



Liberté . Égalité . Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE L'OISE

Août 2015

14DHF021

Version n°3



## Étude de l'aléa inondation sur la rivière Oise

### Secteur Brenouille / Boran-sur- Oise

Phase 2 : Définition et cartographie de  
l'aléa



**SAFEGE**  
*Ingénieurs Conseils*

# TABLE DES MATIERES

---

<b>Table des Matières</b> .....	<b>2</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>4</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Secteur d'étude</b> .....	<b>7</b>
1.1 Contexte et objectifs.....	7
1.2 Territoire concerné par la présente étude .....	8
<b>2 Méthode hydrogéomorphologique</b> .....	<b>9</b>
2.1 Méthode .....	9
2.2 Données d'entrée.....	10
2.3 Identification des différentes unités.....	10
2.3.1 Lit mineur.....	10
2.3.2 Lit moyen et lit majeur.....	11
2.3.3 Plans d'eau ou anciennes gravières.....	16
2.4 Identification des structures secondaires.....	16
2.4.1 Bras secondaires.....	16
2.4.2 Axes d'écoulement préférentiels.....	17
2.5 Identification des éléments d'occupation du sol à rôle hydrodynamique.....	18
2.5.1 Remblais .....	18
2.5.2 Zones urbanisées .....	19
2.6 Identification des ouvrages.....	19
2.6.1 Ouvrages principaux .....	19
2.6.2 Ouvrages secondaires.....	20
2.7 Conclusion sur les résultats de l'analyse hydrogéomorphologique.....	21
<b>3 Modèle hydraulique</b> .....	<b>23</b>
3.1 Principe.....	23
3.2 Données d'entrée.....	23
3.2.1 Données topographiques .....	23
3.2.2 Données hydrologiques.....	26

3.2.3	Données de calage .....	26
<b>3.3</b>	<b>Construction du modèle .....</b>	<b>29</b>
3.3.1	Description du code de calcul.....	29
3.3.2	Emprise.....	32
3.3.3	Structure .....	34
3.3.4	Conditions initiales.....	37
<b>3.4</b>	<b>Calage et validation .....</b>	<b>38</b>
3.4.1	Principe.....	38
3.4.2	Cas particulier de l'Aisne .....	39
3.4.3	Calage du modèle : crue de 1993.....	40
3.4.4	Validation du modèle : crue de 1995.....	49
3.4.5	Validation du modèle : crue de 2001.....	56
<b>3.5</b>	<b>Crue de référence.....</b>	<b>64</b>
3.5.1	Conditions aux limites.....	64
3.5.2	Résultats .....	71
3.5.3	Conclusion quant à la simulation de la crue de référence.....	73
<b>4</b>	<b>Cartographie .....</b>	<b>75</b>
<b>4.1</b>	<b>Éléments complémentaires.....</b>	<b>75</b>
<b>4.2</b>	<b>Présentation de l'atlas hydrogéomorphologique.....</b>	<b>76</b>
<b>4.3</b>	<b>Définition de l'aléa .....</b>	<b>77</b>
4.3.1	Principe.....	77
4.3.2	Classes de hauteur .....	77
4.3.3	Classes de vitesse .....	78
4.3.4	Classes d'aléa .....	78
<b>4.4</b>	<b>Cartographie de l'aléa .....</b>	<b>79</b>
4.4.1	Obtention des cotes.....	79
4.4.2	Obtention des hauteurs .....	79
4.4.3	Rendu cartographique.....	81
<b>Annexes</b>	<b>.....</b>	<b>83</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Carte des communes de la zone d'étude .....	8
Figure 2-1 : Exemple de détermination du lit mineur .....	11
Figure 2-2 : Schéma de l'organisation de la plaine alluviale (source CETE Nord Picardie).....	12
Figure 2-3 : Exemple de détermination de l'emprise du lit moyen par analyse des cartes de pentes ..	12
Figure 2-4 : Exemple de détermination des limites du lit majeur de l'Oise .....	13
Figure 2-5 : Exemple de détermination des limites du lit majeur de l'Aisne .....	13
Figure 2-6 : Exemple de détermination difficile des limites du lit majeur de l'Oise .....	14
Figure 2-7 : Schéma de l'organisation de la plaine alluviale .....	15
Figure 2-8 : Exemple de courbes de niveau permettant d'identifier un axe de ruissellement sur versant .....	17
Figure 2-9 : Exemple d'identification de remblais .....	18
Figure 2-10 : Écarts entre le MNT et les scans 25 .....	18
Figure 2-11 : Exemple de localisation des barrages et écluses .....	19
Figure 2-12 : Identification des ouvrages en lit majeur .....	20
Figure 3-1 : Exemple de profil en travers (1) du lit majeur extrait du MNT, (2) du lit mineur issu de la bathymétrie du SPC, (3) fusionné et inséré au modèle hydraulique .....	24
Figure 3-2 : Laisses de crue sur l'Oise entre Sempigny et la confluence avec la Seine pour la crue de 1993 .....	26
Figure 3-3 : Laisses de crue sur l'Oise, focus sur le secteur de Venette pour la crue de 1993 .....	27
Figure 3-4 : Laisses de crue sur l'Oise entre Sempigny et la confluence avec la Seine pour la crue de 1995 .....	27
Figure 3-5 : Calcul du logiciel des pertes de charge sur un déversoir.....	29
Figure 3-6 : Calcul par le logiciel des pertes de charge dans un orifice.....	30
Figure 3-7 : Communes concernées par les 3 PPRI réalisés par SAFEGE sur la vallée de l'Oise ayant fait l'objet de la même modélisation .....	32
Figure 3-8 : Cas de figure d'un méandre "coupé" pour lequel des liens d'échanges sont définis entre les profils en travers de l'Oise.....	34
Figure 3-9 : Schéma de l'aménagement de Longueil .....	35
Figure 3-10 : Comparaison des relevés à l'écluse d'Hérant et des enregistrements à la station de Trosly-Breuil pour la crue de 1995.....	39
Figure 3-11 : Hydrogramme en condition limite amont de l'Oise pour la crue de calage de 1993 .....	40
Figure 3-12 : Hydrogramme résultant de l'injection à Soissons du résultat du modèle de propagation du SPC/EOA .....	40
Figure 3-13 : Hydrogramme en condition limite amont de l'Aisne pour la crue de calage de 1993 ...	41
Figure 3-14 : Hydrogrammes d'apports de la Brèche et du Thérain pour la crue de calage de 1993 ...	41
Figure 3-15 : Limnigramme en condition limite aval pour la crue de calage de 1993.....	41
Figure 3-16 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Trosly Breuil pour la crue de 1993 .....	42
Figure 3-17 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 1993 .....	42
Figure 3-18 : Limnigrammes observés et simulés au droit des barrages de l'Aisne pour la crue de calage de 1993 .....	43

Figure 3–19 : Limnigrammes mesurés et simulés à Verberie, Venette et Pont-Sainte-Maxence pour la crue de calage de 1993 .....	44
Figure 3–20 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 10 et 30 pour la crue de 1993 .....	45
Figure 3–21 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 30 et 50 pour la crue de 1993 .....	45
Figure 3–22 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 50 et 70 pour la crue de 1993 .....	46
Figure 3–23 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 70 et 90 pour la crue de 1993 .....	46
Figure 3–24 : Ligne d'eau simulée sur l'Aisne pour la crue de 1993 .....	47
Figure 3–25 : Comparaisons des laisses de crues collectées sur l'Oise pour les crues de 1993 et 1995 .....	49
Figure 3–26 : Comparaisons des laisses de crues collectées sur l'Aisne pour les crues de 1993 et 1995 .....	49
Figure 3–27 : Hydrogrammes aux conditions limites amont pour la crue de validation de 1995 .....	50
Figure 3–28 : Hydrogrammes d'apports de la Brèche et du Thérain pour la crue de validation de 1995 .....	50
Figure 3–29 : Limnigramme en condition limite aval pour la crue de calage de 1995 .....	50
Figure 3–30 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Trosly-Breuil pour la crue de 1995 .....	51
Figure 3–31 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 1995 .....	51
Figure 3–32 : Limnigrammes mesurés et simulés aux barrages de l'Aisne pour la crue de 1995 .....	52
Figure 3–33 : Limnigrammes mesurés et simulés à Verberie, Venette et Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 1995 .....	53
Figure 3–34 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 10 et 30 pour la crue de 1995 .....	54
Figure 3–35 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 30 et 50 pour la crue de 1995 .....	54
Figure 3–36 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 50 et 70 pour la crue de 1995 .....	55
Figure 3–37 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 70 et 90 pour la crue de 1995 .....	55
Figure 3–38 : Ligne d'eau simulée sur l'Aisne pour la crue de 1995 .....	56
Figure 3–39 : Hydrogrammes aux conditions limites amont pour la crue de validation de 2001 .....	57
Figure 3–40 : Hydrogrammes d'apports intermédiaires pour la crue de validation de 2001 .....	58
Figure 3–41 : Limnigramme en condition limite aval pour la crue de validation de 2001 .....	58
Figure 3–42 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Trosly-Breuil pour la crue de 2001 .....	59
Figure 3–43 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 2001 .....	59
Figure 3–44 : Limnigrammes mesurés et simulés aux barrages de l'Aisne pour la crue de 2001 .....	60
Figure 3–45 : Limnigrammes mesurés et simulés à Venette et Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 2001 .....	61
Figure 3–46 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise pour la crue de 2001 en intégrant un hydrogramme d'apports intermédiaires .....	61
Figure 3–47 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise pour la crue de 2001 en intégrant un hydrogramme d'apports intermédiaires .....	62
Figure 3–48 : Hydrogrammes aux conditions limites amont pour la crue centennale .....	64
Figure 3–49 : Hydrogrammes aux conditions limites pour la crue centennale .....	65
Figure 3–50 : Valeurs de $\chi(u)$ pour détermination de la limite correspondant au facteur de dépendance $\chi$ dans le cas d'un échantillonnage indépendant des débits maximums sur l'Oise et sur la Seine respectivement .....	68
Figure 3–51 : Valeurs de $\chi(u)$ pour détermination de la limite correspondant au facteur de dépendance $\chi$ dans le cas d'un échantillonnage des débits maximums sur l'Oise et des débits correspondants sur la Seine .....	69
Figure 3–52 : Valeurs de $\chi(u)$ pour détermination de la limite correspondant au facteur de dépendance $\chi$ dans le cas d'un échantillonnage des débits maximums sur la Seine et des débits correspondants sur l'Oise .....	69
Figure 3–53 : Courbe de dépassement conjoint établie à partir du facteur de dépendance .....	70

Figure 3-54 : Hydrogrammes simulés pour la crue de référence (avec prise en compte de l'aménagement de Longueil) aux différents points de comparaison avec les hydrogrammes théoriques centennaux possibles .....	71
Figure 3-55 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise pour la crue centennale .....	72
Figure 3-56 : Ligne d'eau simulée sur l'Aisne pour la crue centennale .....	73
Figure 4-1 : Légende des éléments représentés sur l'atlas hydrogéomorphologique .....	75
Figure 4-2 : Exemple de rendu de l'atlas hydrogéomorphologique .....	76
Figure 4-3 : Surfaces inondables en crue centennale impactées par la donnée LiDAR .....	80
Figure 4-4 : Exemple de rendu de l'atlas des aléas .....	81

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1-1 : Communes de la zone d'étude.....	8
Tableau 3-1 : Données relatives aux barrages de l'Oise dans leur état actuel .....	25
Tableau 3-2 : Comparaison des débits de pointe observés et simulés pour la crue de calage de 1993 .....	42
Tableau 3-3 : Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s) aux stations hydrométriques pour les crues de 1993 et 1995 .....	49
Tableau 3-4 : Comparaison des débits de pointe observés et simulés pour la crue de validation de 1995 .....	51
Tableau 3-5 : Comparaison des débits de pointe observés et simulés pour la crue de validation de 2001 .....	59
Tableau 3-6 : Débits de pointe observés et simulés par SAFEGE et dans le cadre du projet CSNE version 2013 pour la crue de 2001.....	62
Tableau 4-1 : Numéros des cartes d'aléa couvrant chaque commune du PPRI .....	82

# 1

## Secteur d'étude

### 1.1 Contexte et objectifs

La section de l'Oise comprise entre Brenouille et Boran-sur-Oise a été dotée d'un Plan de Prévention des Risques d'Inondation, approuvé en 2000. Ce PPRI repose sur un aléa correspondant aux plus hautes eaux de 1993 ou de 1995 auxquelles ont été rajoutés forfaitairement 30 cm.

