouest de la rue Carnot, ce qui ne ressort pas des interviews.
Lur-12	droite	296.36	296.36	0.02	
Lur-11	droite	296.07	296.25	0.18	
Lur-13	droite	295.98	296.25	0.27	
Lur-15	droite	296.69	296.25	-0.44	
Lur-33	droite	296.76	296.19	-0.57	
Lur-17	droite	296.23	296.12	-0.11	
Lur-18	gauche	294.38	294.37	-0.01	Bonne fiabilité. Niveau d'eau au droit de la maison. Niveau bien atteint.
Lur-19	gauche	294.35	294.34	-0.01	Repère provenant vraisemblablement de la crue de février 90. Niveau bien atteint.
Lur-28	gauche	294.29	294.28	-0.01	Bonne fiabilité. Niveau d'eau au droit de la maison. Niveau bien atteint.
Lur-22	gauche	294.26	294.24	-0.02	Repère provenant vraisemblablement de la crue de février 90. Bonne fiabilité. Niveau d'eau au droit du seuil d'une maison. Niveau bien atteint.
RD486- « Champs Montagnon »	droite				Le long de la RD486, un propriétaire d'un petit garage en fac du lieu-dit « Champs Montagnon » nous a indiqué que l'eau atteignait l'arrière du bâtiment : la zone inondable modélisée représente bien ce phénomène.
Vouhenans	gauche				Le débordement sur la rive gauche de part et d'autre du pont est marginal en raison de la pente du talus.
Vou-01	droite	286.22	286.26	0.04	Bonne fiabilité. Hauteur d'eau dans le sous-sol. Niveau bien atteint
Vou-03	droite	286.15	286.15	0	Bonne fiabilité. Hauteur d'eau dans un garage. Repère bien atteint.
Vou-04	droite	285.9	285.36	-0.54	Repère jugé non fiable. Cote trop élevée. Ce niveau conduirait à une inondation par l'Ognon de la RD486, ce qui ne ressort pas des interviews. On remarquera aussi que la cote de ce repère est proche de celle de Vou-01 situé 320 m plus en amont.
Vou-05	droite	286.44	286.54	0.1	Bonne fiabilité. Hauteur d'eau dans une maison. Repère bien atteint.
Vou-02	gauche	283.84	284.29	0.45	Repère rattaché à la crue de décembre 1982 dans les documents de l'administration. Le modèle passe au-dessus, ce qui est correct.

6.2.7.2 Décembre 2001

Résultats calage Décembre 2001					commentaires sur la fiabilité des repères
N° des repères de crue	rive	cote relevée	cote calculée	écart	
		(m NGF)	(m NGF)	(m)	
Lur-04	gauche	297,70	297,87	0,17	Repère très proche de Lur-05 (02/1990) fiable et atteint par le calcul.
Lur-02	droite	302,08	302,08	0	

6.2.7.3 Février 1999

Résultats calage Février 1999					commentaires sur la fiabilité des repères
N° des repères de crue	rive	cote relevée	cote calculée	écart	
		(m NGF)	(m NGF)	(m)	
Lur-14	droite	295,28	295,55	0,27	Repère au même endroit que Lur-13 (02/1990). Ecart de 0,7 m entre les deux repères.
Lur-21	gauche	293,54	293,89	0,35	Repère peu précis. Souvenir que l'eau arrivait au poulailler.
Lur-27	droite	293,52	293,33	-0,19	Repère fiable.

6.2.8 Synthèse sur le calage

En ne conservant que les repères jugés fiables, **les écarts avec les cotes calculées sont jugés satisfaisants.**

Comme nous l'avons vu précédemment, l'analyse de certains repères conduit à les classer « non fiables » quand par exemple leur niveau est indéniablement trop élevé ou trop bas par rapport à d'autres témoignages, et notamment par rapport à la zone inondable connue se rattachant aux repères.

Si l'on excepte le secteur à l'amont du vieux pont de Lure, les écarts sont majoritairement compris entre [-0,10 cm ; +0,10 cm], ce qui est dans la limite de précision des calculs.

Pour la ligne d'eau en amont de ce pont, on rappelle qu'elle passe dans le bas du nuage de point formé par les repères de crue, c'est-à-dire vers les repères de crue jugés les plus fiables selon notre analyse. En outre, l'extension de la crue dans ce secteur (rue de l'Ognon, rue des Cloies, chemin de Ronde, rue de la Carrière) correspond bien aux souvenirs des riverains (nombreux témoignages).

Le modèle approche bien les repères de crue, et les zones inondables calculées représentent bien les informations historiques collectées. **Le modèle est donc calé, et peut servir à la modélisation de la crue centennale.**

6.3 Description de l'inondation de février 1990

La description est réalisée de l'amont de l'étude jusqu'à la voie ferrée.