La présente étude s'inscrit dans le processus de révision des PPRI de la rivière Oise, entrepris afin d'harmoniser les différentes études sur l'ensemble de la vallée. Dans ce cadre, le PPRI du Noyonnais a été approuvé en 2007 et celui des rivières Oise et Aisne en amont de Compiègne a été prescrit fin 2011. Les révisions des PPRI des secteurs Compiègne / Pont-Sainte-Maxence et Brenouille / Boran-sur-Oise seront également prescrits fin 2014.

L'objectif de la présente étude est donc de caractériser et de cartographier l'aléa inondation à partir de la crue de référence. Pour appuyer cette démarche, plusieurs types d'analyses sont mises en œuvre :

- ✓ Une analyse **historique** des phénomènes d'inondations, afin d'identifier les hauteurs et l'étendue des crues historiques. Cette analyse constitue la phase 1 de l'étude et fait l'objet d'un rapport séparé ;
- ✓ Une étude **hydrogéomorphologique**, qui se base sur une approche naturaliste et vise à mettre en évidence les différents lits des cours d'eau, les diverses implantations susceptibles de perturber les écoulements et à en déduire les zones exposées à un risque d'inondation. Elle constitue un préalable à la compréhension du fonctionnement global du cours d'eau et se repose sur l'ensemble des crues passées ayant participé au façonnement de la vallée ;
- ✓ Une modélisation **hydraulique**, pour permettre de déterminer les hauteurs et vitesses en jeu sur les zones inondables pour la crue de référence.

La cartographie des aléas du PPRI résulte de cette dernière, la modélisation s'appuyant sur les analyses historique et hydrogéomorphologique.

Ce document constitue le rapport de phase 2 de l'étude de l'aléa inondation sur la rivière Oise pour le secteur compris entre Brenouille et Boran-sur-Oise : Définition et cartographie de l'aléa.

## 1.2 Territoire concerné par la présente étude

La présente étude concerne 17 communes du département de l'Oise. Celles-ci sont listées dans le tableau ci-dessous, et leur localisation est présentée sur la carte ci-après.

Tableau 1-1 : Communes de la zone d'étude

Code INSEE	Nom de la commune	Superficie (ha)	Population
60056	BEAUREPAIRE	507	100
60086	BORAN-SUR-OISE	1125	2100
60102	BRENOUILLE	4231	2200
60175	CREIL	1109	33800
60282	GOUVIEUX	2325	9600
60346	LAMORLAYE	1534	9300
60006	LES AGEUX	500	1200
60406	MONCEAUX	660	700
60414	MONTATAIRE	1066	12300
60463	NOGENT-SUR-OISE	746	19700
60513	PRECY-SUR-OISE	965	3300
60539	RIEUX	233	1600
60584	SAINT-LEU-D'ESSERENT	1308	4700
60589	SAINT-MAXIMIN	1233	2500
60670	VERNEUIL-EN-HALATTE	2226	4400
60684	VILLERS-SAINT-PAUL	493	5900
60686	VILLERS-SOUS-SAINT-LEU	437	2100

La zone d'étude est présentée sur la Figure 1-1, ci-après.

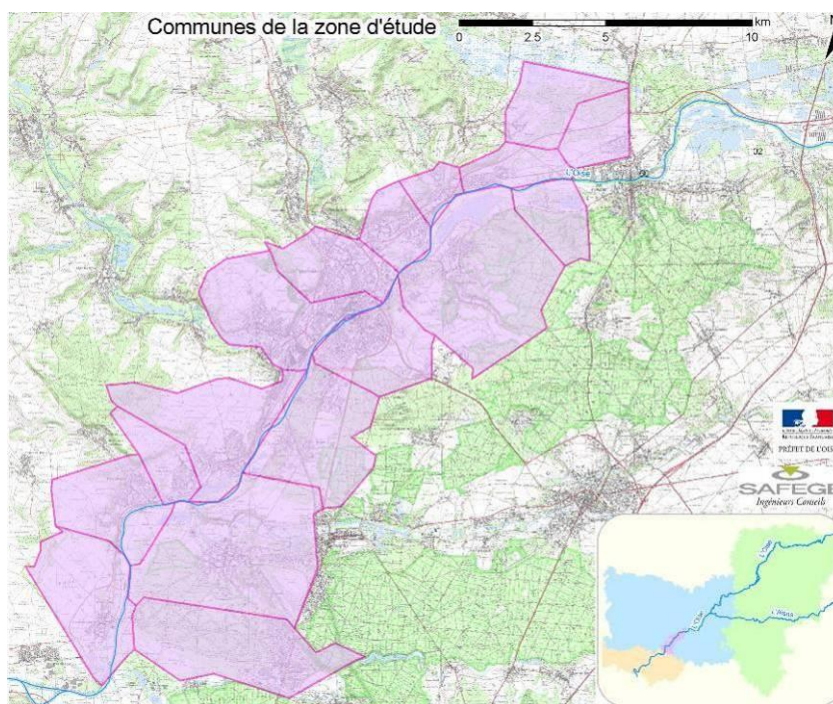


Figure 1-1 : Carte des communes de la zone d'étude



## 2

## Méthode hydrogéomorphologique

Le relief et la géologie de la vallée de l'Oise sur le secteur Brenouille / Boran-sur-Oise sont largement caractérisés dans le rapport de phase 1. L'étude hydrogéomorphologique présentée ci-après s'est principalement basée sur une analyse croisée de données numériques sous SIG.

### 2.1 Méthode

La détermination de l'aléa par l'hydrogéomorphologie repose sur l'identification des différentes unités actives sur la base de la compréhension des **structures des vallées témoins du dynamisme fluvial**. C'est une approche qualitative, bien adaptée aux grands linéaires de cours d'eau, qui constitue un **préalable** à la construction du modèle hydraulique. Par ailleurs, c'est une des méthodes recommandées par le ministère en charge de la prévention des inondations en préalable aux PPRI.

Néanmoins, il est à noter que cette méthode atteint ses **limites dans les zones urbaines**. En effet, dans ces secteurs très anthropisés et densément aménagés, l'imperméabilisation des sols (voiries, parkings,...) et les zones de remblais sont telles que les structures morphologiques permettant de déceler les différentes unités hydrogéomorphologiques ont disparu.

La méthodologie développée ci-après s'appuie principalement sur le guide du ministère de l'environnement *Cartographie des zones inondables - Approche hydrogéomorphologique* (1996).

## 2.2 Données d'entrée

Les données numériques utilisées pour la définition des différentes unités hydrogéomorphologiques sont les suivantes :

- ✓ Les cartes géologiques au 1 / 50 000<sup>ème</sup> datant des années 1970 (BRGM) ;
- ✓ Les lignes orographiques de la BD TOPO (IGN) ;
- ✓ La couche SIG collectée dans le cadre de l'EPRI des alluvions Fz de la BD Charm (couche harmonisée des cartes géologiques au 1 / 50 000<sup>ème</sup>) ;
- ✓ La couche SIG des cours d'eau de la BD Carthage de 2012 (IGN) ;
- ✓ Les scans IGN au 1 / 25 000<sup>ème</sup> datant pour les plus anciens de 2002 et pour les plus récents de 2010 ;
- ✓ Les orthophotoplans (photographies aériennes) de 2006 ;
- ✓ Le cadastre Napoléonien ;
- ✓ Un modèle numérique de terrain (MNT) au pas de 1m livré par l'IGN dérivé d'un levé LiDAR réalisé en 2013 ;
- ✓ Une carte des pentes réalisée à partir de ce MNT.

## 2.3 Identification des différentes unités

Les différentes limites des unités hydrogéomorphologiques sont obtenues par le croisement des informations contenues dans ces données d'entrée.

### 2.3.1 Lit mineur

Le **lit mineur** désigne tout l'espace occupé, en permanence ou temporairement, par un cours d'eau. Ce lit est souvent délimité par les berges et le début de la ripisylve (qui n'est toutefois pas située dans le lit mineur), si celle-ci n'a pas été arrachée.

Dans notre cas, les limites du lit mineur sont déterminées par l'étude du LiDAR. Il est à noter que le levé LiDAR ne permet pas d'obtenir d'information en-dessous des surfaces en eau. Aussi, ces surfaces apparaissent « plates » à la visualisation du MNT. De plus, la carte des pentes établie à partir du MNT permet de mettre en évidence les berges de la rivière.

La limite du lit mineur est donc obtenue par la digitalisation de l'extrémité des berges et/ou de l'étendue de plan d'eau (en rouge sur la Figure 2-1).

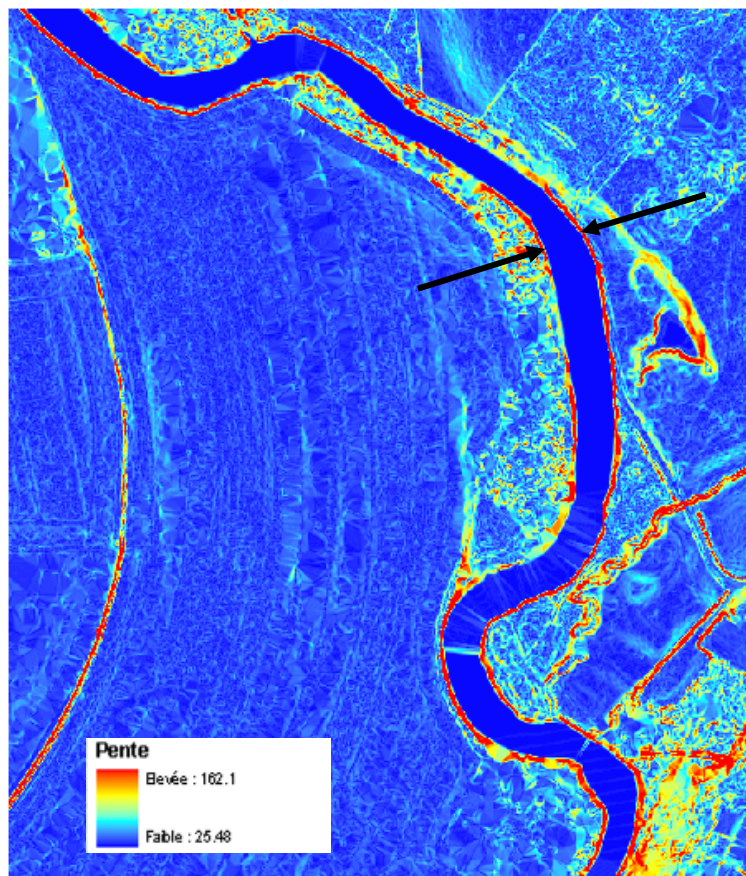


Figure 2-1 : Exemple de détermination du lit mineur

### 2.3.2 Lit moyen et lit majeur

L'identification des limites des lits moyen et majeur s'effectue **principalement sur l'analyse du MNT**. Elle est complétée dans les zones d'incertitude par le croisement des informations issues de la géologie et des orthophotoplans.

Pour cela, des terrasses alluviales et des talus sont recherchés (Figure 2-2). En effet, ces formes topographiques sont situées entre les lits moyen et majeur ainsi qu'au-dessus de la plaine d'inondation. Il s'agit de formations alluviales construites par accumulation de matériaux apportés par les cours d'eaux puis incisées par les inondations successives.

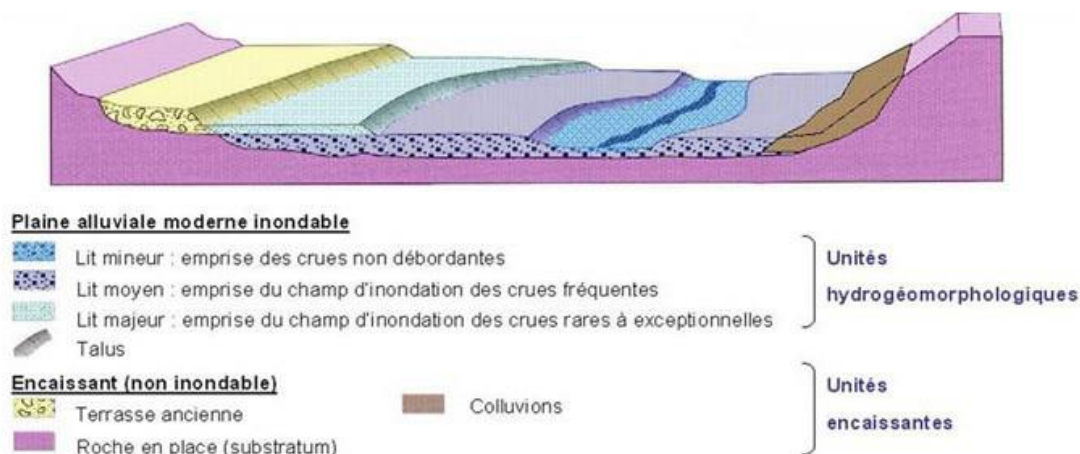


Figure 2-2 : Schéma de l'organisation de la plaine alluviale (source CETE Nord Picardie)

Le **lit moyen** concerne les terrains directement en contact avec le lit mineur sur lesquels la ripisylve est présente. Cette unité correspond aux zones inondées régulièrement avec peu de profondeur et est la première concernée par les modifications dues à l'urbanisation. Son identification n'est donc pas réalisée sur l'ensemble du linéaire, mais **uniquement sur les portions sur lesquelles ce lit apparaît clairement**. Il est identifié sur la base des pentes issues de l'analyse du MNT, et correspond à la première rupture de pente rencontrée au-delà du lit mineur, comme l'illustre la figure ci-dessous.

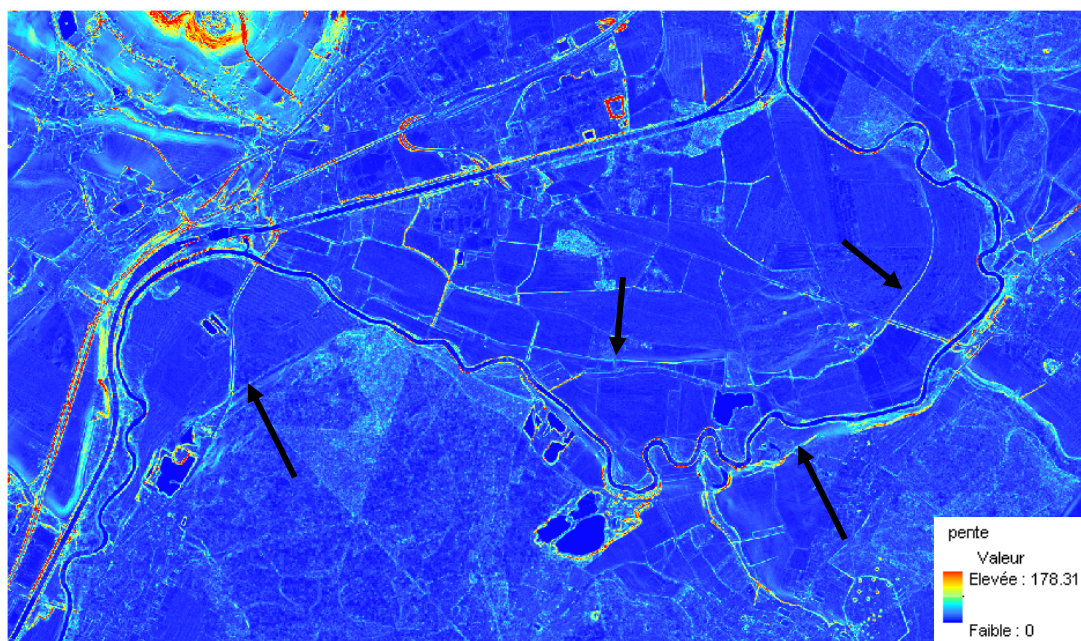


Figure 2-3 : Exemple de détermination de l'emprise du lit moyen par analyse des cartes de pentes

Le **lit majeur** correspond à la surface totale pouvant être concernée par les inondations, même exceptionnelles. Il est délimité par les versants et correspond généralement à la zone de dépôt des alluvions.

### 2.3.2.1 Le Modèle Numérique de Terrain

Un Modèle Numérique de Terrain a été utilisé pour l'identification des **lits moyen et majeur** du secteur d'étude. Le MNT, d'une précision en X et en Y de 1 m et en Z de 20 à 30 cm, est issu d'un levé LiDAR réalisé en 2013 sur l'ensemble de la vallée de l'Oise.

Un certain nombre de **profils en travers** sont extraits du MNT. L'identification des points d'inflexion permet de déterminer de façon plus précise les limites des lits majeurs et moyens. Dans certains cas, ces limites sont bien marquées (Figure 2-4 et Figure 2-5). Dans d'autres, notamment en milieu urbain ou en zones agricoles, ces limites sont difficilement identifiables (Figure 2-6).

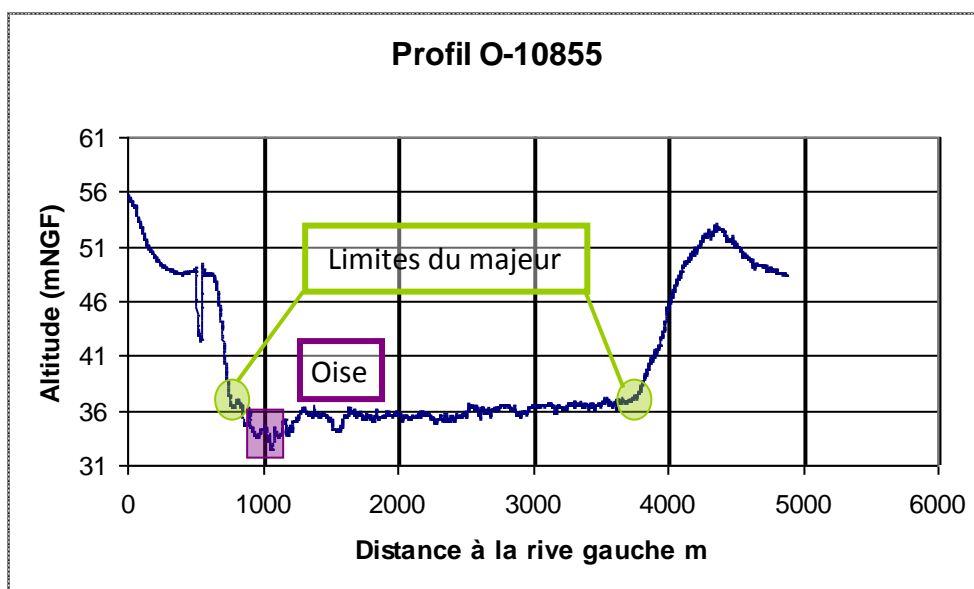


Figure 2-4 : Exemple de détermination des limites du lit majeur de l'Oise

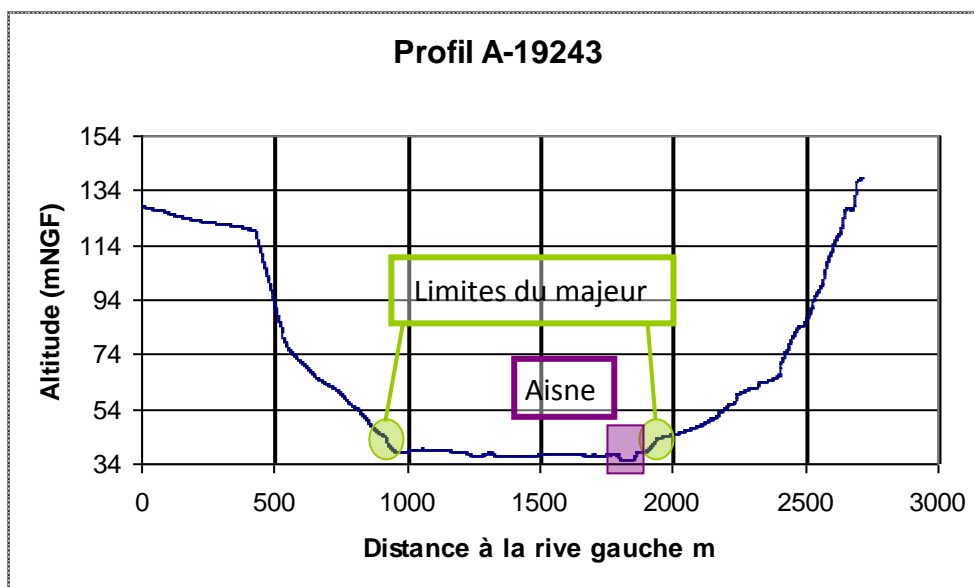


Figure 2-5 : Exemple de détermination des limites du lit majeur de l'Aisne

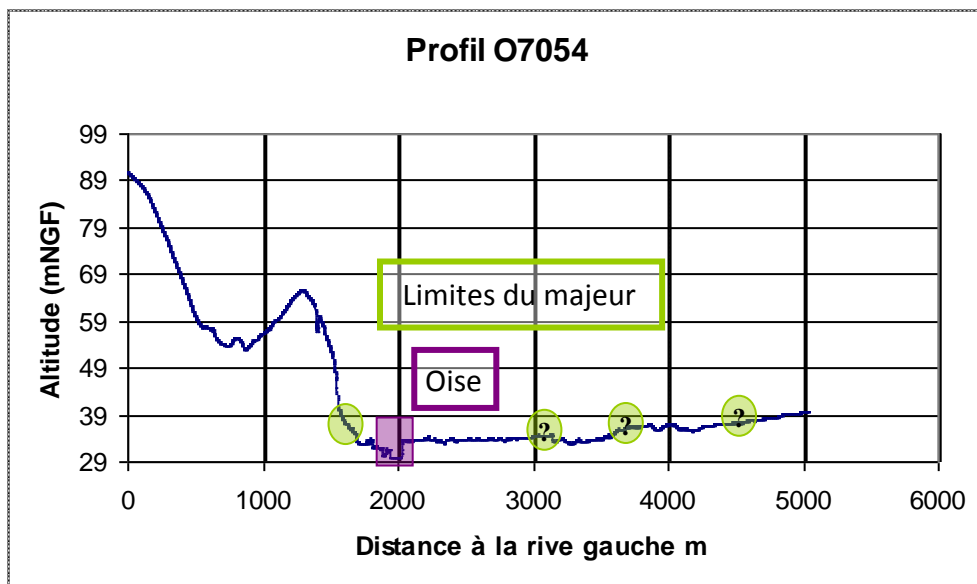


Figure 2-6 : Exemple de détermination difficile des limites du lit majeur de l'Oise

Sur le profil de la Figure 2-6, le terrain naturel a subi de telles modifications dues à l'urbanisation qu'il devient difficile de déterminer des limites de lits. Dans ce type de situation, on se trouve aux limites de la méthode hydrogéomorphologique. Pour déterminer précisément les zones d'inondation, il est préférable d'utiliser la méthode historique ou la modélisation hydraulique.

Dans tous les cas, l'analyse des éléments géologiques et de l'occupation du sol a été mise en œuvre pour valider les limites ainsi définies ou préciser les incertitudes soulevées par la lecture des profils en travers.

L'ensemble des profils en travers utilisés pour cette étude hydrogéomorphologique sont présentés en Annexe 1 et localisés sur la carte en Annexe 2.

### 2.3.2.2 La géologie

La géomorphologie s'intéresse particulièrement au Quaternaire. En effet, c'est durant cette période que se sont mis en place les principaux modelés actuels qui constituent le cadre géomorphologique dans lequel s'inscrit la plaine alluviale. Au cours du Quaternaire, les nombreuses alternances climatiques ont multiplié les phases d'encassement et d'alluvionnement entraînant l'étagement et/ou l'emboîtement des dépôts alluviaux.