De l'amont de l'étude jusqu'à la voie ferrée. L'Ognon déborde dans son lit majeur gauche et droit (nb : une grande partie du lit majeur droit est en dehors du périmètre de prescription du PPRI). Un flux d'inondation longe la voie ferrée, inondant la RD72. La voie ferrée fait obstacle à l'écoulement des crues de l'Ognon.

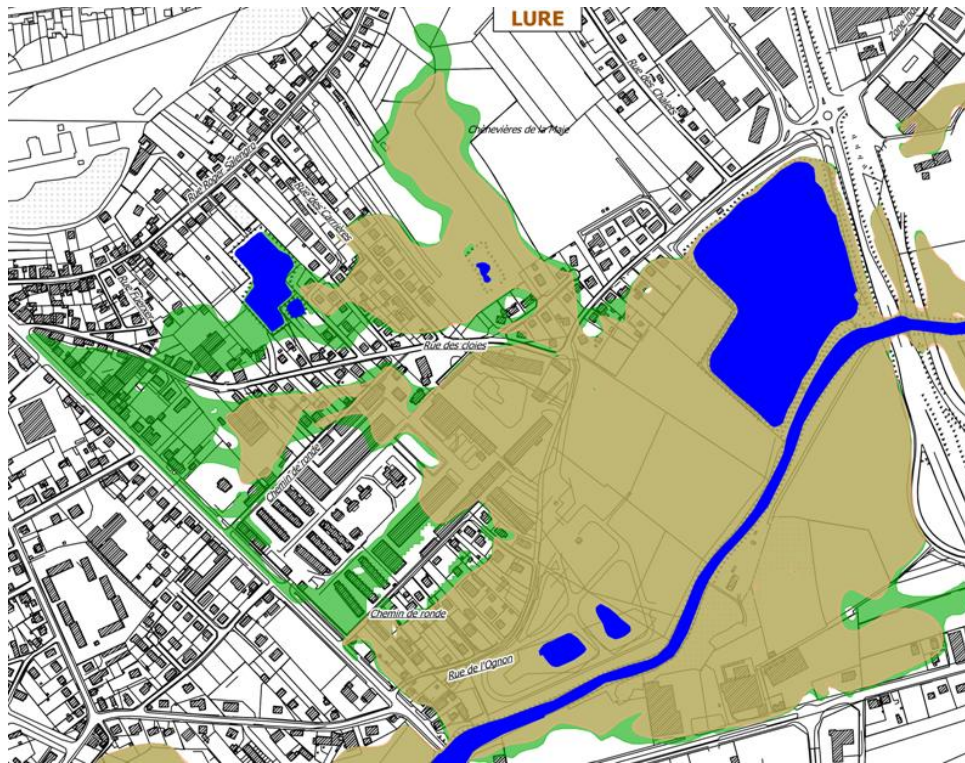
Entre la voie ferrée et la déviation de Lure (RN19), des remblais sont présents dans le lit majeur, bloquant, par endroits, l'extension des crues. La zone d'activités des Cloyes est très peu touchée par le débordement de l'Ognon. La largeur de la zone inondable se réduit fortement en amont de la RN19.

Entre la RN 19 déviée et le vieux pont de Lure (RD64). En rive droite, la zone inondable ne dépasse pas la rue de l'Ognon, mais inonde les habitations situées côté rivière. En amont du vieux pont, la rue de l'Ognon est largement inondée. Au croisement de cette rue avec la rue des Cloies, les eaux se déversent en direction de la partie basse de la zone de la Maie. Ce déversement se poursuit ensuite vers la rue de la Carrière, remplissant une partie de cette voie dont le profil est en cuvette inondant de nombreuses habitations. Le déversement vers la Maie et la rue de la Carrière constitue une zone d'inondation « non active » appelée également zone de stockage.

L'Ognon se déverse aussi au nord des anciennes casernes et inonde une poche assez limitée située au-delà du chemin de Ronde.

En rive gauche, la zone inondable s'étend jusqu'à la route de Belfort (RD 64) qui contient la crue. Des parkings et bâtiments de la zone commerciale sont touchés.

A titre d'information, la crue de février 90 a été simulée en supposant une arche du pont de la RD64 obstruée. On rappelle que ce pont a trois arches. La zone inondable est modifiée comme indiquée ci-après. L'inondation supplémentaire due à l'arche obstruée est représentée en vert. On peut observer que le débordement entre la rue des Cloies et les casernes se poursuit vers l'ouest jusqu'à la rue Carnot. L'incidence de l'obstruction du pont est assez forte car l'ensemble du débit de crue passe sous le pont, sans autre possibilité d'épanchement latéral.



Extension supplémentaire de la zone inondable en cas d'obstruction d'une arche du vieux pont (RD64)-
Cruée de février 1990.

En aval du vieux pont, en rive droite, la zone inondable borde les inondations situées le long de la rue Robespierre et s'épanche ensuite jusqu'à la RD 486, d'abord en contournant les habitations puis en inondant celles situées au niveau du Chemin de Villedieu.

L'Ognon ne déborde pas sur la RD486. La zone inondable longe le hameau des Tuileries.

En rive gauche, l'Ognon inonde les premières habitations route de la Saline. La zone inondable longe à partir des gravières la RD18. Ce secteur constitue une importante zone d'épandage des crues de l'Ognon.

Au niveau des villages de Vouhenans et de Magny-Vernois, la zone inondable s'épanche essentiellement en rive droite de l'Ognon en raison de la topographie des lieux.

La zone inondable s'étant jusqu'à la RD486 mais est contenue par cette dernière. Elle touche de nombreuses habitations dont la plupart sont situées sur la commune de Magny-Vernois. On remarquera que le lotissement est implanté en aval d'un méandre de l'Ognon, dans l'axe d'écoulement en crue.

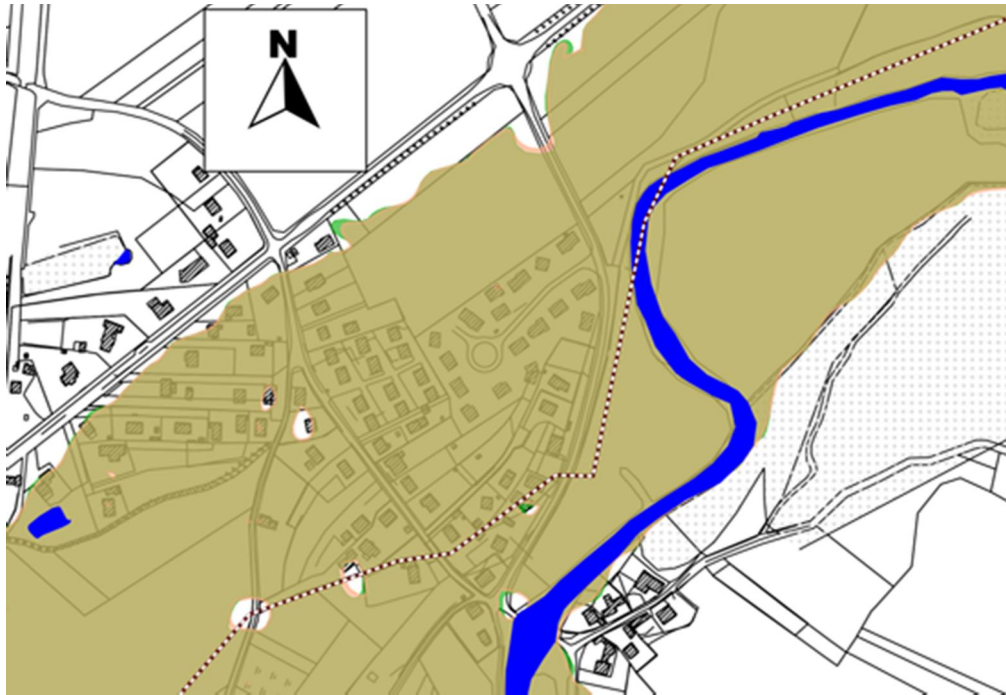
Plus en aval, en période d'inondation, les eaux de l'Ognon passent sous la voie ferrée par des ouvrages aménagés sous cette infrastructure pour rejoindre la zone inondable de la Reigne (quatre ouvrages hydrauliques).

Le pont de Vouhenans provoque une perte de charge de 33 cm pour la crue de février 1990.

Le seuil en aval du pont de Vouhenans fonctionne en régime noyé pour cette crue, il n'a donc plus d'incidence sur les niveaux d'eau.

Les autres seuils de la commune sont également noyés en crue (petit seuil en amont du village (OH26.5), seuil associé à la passerelle métallique (OH 32.5), et seuil associé au passage à gué (OH34.5)).

A titre d'information, la crue de février 90 a été simulée en supposant une arche du pont de la RD217 obstruée. On rappelle que ce pont a cinq arches. La zone inondable est très peu modifiée. Ceci provient du fait que la rivière déborde largement en lit majeur pour cette crue. L'extension de la zone inondée, dans les conditions d'une arche bouchée, est représentée en couleur verte sur le plan ci-après.



Extension supplémentaire de la zone inondable en cas d'obstruction d'une arche du pont de la RD217.
Crue de février 90.

A **Vy-lès-Lure**, en aval de cette voie ferrée, la zone d'épandage des crues est essentiellement à vocation agricole et forestière. L'inondation atteint la pisciculture installée dans le moulin Petenieur, sans cependant toucher les corps de bâtiment. La zone inondable ne dépasse pas la route des Aynans, le hameau de la Gare de Vouhenans n'est pas inondé.