De ce fait, la détermination des limites du lit majeur a été complétée par l'analyse des **alluvions (anciennes et modernes)** issues des cartes géologiques au 1 / 50 000<sup>ème</sup>. En effet, l'extension maximale de ces alluvions doit correspondre à la **limite du lit majeur ancien** et leur digitalisation permet donc une première **approximation de la limite maximale du lit majeur**. Cependant, la résolution de la carte 1 / 50 000<sup>ème</sup> engendre une certaine incertitude sur ces limites. Aussi, la couche harmonisée des alluvions modernes (Fz) issue de la BD Charm collectée dans le cadre de l'EPRI a été valorisée dans la mesure du possible pour cette estimation.

De plus, il est à noter **que les seules alluvions modernes ne suffisent pas à la détermination du lit majeur**. En effet, les enveloppes d'inondation historiques

collectées dans le cadre de la phase 1 sont parfois plus larges que la couche d'alluvions modernes comme l'illustre la Figure 2-7 ci-dessous.

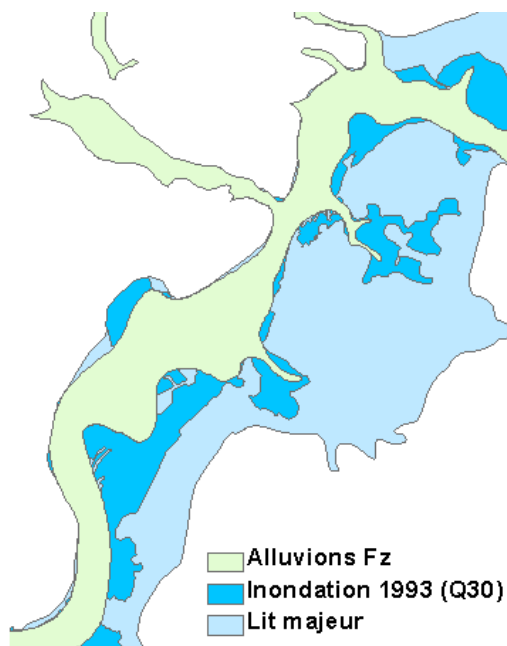


Figure 2-7 : Schéma de l'organisation de la plaine alluviale

Par contre, la combinaison des alluvions modernes et anciennes permet d'obtenir une enveloppe du lit majeur cohérente à celle révélée par l'analyse du MNT.

Ceci peut s'expliquer par les points suivants :

- ✓ les crues de 1993 et de 1995 sont des crues relativement exceptionnelles dont l'emprise d'inondation n'est donc pas nécessairement couverte par les alluvions récentes (ce genre de crue exceptionnelle n'avait pas été enregistré depuis 1784 à Venette),
- ✓ entre 1784 et 1993/1995, des aménagements importants ont été réalisés dans la vallée (barrages, chenalisation de l'Oise, canal latéral à l'Oise...) qui ont possiblement conduit à une mise en eau des zones d'alluvions anciennes lors des inondations de 1993/1995.

### 2.3.2.3 Les orthophotoplans

L'occupation des sols est aussi utilisée pour la délimitation des **lits moyen et majeur**. En effet, leurs limites se retrouvent généralement au niveau d'un passage de végétation à une autre, de chemins, routes ou anciennes maisons construites sur des talus ou terrasses alluviales.

Les orthophotoplans ont donc été valorisées pour valider l'identification des lits établie sur la base de la topographie (MNT).

Le croisement des alluvions et de l'occupation du sol permet de valider le tracé du lit majeur amorcé par l'analyse du MNT, bien qu'elle conduise à **surestimer l'étendue du lit majeur actuel**. Elle constitue un complément de la recherche des limites des différents lits par les formes générales du lit majeur et l'identification de ruptures de pente.

### 2.3.3 Plans d'eau ou anciennes gravières

Les **plans d'eau ou anciennes gravières** (très nombreuses dans le secteur) ont été déterminés à partir de l'analyse croisée du MNT et de la carte des pentes, des orthophotoplans et des scans 25.

## 2.4 Identification des structures secondaires

### 2.4.1 Bras secondaires

La confrontation du MNT, des scans 25 et de la BD Carthage a permis d'identifier un certain nombre de bras secondaires. Ceux-ci correspondent soit à des diffluentes de l'Oise, soit à des petits cours d'eau descendant des coteaux, soit encore à des fossés créés par l'homme pour permettre l'évacuation des eaux de ruissellement plus rapidement dans les zones relativement plates à proximité du cours d'eau.

L'ensemble de ces bras secondaires circule donc dans la plaine inondable avant de confluer avec le cours d'eau principal. Ils ont été digitalisés dans leurs dernières centaines de mètres avant leur confluence avec l'Oise.



## 2.4.2 Axes d'écoulement préférentiels

Les axes principaux d'écoulement en crue et sur versant sont distingués. Les **écoulements en crue** ont été déterminés par l'identification d'anciens méandres sur la base des cartes historiques et par intuition/bon sens à partir du MNT quand celui-ci met en évidence une zone d'expansion parallèle à l'axe de la vallée.

Les **ruissellements sur versants** ont été identifiés par l'étude des courbes de niveaux (scans 25 et MNT) et des photographies aériennes, comme illustré par la Figure 2–8 ci-dessous.

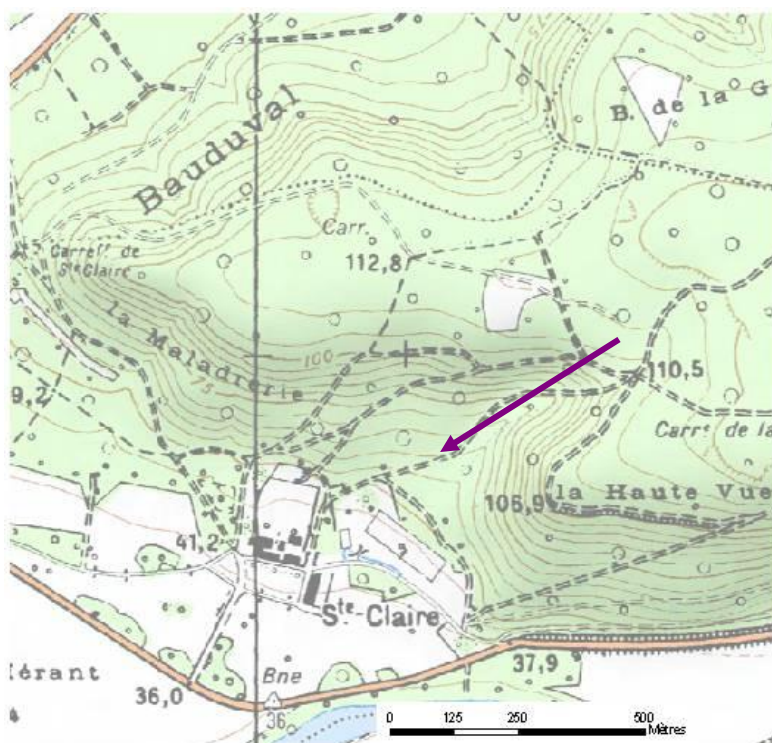


Figure 2–8 : Exemple de courbes de niveau permettant d'identifier un axe de ruissellement sur versant

## 2.5 Identification des éléments d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

### 2.5.1 Remblais

La présence de remblais dans la vallée a été déterminée en croisant les informations de la carte IGN, le LiDAR et la carte des pentes issue du LiDAR, (comme montré sur la Figure 2-9).

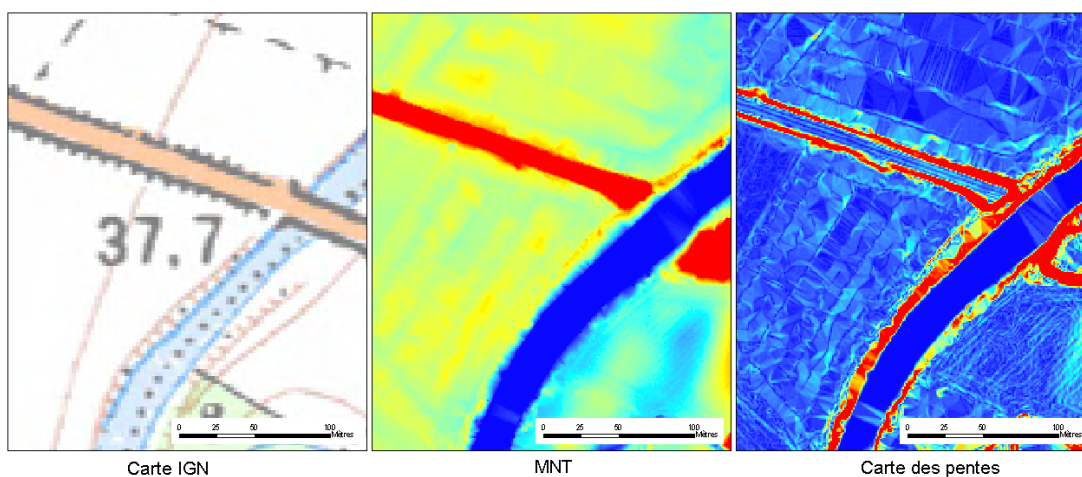


Figure 2-9 : Exemple d'identification de remblais

Il est à noter que quelques écarts notamment de projection (décalage de l'ordre du mètre) peuvent être constatés entre le MNT et les scans 25. Compte-tenu de la précision offerte par le MNT, celui-ci est **valorisé en priorité pour la définition de l'aléa**.

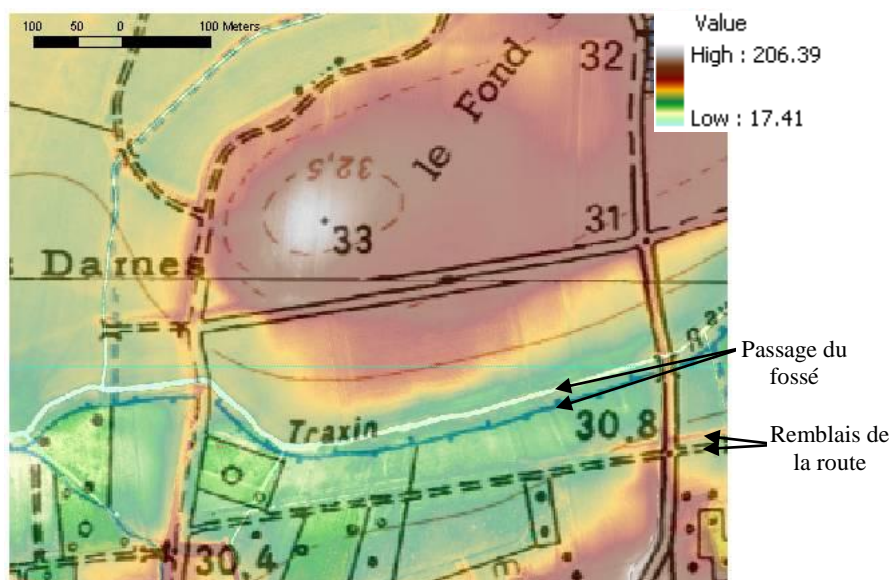


Figure 2-10 : Écarts entre le MNT et les scans 25

## 2.5.2 Zones urbanisées

Dans ces zones, la méthode hydrogéomorphologique atteint ses limites. En effet, dans ces secteurs très anthropisés et densément aménagés, il est peu aisé de retrouver les traces du dynamisme fluvial et les aménagements sont tels que l'identification de structures de remblais est rendue complexe.

Aussi, dans ces zones, les déterminations des différents éléments par méthode hydrogéomorphologique est imprécise. Elles ont donc été digitalisées à partir de l'analyse de l'occupation du sol via les scans 25, les orthophotoplans, le MNT et la carte des pentes qui en provient.

## 2.6 Identification des ouvrages

### 2.6.1 Ouvrages principaux

Un certain nombre d'ouvrages susceptibles de modifier le fonctionnement hydrodynamique de la zone a été localisé.