7 Calculs des autres crues

7.1 Méthodologie

Le modèle étant calé, c'est-à-dire qu'il reproduit bien le fonctionnement réel pour une crue connue (février 1990), il peut être utilisé pour simuler des crues de différentes occurrences.

Ainsi, dans notre étude, les crues de période de retour 10, 50, 100 et 1000 ans seront simulées.

Les débits utilisés sont les suivants (Cf. rapport hydrologie) :

localisation	Débits caractéristiques du modèle (m ³ /s)				
	Q10	Q20	Q50	Q100	Q1000
Limite amont du modèle	124	146	173	194	259
apport Reigne	33	34	47	55	92
apport Rahin	36	45	48	54	67
Limite aval du modèle (débits issus du modèle)	181	208	247	283	359
Limite aval (débits issus des calculs hydrologiques)	179	210	250	280	374

Débits des crues de référence

Nb : On pourra remarquer que les débits issus du modèle en aval de la zone d'étude sont très proches des débits calculés dans l'étude hydrologique. On a ajusté les débits de la Reigne et du Rahin pour compenser les effets d'écrêtement qui ont lieu sur la zone d'étude afin de maintenir le débit de référence souhaité.

7.2 Différences avec la cartographie du PSS

Le PSS a été réalisé dès 1955. La cartographie des PSS correspond vraisemblablement à la crue de 1953.

Le support cartographique est très ancien et très imprécis. Le lit de l'Ognon et la vallée ont été fortement modifiés depuis, notamment entre la voie ferrée et la RD64.

Les grandes différences entre l'enveloppe proposée pour la crue de février 1990 et celle des PSS concernent les secteurs suivants :

- entre la voie ferrée et la RD64 :
 - la zone inondable du PSS est plus large en lit majeur gauche : le chemin de Saucy est entièrement inondé, alors qu'il ne l'est pas complètement dans le PPRI ;
 - la zone inondable du PSS suit la rue de l'Ognon (appelé chemin de Lure à Froideterre dans les PSS) alors que la zone inondable du PPRI dépasse cette rue.
- en aval du pont de la RD 64 : la zone inondable est un peu plus large que celle du PSS qui ne va pas jusqu'à la route de la Saline en rive gauche, et qui ne va pas jusqu'à la RD486 en rive droite;

- à Vouhenans : la zone inondable des PSS ne déborde pas en lit majeur droit, alors que la zone inondable du PPRI déborde jusqu'à la RD486, puis au-delà de la voie ferrée. Le PPRI semble mieux reproduire le mécanisme réel de l'inondation (sortie du méandrement amont).

Globalement, il semble très difficile de se livrer de façon précise à une comparaison du PSS et de la crue centennale. Comme nous l'avons expliqué précédemment, la cartographie du PSS était très sommaire, les lieux ont fortement évolué. Enfin, les données exploitées n'ont pas permis de retrouver la période de retour de la crue cartographiée en 1955.

8 Hypothèses retenues pour arrêter les aléas d'inondation du PPRI

8.1 Crue de référence retenue

La crue de référence retenue pour établir le PPRI est **la crue d'occurrence centennale**. En effet, les crues historiques possèdent des périodes de retour inférieures. On rappelle que l'occurrence de la crue de février 90 est estimée un peu en dessous de la centennale.

8.2 Détermination de la zone inondable

Comme nous l'avons vu précédemment, les secteurs inondés seront déterminés par croisement du modèle numérique de l'eau pour la crue centennale (plan de la surface inondée) avec le modèle numérique de terrain (plan topographique en trois dimensions).

8.3 Détermination de l'aléa inondation pris en compte pour l'établissement du PPRI.

A partir des valeurs de hauteurs de submersion et des vitesses calculées, un aléa inondation sera déterminé en utilisant la grille conventionnelle de classement suivante :

Hauteur (m)	Vitesse (cm/s)		
	Faible : inférieure à 20	Moyenne : Entre 20 et 50	Forte : Supérieure à 50
Inférieure à 0,50	Aléa faible	Aléa moyen	Aléa fort
Entre 0,50 et 1	Aléa moyen	Aléa moyen	Aléa fort
Entre 1 et 1,50	Aléa fort	Aléa fort	Aléa très fort
Supérieure à 1,5	Aléa très fort	Aléa très fort	Aléa très fort

Détermination de l'aléa inondation en fonction des hauteurs et des vitesses.

9 Documents graphiques annexés au présent rapport

Les documents suivants sont annexés au présent rapport :

- localisation des profils en travers, des ouvrages hydrauliques, et de tous les repères de crue identifiés.
- zones inondables de la crue de février 1990, avec indication des repères de crues et des écarts.
- première simulation d'une crue centennale : cartes de la zone inondable centennale avec le zonage des hauteurs d'eau.

CAHIER DES PHOTOGRAPHIES