Les **ouvrages hydrauliques principaux** (barrages, écluses et ponts) ont été identifiés sur la base de l'analyse croisée des orthophotoplans, du MNT et des scans 25. Les ponts ont de plus été pré-localisés lors de l'identification des remblais (voir Figure 2-9 précédemment).

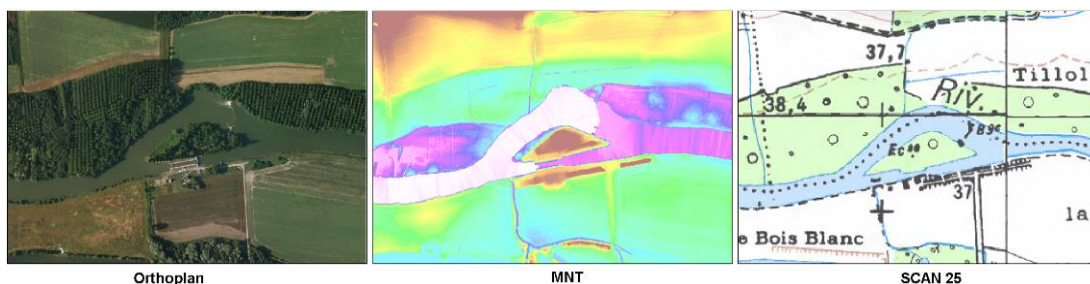


Figure 2-11 : Exemple de localisation des barrages et écluses

## 2.6.2 Ouvrages secondaires

Les **ouvrages hydrauliques secondaires** ont été repérés de manière similaire, avec l'ajout des données des cours d'eau de la BD CARTHAGE. Cette analyse a été menée en confrontation avec l'inventaire des ouvrages hydrauliques réalisé par SOGREAH, dans le rapport initial hydraulique inclus aux études préalables à l'établissement du dossier « Loi sur l'Eau » du projet du Canal Seine Nord Europe (CSNE) (SOGREAH/INGEROP, 2008). Deux couches ont ainsi été produites pour :

- ✓ Les ouvrages de décharge vers le lit majeur,
- ✓ Les ouvrages de décharge entre plans d'eau.

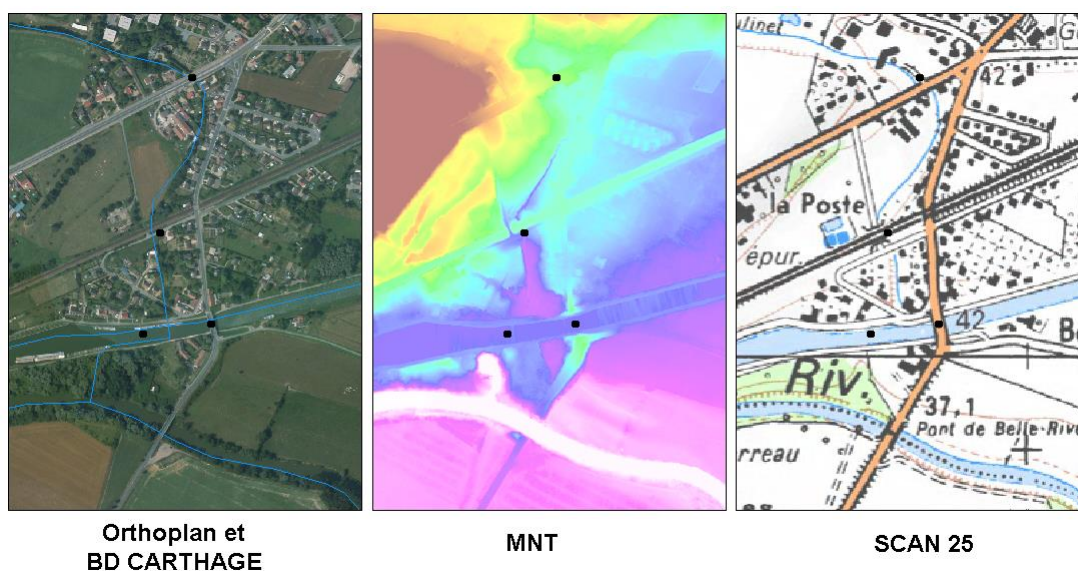


Figure 2-12 : Identification des ouvrages en lit majeur

## 2.7 Conclusion sur les résultats de l'analyse hydrogéomorphologique

La définition des structures géomorphologiques peut être utilisée pour la définition des zones inondables dans le cadre de vallées peu soumises à des actions anthropiques susceptibles d'impacter les modalités d'écoulement des eaux en crue. Ce n'est pas le cas sur les vallées de l'Aisne et de l'Oise dans le département de l'Oise. **Ces vallées ont depuis longtemps fait l'objet de modifications des terrains naturels pour permettre le développement agricole et urbain et la construction de voies de navigation, qu'elles soient fluviales, routières ou ferroviaires.** Si le tronçon de vallée de l'Oise étudié en amont de la confluence est davantage « naturel » qu'en aval, il reste néanmoins difficile d'y discerner les structures morphologiques « théoriques » attendues sur ce type de cours d'eau (lit moyen par exemple).

On n'attend donc pas de l'analyse hydrogéomorphologique qu'elle serve directement à la définition des zones inondables. Ainsi, cette méthodologie atteint ses limites sur un certain nombre de secteurs, trop modifiés ou anthropisés pour permettre la définition des limites d'inondation sur des bases géomorphologiques. Il faut également noter que cette méthode se base sur des hypothèses majorantes en termes d'étendue de la zone d'inondation (par exemple en considérant l'effacement de remblais). A ce titre, il apparaît clairement que la modélisation hydraulique décrite ci-après constituera la démarche préférentielle pour la cartographie de l'aléa.

**L'analyse hydrogéomorphologique est par contre d'un appui précieux pour mieux comprendre le fonctionnement hydraulique actuel de la vallée** (écoulements préférentiels, zones de premiers débordements, freins aux écoulements en lit majeur, zones d'apports latérales,...). Les investigations menées dans son cadre ont donc permis de préparer la modélisation hydraulique en fournissant des éléments pour la définition de la structure du modèle hydraulique, son étendue, la définition des casiers (sur la base du repérage des remblais), la position des ouvrages en lit mineur et en lit majeur, les zones d'échanges préférentiels (exemple : méandres « coupés » paragraphe 3.3.3.2).

Par l'analyse hydrogéomorphologique, il a été possible d'identifier un certain nombre de facteurs susceptibles d'influencer les écoulements en crue, et donc à prendre en compte pour la modélisation de la crue de référence. On peut notamment citer les points suivants :

- ✓ Que les parties amont des cours d'eau de l'Oise et de l'Aisne disposent de vallées plus larges pour l'étendue des inondations qu'à l'approche de la confluence qui présente des caractéristiques assez nette de forte urbanisation. Le gabarit des sections d'écoulement à considérer dans le modèle ont donc été adaptés en fonction de ce point.
- ✓ Que le canal en amont de la confluence sur l'Oise limite la largeur de la vallée par endroits. La section d'écoulement en lit majeur y est donc de facto réduite.
- ✓ Que plusieurs routes traversent le lit majeur, la plupart du temps en remblai, et sans nécessairement d'ouvrages de décharge associés (ponts de Bellepierre, de Montmacq,...). Ces éléments sont donc à intégrer au

modèle hydraulique pour bien prendre en compte les éventuelles mises en charge de ces ouvrages.

- ✓ Qu'un certain nombre de barrages régulent les vallées de l'Aisne et de l'Oise. Il est donc attendu que leur présence influe sur les écoulements en lit mineur, et donc potentiellement le fonctionnement du lit majeur à proximité.
- ✓ Des zones remblayées en lit majeur apparaissent de manière assez claire à Villers-Saint-Paul, Saint-Leu-d'Esserent... Ces éléments sont susceptibles de réduire la section hydraulique et donc nécessairement les lignes d'eau.

Ces éléments constituent une liste non exhaustive d'éléments tirés de l'analyse hydrogéomorphologique ayant servi de base à la construction du modèle hydraulique en vue de la définition de l'aléa. Ils illustrent cependant bien l'appui apporté par cette méthode à la construction d'un modèle hydraulique sur des vallées comme celles de l'Oise et de l'Aisne.

La synthèse de l'ensemble des éléments hydrogéomorphologiques ciblés dans le cadre de l'étude (conformément à la méthodologie décrite précédemment) est présentée un atlas cartographique, décrit en partie 4 du présent rapport.

## Modèle hydraulique

### 3.1 Principe

L'analyse hydrogéomorphologique a permis de comprendre globalement le dynamisme fluvial à l'œuvre lors des crues exceptionnelles dans les vallées de l'Aisne et de l'Oise. Sur cette base, et à partir des données collectées dans le cadre de la phase 1, un **modèle hydraulique** a été construit.

L'analyse historique menée en phase 1 a permis d'établir que les crues exceptionnelles de 1993 et de 1995 sont très documentées. La crue de 2001 comporte un certain nombre d'informations historiques, bien qu'elle ne soit pas aussi renseignée que les crues précédentes. Aussi, il a été décidé de **caler le modèle sur la crue de 1993** comportant le plus d'informations, et de le **valider sur les crues de 1995 et 2001**.

Ce calage et cette validation du modèle permettent d'accréditer son utilisation pour la simulation d'une **crue centennale qui constitue la crue de référence** du PPRI.

Les résultats de cette modélisation de la crue centennale, sur l'ensemble de la zone d'étude, sont utilisés pour cartographier les hauteurs d'eau maximales. Cette cartographie est ensuite utilisée pour **définir et cartographier l'aléa**.

Les différentes étapes effectuées pour cette modélisation, leurs résultats et **différents tests de sensibilité** sont présentés dans ce chapitre.

### 3.2 Données d'entrée

Les données collectées dans le cadre de la phase 1 et valorisées pour la construction et le calage du modèle hydraulique sont rappelées ci-après.

#### 3.2.1 Données topographiques

##### 3.2.1.1 Profils en travers

Le modèle hydraulique utilisé est défini à partir de profils en travers de la vallée. Les données topographiques utilisées pour définir ces profils en travers proviennent de différentes sources :

- ✓ Des données bathymétriques du modèle du SPC et de l'Entente Oise-Aisne pour le lit mineur : à noter que cette source de données a été privilégiée au détriment des levés bathymétriques du chenal de navigation de l'Oise et de l'Aisne fournis par VNF dans la mesure où :
  - Ces levés ne concernent que le chenal de navigation et n'intègrent donc pas le profil des berges,
  - L'étude hydraulique réalisée par SOGREAH dans le cadre des projets MAGEO/CSNE a montré une bonne correspondance des deux sources de données quant au fond du lit mineur.
- ✓ Du MNT issu du LiDAR présenté au paragraphe 2.2 pour les données lit majeur.

En effet, le levé LiDAR réalisé ne permet pas l'obtention d'informations en-dessous de la surface de l'eau. Aussi, les profils en travers du lit mineur issus du modèle du SPC/EOA ont été localisés par correspondance de PK et intégrés aux profils totaux de la vallée issus du MNT à leur endroit.

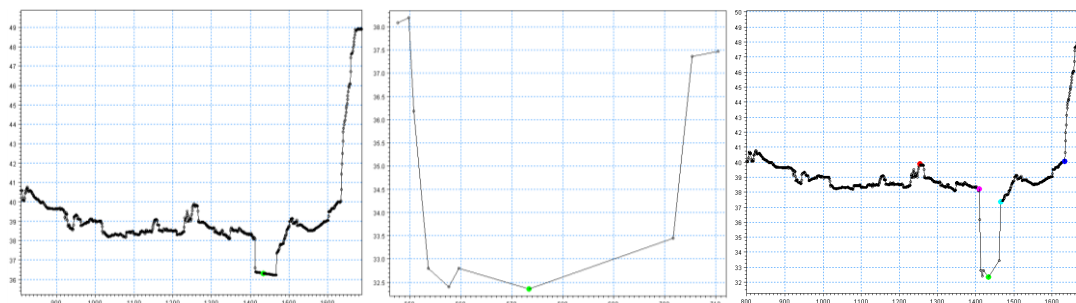


Figure 3-1 : Exemple de profil en travers (1) du lit majeur extrait du MNT, (2) du lit mineur issu de la bathymétrie du SPC, (3) fusionné et inséré au modèle hydraulique

Par ailleurs, ces profils en travers insérés dans le modèle ont fait l'objet d'interpolations ponctuelles dans un souci de stabilisation du modèle. Au global :

- ✓ 75 profils décrivent l'Aisne,
- ✓ 262 profils représentent l'Oise,
- ✓ 136 profils sont utilisés pour décrire les casiers (voir paragraphe 3.3.3.1).

Les profils topographiques utilisés sont localisés sur les cartes en Annexe 3.



### 3.2.1.2 Ouvrages

Les ouvrages sont insérés au modèle à partir de lois Hauteurs-Largeurs (voir paragraphe 3.3.1 pour la prise en compte des pertes de charge générées par ces ouvrages).

Pour les ponts jouant un rôle hydraulique majeur, la géométrie des ouvrages jusqu'aux tabliers est définie sur la base :

- ✓ des profils en travers issus du modèle du SPC, qui décrivent les piles des ponts,
- ✓ des levés complémentaires réalisés par ARTELIA dans le cadre des études hydrauliques préalables à l'établissement du dossier « Loi sur l'Eau » du projet Canal Seine Nord Europe (CSNE),
- ✓ des fiches ouvrages fournies par le conseil général de l'Oise.

Le tablier de certains ponts n'a pas été intégré compte tenu de son élévation par rapport aux cotes attendues même en crue exceptionnelle. Pour la plupart des ponts, le tablier et le remblai en lit majeur ont été intégrés sur la base des cotes issues du MNT.

Au total, **35 ponts majeurs ont été insérés** entre Sempigny et l'Isle Adam sur l'Oise et entre Soissons et la confluence sur l'Aisne. Ils sont localisés sur les cartes en Annexe 3.

Les barrages ont été décrits à partir de la bathymétrie du SPC/EOA sur l'Aisne. Sur l'Oise, ces barrages ont été reconstruits depuis les crues historiques servant de calage et de validation. Leur géométrie, pour ces événements, provient également de la bathymétrie du SPC/EOA. Pour la crue centennale, les barrages sont considérés dans leur état actuel. Les cotes des radiers et les largeurs des passes et pertuis des nouveaux ouvrages ont été sollicitées auprès de VNF dans le cadre de la phase 2. Les données ainsi obtenues et valorisées sont les suivantes :

Tableau 3-1 : Données relatives aux barrages de l'Oise dans leur état actuel

	Venette	Verberie	Sarron	Boran	Creil	Isle Adam	Pontoise	Andrésy
Largeur passes navigables amont	31,00	31,00	31,00	33,00	31,00	33,00	33,00	30,5
Niveau radier passe amont	27,71	26,28	24,51	21,82	22,56	20,22	18,63	12,00
Largeur pertuis	12,00	12,00	12,00	12,00	12,35	12,00	SANS	SANS
Niveau radier pertuis amont	27,71	26,28		21,82	22,56	20,22	SANS	SANS

Au total, **6 barrages ont été insérés sur l'Aisne et 7 sur l'Oise**. Ils sont localisés sur les cartes en Annexe 3.

- ✓ Vauxrot,
- ✓ Fontenoy,
- ✓ Vic,
- ✓ Couloisy,
- ✓ Hérant,
- ✓ Carandeu,
- ✓ Venette,
- ✓ Verberie,
- ✓ Sarron,
- ✓ Creil,
- ✓ Boran,
- ✓ Isle Adam,
- ✓ Pontoise.

## 3.2.2 Données hydrologiques

Les données limnimétriques et débitimétriques utilisées proviennent des différentes stations hydrométriques présentées dans le cadre de la phase 1.

Pour les crues historiques étudiées, les hauteurs sont disponibles aux stations de Venette, Verberie et Creil/Pont-Sainte-Maxence. En ce qui concerne les débits, les stations sont celles de Trosly-Breuil et Creil/Pont-Sainte-Maxence.

Pour la crue centennale, les hydrogrammes considérés sont issus de l'étude hydrologique globale du bassin de l'Oise, portée par l'Entente Oise Aisne et réalisée par Hydratec. Une première version présentée dans le cadre de la phase 1 a été mise à jour avec les données LiDAR début 2015. Les hydrogrammes théoriques de crue centennale considérés sont issus de cette deuxième version qui fait référence.

Les données hydrologiques valorisées pour chaque crue analysée sont précisées dans le paragraphe propre à chaque événement.

## 3.2.3 Données de calage

Dans le cadre de la collecte de données, un certain nombre de laisses a été fourni (voir rapport de phase 1). Néanmoins, les informations de cotes atteintes lors des crues historiques sont relativement disparates, notamment pour la crue de 1993, comme l'illustrent les graphiques ci-dessous. Les laisses de la crue de 2001 sont davantage cohérentes.

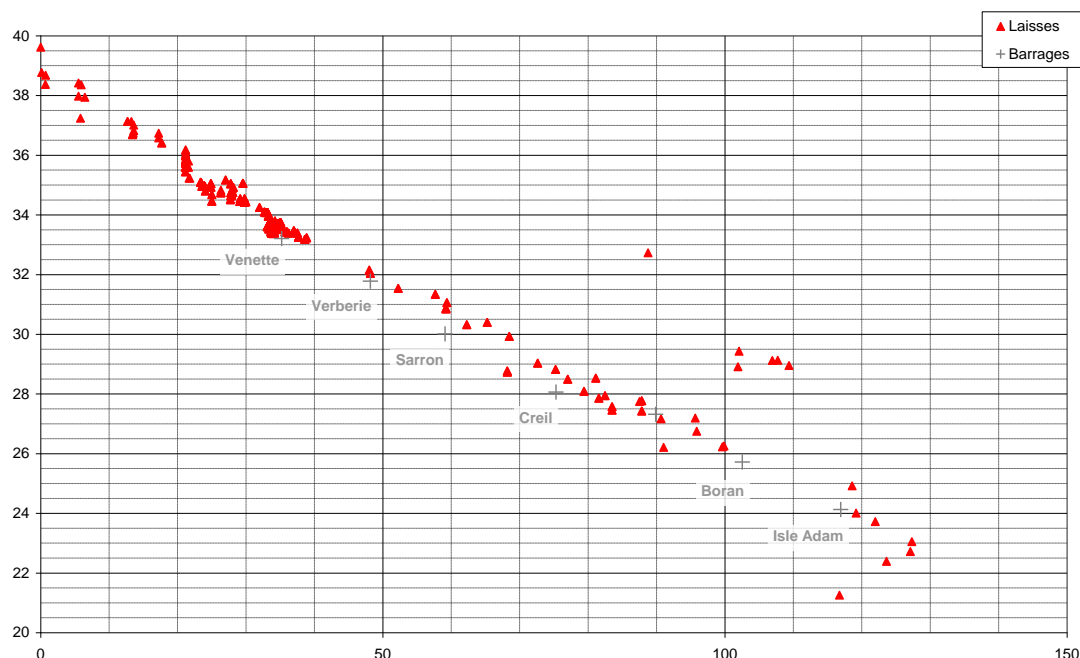


Figure 3-2 : Laisses de crue sur l'Oise entre Sempigny et la confluence avec la Seine pour la crue de 1993

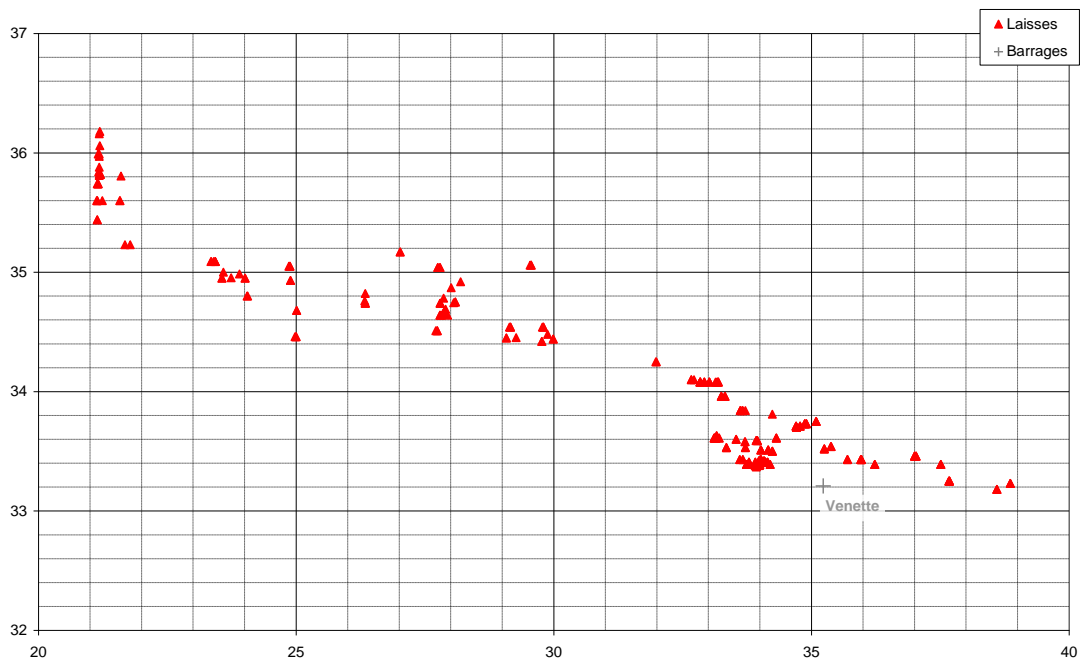


Figure 3-3 : Laisses de crue sur l'Oise, focus sur le secteur de Venette pour la crue de 1993

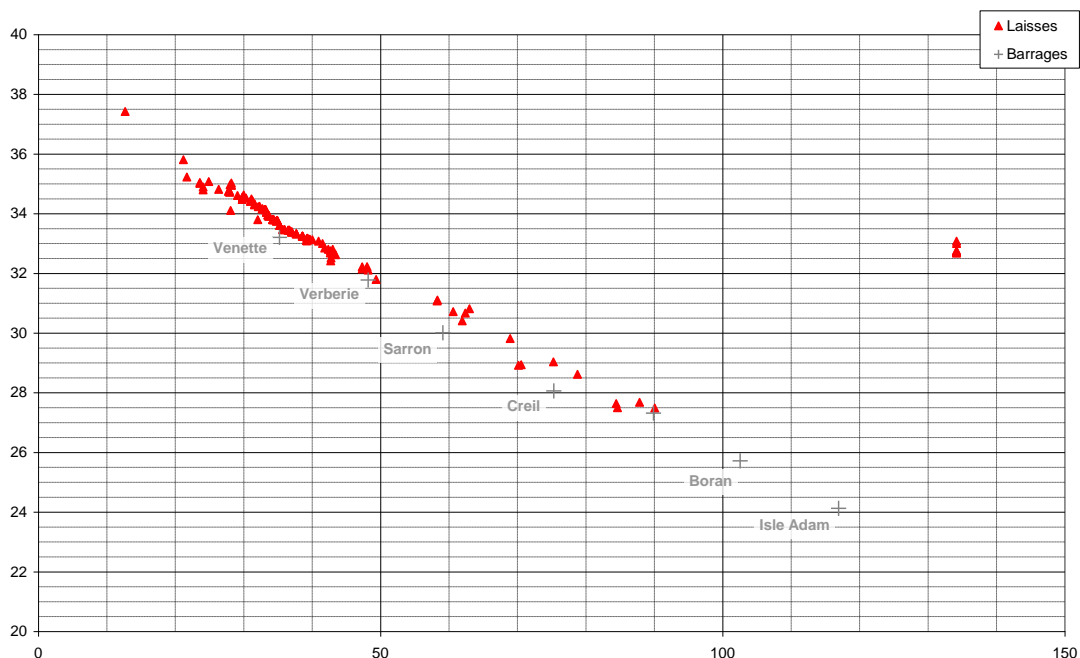


Figure 3-4 : Laisses de crue sur l'Oise entre Sempigny et la confluence avec la Seine pour la crue de 1995

Le rapport de construction et calage du modèle hydraulique, réalisé dans le cadre des études préalables au dossier « Loi sur l'Eau » pour le projet CSNE fait le même constat. Ceci peut s'expliquer soit par un mauvais repérage des laisses, soit par un nivellement erroné. Il se peut également que les laisses n'aient pas été repérées au maximum de crue.

**Ces laisses historiques sont donc à considérer avec précaution.** Dans la suite, seules les laisses cohérentes sont représentées sur les graphiques.

Par ailleurs, les lignes d'eau calculées par les autres modèles représentant le secteur ont été collectées. Il s'agit de :

- ✓ La ligne d'eau de 1993 simulée par le modèle du SPC et de l'Entente Oise-Aisne,
- ✓ La ligne d'eau de 1995 simulée par le modèle du SPC et de l'Entente Oise-Aisne,
- ✓ La ligne d'eau de 1993 simulée par le modèle CSNE pour le rapport modèle hydraulique de 2008,
- ✓ La ligne d'eau de 1995 simulée par le modèle CSNE pour le rapport modèle hydraulique de 2008,
- ✓ Une vingtaine de points sur la ligne d'eau de 1993 simulée par le modèle CSNE dans la version améliorée de 2013,
- ✓ Une vingtaine de points sur la ligne d'eau de 1995 simulée par le modèle CSNE dans la version améliorée de 2013,
- ✓ Une vingtaine de points sur la ligne d'eau de 2001 simulée par le modèle CSNE dans la version améliorée de 2013,
- ✓ Une vingtaine de points sur la ligne d'eau centennale simulée par le modèle CSNE dans la version améliorée de 2013,
- ✓ Une vingtaine de points sur la ligne d'eau centennale simulée par le modèle CSNE dans la dernière version de 2014.

Une ligne d'eau centennale simulée par le modèle du SPC et de l'Entente Oise-Aisne a également été collectée. Ce modèle n'a finalement pas été retenu pour la validation des lignes d'eau, car son objectif est limité aux stations de prévision. Les autres lignes d'eau ont fait l'objet de validations élaborées au cours desquelles une analyse attentive des laisses à été réalisée, conduisant à en écarter certaines. Par ailleurs, un gros travail de convergence des modèles CSNE et SPC/EOA a été mené lors de la construction du modèle CSNE par Artelia.

Sur ce constat, il a été décidé en concertation avec le comité technique de **valoriser au maximum ces lignes d'eau, et en particulier celles obtenues dans le cadre du projet CSNE, dans les processus de calage et de validation** du présent modèle.

## 3.3 Construction du modèle

### 3.3.1 Description du code de calcul

#### 3.3.1.1 Présentation du logiciel

Le logiciel de modélisation utilisé est le logiciel **MIKE11** développé par le Danish Hydraulic Institute (DHI). Ce logiciel de modélisation filaire permet :

- ✓ la résolution complète des équations de Barré de St Venant en régime transitoire,
- ✓ la description des déversements et des vidanges d'un bief à un autre ce qui offre la possibilité de dissocier les écoulements et donc les hauteurs d'eau en lits mineur et majeur notamment.

Les pertes de charge générées par les ouvrages insérés au modèle (voir paragraphe 3.2.1.2) sont automatiquement calculées par le modèle de la manière suivante.

#### 3.3.1.2 Pertes de charge pour les déversoirs

Des déversoirs ont été insérés dans le modèle pour représenter les barrages et les tabliers des ponts. La perte de charge occasionnée par un déversoir est calculée de la façon suivante par le logiciel :

$$\Delta H = \frac{Q_s^2}{2gA_s^2} (\zeta_1 + \zeta_2)$$

Avec :

- ✓  $\zeta_1$  : coefficient de perte de charge par réduction de section ;
- ✓  $\zeta_2$  : coefficient de perte de charge par augmentation de section ;
- ✓  $A_1$  : surface mouillée amont ;
- ✓  $A_2$  : surface mouillée aval ;
- ✓  $A_s$  : surface mouillée moyenne sur le déversoir.

Ces paramètres sont présentés sur la figure ci-dessous et explicités ci-après.

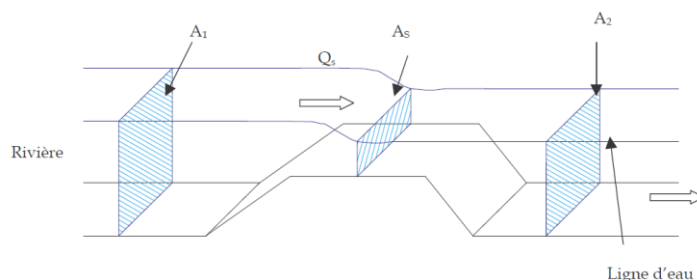


Figure 3-5 : Calcul du logiciel des pertes de charge sur un déversoir

**Réduction de section :**

Elle prend en compte les sections en amont et au centre du déversoir ainsi que le coefficient de perte de charge  $\zeta_{INFLOW}$  (perte de charge en entrée).

$$\zeta_1 = \zeta_{INFLOW} \left( 1 - \frac{A_S}{A_1} \right)^2$$

La valeur par défaut de  $\zeta_{INFLOW}$  est de 0.5. Elle a ponctuellement été abaissée à 0.2 (Pont de Creil, Pont de la Déviation Ouest, Pont de Boran, Pont de Choisy) ou augmentée à 0.6 (Barrage d'Hérant) ou encore à 1 (Barrage de Couloisy, Pont de Bailly, Pont de Bellerive, Pont de Montmacq, Pont du Plessis-Brion), de sorte à reproduire les laisses de manière cohérente.

**Augmentation de section :**

Elle prend en compte les sections en sortie et au centre du déversoir ainsi que le coefficient de perte de charge  $\zeta_{OUTFLOW}$  (perte de charge en sortie).

$$\zeta_2 = \zeta_{OUTFLOW} \left( 1 - \frac{A_S}{A_2} \right)^2$$

La valeur par défaut de  $\zeta_{OUTFLOW}$  est de 1.

**3.3.1.3 Pertes de charge pour les orifices**

Des orifices ont été insérés dans le modèle pour représenter les ponts. Les pertes de charge prises en compte par le logiciel pour le calcul des lois hauteur-débit au droit des orifices sont les suivantes :

- ✓ Réduction de section ;
- ✓ Augmentation de section ;
- ✓ Perte linéaire par frottement ;
- ✓ Courbures et autres pertes de charge.

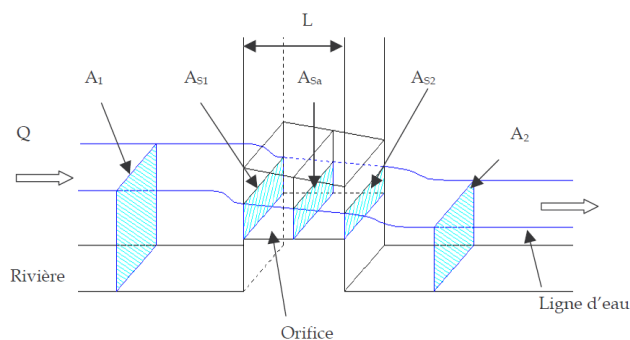


Figure 3-6 : Calcul par le logiciel des pertes de charge dans un orifice

Elles sont explicitées dans les paragraphes suivants, la figure ci-avant présentant les paramètres utilisés.

- ✓  $A_1$  : surface mouillée amont ;
- ✓  $A_{S1}$  : surface mouillée en entrée de l'orifice ;
- ✓  $A_{Sa}$  : surface mouillée en moyenne dans l'orifice ;
- ✓  $A_{S2}$  : surface mouillée en sortie de l'orifice,
- ✓  $A_2$  : surface mouillée aval ;
- ✓  $L$  : longueur de l'orifice ;
- ✓  $n$  : coefficient de Manning ;
- ✓  $R$  : rayon hydraulique moyen dans l'orifice.

### **Réduction de section :**

Elle prend en compte les sections en amont et en entrée de l'orifice ainsi que le coefficient de perte de charge  $\zeta_{INFLOW}$ .

$$\zeta_1 = \zeta_{INFLOW} \left( 1 - \frac{A_{S1}}{A_1} \right)^2$$

La valeur par défaut de  $\zeta_{INFLOW}$  est de 0.5. Elle a ponctuellement été élevée à 1 (Pont SNCF de Verberie, Pont de Bailly, Pont de Bellerive, Pont de Montmacq, Pont du Plessis-Brion, Pont de Saint-Leu-d'Esserent, Buses sous la route au Plessis-Brion). Elle a aussi été abaissée à 0.2 (Pont de la CD13, Pont de Boran, Pont de Choisy), de sorte à reproduire les laisses de manière cohérente.

### **Augmentation de section :**

Elle prend en compte les sections en sortie et en aval de l'orifice ainsi que le coefficient de perte de charge  $\zeta_{OUTFLOW}$ .

$$\zeta_2 = \zeta_{OUTFLOW} \left( 1 - \frac{A_{S2}}{A_2} \right)^2$$

La valeur par défaut de  $\zeta_{OUTFLOW}$  est de 1.

### **Perte linéaire par frottement :**

La perte de charge linéaire est évaluée à partir de la formule de Manning :

$$\zeta_f = \frac{2gLn^2}{R^{4/3}}$$

La valeur par défaut de  $n$  est de 0.013. Elle a ponctuellement été élevée à 0.015 (Pont CD13, Pont de Bailly, Pont de Bellerive, Pont de Montmacq, Pont du Plessis-Brion, Buses sous la route au Plessis-Brion) et à 0.02 (Pont de Saint-Leu-d'Esserent). Elle a aussi été diminuée à 0.01 (Pont de Boran) et à 0.008 (Pont de Choisy), de sorte à reproduire les laisses de manière cohérente.

**Courbure et autres pertes de charge :**

Ce coefficient  $\zeta_b$  tient compte d'éventuelles courbures de l'ouvrage et peut également représenter des pertes de charges supplémentaires, dues par exemple à la présence d'embâcles ou un ouvrage endommagé. Sa valeur par défaut est de 0. Elle a ponctuellement été passée à 1 (Pont de Compiègne, Pont de Bailly, Pont de Bellerive, Pont de Montmacq, Pont du Plessis-Brion, Buses sous la route au Plessis-Brion), de sorte à reproduire les laisses de manière cohérente.

**Perte de charge totale :**

La perte de charge totale dans l'orifice se calcule alors de la façon suivante :

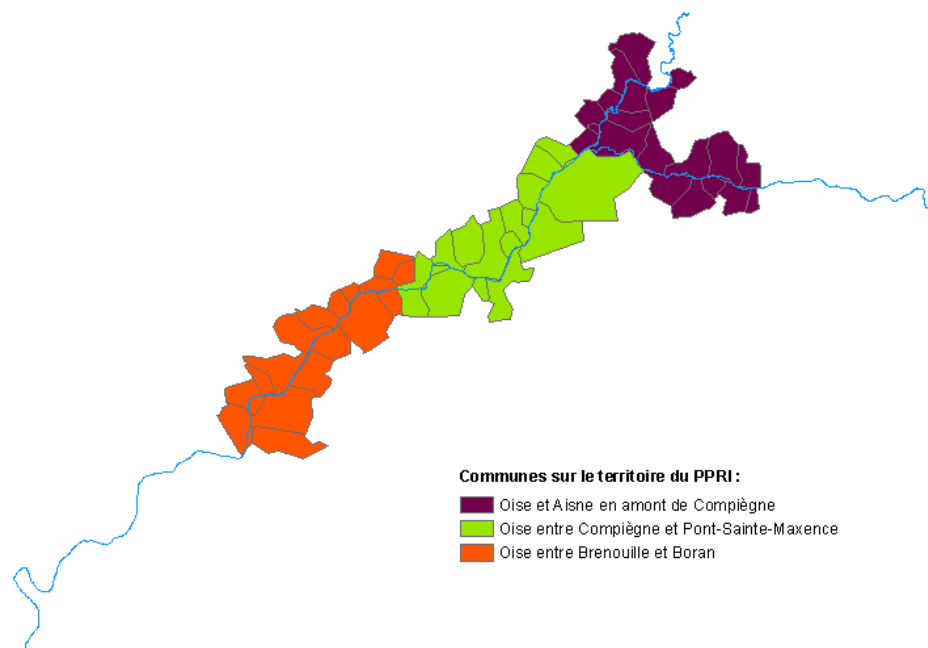
$$\Delta H = \frac{Q^2}{2g} \left( \frac{\zeta_1}{A_{S1}^2} + \frac{\zeta_f + \zeta_b}{A_{Sa}^2} + \frac{\zeta_2}{A_{S2}^2} \right)$$

**3.3.2 Emprise**

**Une seule modélisation a été mise en œuvre sur les 3 PPRI en cours d'élaboration par SAFEGER sur la vallée de l'Oise :**

- ✓ PPRI des rivières Oise et Aisne en amont de Compiègne,
- ✓ PPRI de l'Oise entre Compiègne et Pont-Sainte-Maxence,
- ✓ PPRI de l'Oise entre Brenouille et Boran.

La carte ci-après localise les communes concernées par ces 3 PPRI :



**Figure 3-7 : Communes concernées par les 3 PPRI réalisés par SAFEGER sur la vallée de l'Oise ayant fait l'objet de la même modélisation**

L'emprise du modèle est donc définie sur cette base et à partir des données aux conditions limites disponibles.



Le modèle couvre les rivières Oise et Aisne. Les limites du modèle sont :

- ✓ En amont de l'Oise, la station hydrométrique de Sempigny,
- ✓ En amont de l'Aisne, la station hydrométrique de Soissons,
- ✓ En aval, la station à l'Isle Adam pour les crues historiques,
- ✓ En aval, la confluence avec la Seine pour la crue centennale.

En aval, **l'emprise du modèle varie**. En effet, la station de l'Isle Adam possède des données de hauteurs historiques ce qui permet de spécifier la condition aval pour les crues de calage et de validation.

Pour la crue centennale, aucune information de hauteur n'est disponible. Seuls des hydrogrammes théoriques centennaux sont injectés. Aussi, le principe adopté est de s'affranchir de la condition aval sur l'Oise et d'établir des hypothèses de hauteur sur la Seine. Le modèle pour la crue centennale doit donc s'étendre jusqu'à la Seine.

Ainsi, le linéaire représenté sur l'Oise varie entre 102 et 132 km en fonction de la limite aval. Le linéaire sur l'Aisne est de 44 km. La confluence Oise – Aisne s'effectue au PK 32 du linéaire de l'Oise.

Les parties du modèle en dehors de la zone d'étude (voir Figure 3–7), et intégrées uniquement pour satisfaire les conditions limites, sont décrites de **manière simplifiée**, en intégrant uniquement un calcul filaire et avec des profils en travers moins denses que sur la zone d'étude. Cette partie du modèle aval aura donc tendance à sous-estimer les niveaux d'eau en lit mineur et à surestimer la largeur des débordements ponctuellement en dehors de la zone d'étude. Néanmoins, elle ne sert qu'au routage des débits vers la condition aval ce qui n'a pas d'influence sur la zone de présentation des résultats.

**La zone d'étude des PPRI** sur laquelle une grande attention est portée va :

- ✓ **Du PK 12 au PK 90 sur l'Oise,**
- ✓ **Du PK 21 au PK 44 sur l'Aisne.**

L'ensemble de ces informations sont portées sur les cartes en Annexe 3.

### 3.3.3 Structure

#### 3.3.3.1 Casiers

Sur l'ensemble du linéaire modélisé, des casiers en lit majeur ont été définis pour dissocier les écoulements et les hauteurs d'eau nécessaires à la bonne reproduction des lignes d'eau historiques.

Un total de **26 casiers** a été défini, répartis de la manière suivante :

- ✓ 3 casiers en rive gauche de l'Aisne,
- ✓ 11 casiers en rive gauche de l'Oise,
- ✓ 12 casiers en rive droite de l'Oise.

Ces casiers sont représentés sur les cartes en Annexe 3.

#### 3.3.3.2 Liens d'échange

Les liens contrôlant les déversements entre le lit mineur et ces casiers ont été définis sur la base des données collectées sur les ouvrages et à partir des extractions du MNT.

Par ailleurs, des **liens d'échanges entre profils** ont également été définis entre la rive gauche de l'Oise et la rive droite de l'Aisne dans le secteur de la confluence Oise/Aisne. De la même manière, des liens d'échanges ont été définis entre certains profils de l'Oise. Cela permet de représenter des échanges ayant lieu directement entre ces profils, lorsque des méandres sont « coupés » par exemple.

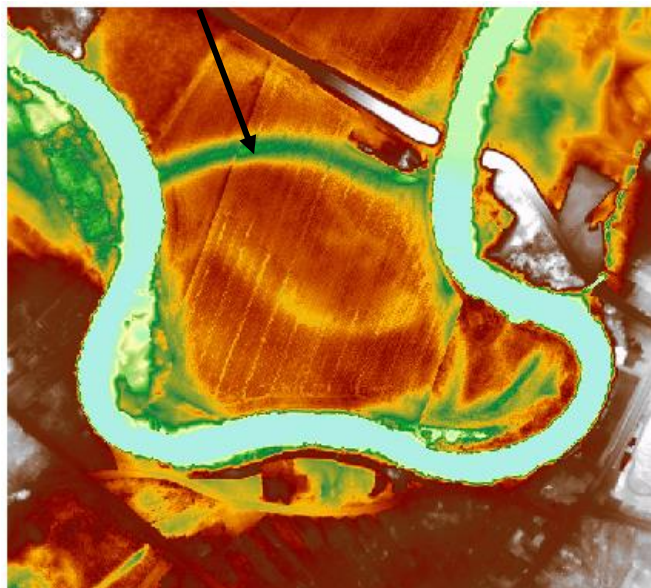


Figure 3-8 : Cas de figure d'un méandre "coupé" pour lequel des liens d'échanges sont définis entre les profils en travers de l'Oise

### 3.3.3.3 Prise en compte de l'aménagement de Longueil-Sainte-Marie

#### A- Présentation

L'aménagement dit de Longueil-Sainte-Marie a été réalisé par l'Entente Oise-Aisne entre 2005 et 2009 sur les communes suivantes : Chevrières, Houdancourt, Longueil-Sainte-Marie, Rhuis, Rivecourt, Pont-Sainte-Maxence, Pontpoint et Verberie.

Cet aménagement a pour but le **ralentissement dynamique des crues de périodes de retour comprises entre 20 et 30 ans**. Il est constitué de 5 casiers de stockage latéraux comme l'illustre la Figure 3-9 suivante.

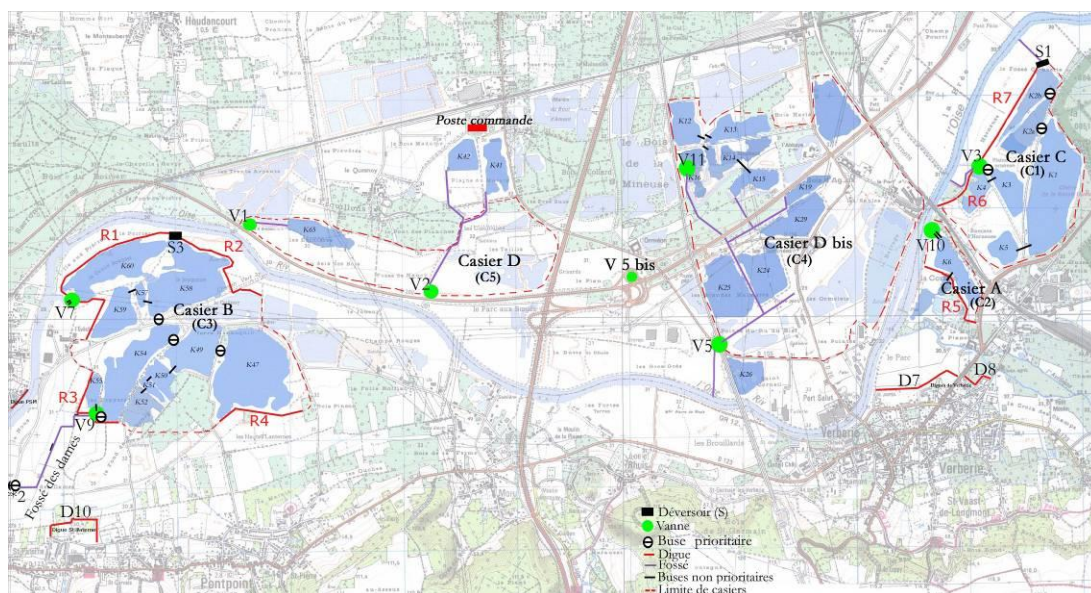


Figure 3-9 : Schéma de l'aménagement de Longueil

Les vanes apparaissent en points verts, les remblais « naturels » existant déjà lors des crues de 1993, 1995 et 2001 en traits rouges pointillés, les digues faisant partie de l'aménagement en traits rouges pleins.

La capacité de stockage total avoisine les 15 millions de m<sup>3</sup> selon Hydratec, 14 millions de m<sup>3</sup> selon l'Entente Oise-Aisne.

## B- Prise en compte pour la crue de référence

Bien que ces ouvrages ne soient **pas dimensionnés pour une crue centennale, ils ont été intégrés**, sur la volonté du comité de pilotage, à la modélisation de la crue de référence, afin de reproduire au mieux le comportement hydrodynamique dans l'état actuel.

Pour cela, les **profils en travers des étangs** issus du MNT ont été creusés à la cote maximale de rabattement, afin de traduire la vidange des étangs effectuée avant le passage d'une crue. Les **ouvrages** sont intégrés au modèle de la manière suivante :

- ✓ Les **vannes V3, V7 et V9** sont considérées comme fermées. Des liens d'échanges entre le cours d'eau et les casiers reproduisent cet état, alors que les autres vannes sont insérées en tant qu'ouvrages régulés ;
- ✓ Les **vannes V1 et V2** sont fermées en début de crue puis ouvertes quand l'Oise au droit de ces vannes atteint les cotes respectives de 31,00 m NGF et 31,15 m NGF. Elles restent ouvertes ensuite ;
- ✓ Les **vannes V5 et V10** sont fermées en début de crue puis ouvertes quand l'Oise au droit de ces vannes atteint 31,4 m NGF. Les vannes restent ouvertes jusqu'à ce que le débit s'inverse, c'est-à-dire jusqu'à ce que la vidange des casiers s'amorce. Les vannes sont ensuite rouvertes quand l'Oise atteint respectivement 29,9 m NGF et 30,4 m NGF ;
- ✓ La **vanne V11** est ouverte ou fermée selon les mouvements de la vanne V5 ;
- ✓ Les **seuils SE1, S1 et S3** sont intégrés en tant qu'ouvrages ;
- ✓ Les différentes digues et remblais sont représentés par des liens d'échanges entre casiers.

La modélisation de la crue de référence conduit à des volumes stockés dans l'aménagement de Longueil de l'ordre de 15 millions de m<sup>3</sup> ce qui est cohérent avec les données indiquées précédemment.

## C- Prise en compte pour les crues de calage et de validation

Cet aménagement n'existant pas pour les crues historiques simulées, un certain nombre de points ne sont pas représentés de la même manière pour les crues de calage et de validation que pour la crue de référence :

- ✓ Les profils en travers des étangs ne sont pas recreusés ;
- ✓ Les digues représentées en traits rouges pleins (réalisées entre 2005 et 2009) ne sont pas insérées à la géométrie du modèle. Des liens d'échanges existent entre les casiers, mais leurs cotes sont représentatives du terrain naturel et non des digues ;
- ✓ Les vannes ne sont pas insérées au modèle (transparence). Aussi, pour les rus/fossés sur lesquels des vannes sont installées, seuls les échanges cours d'eau/Oise sont intégrés.

### 3.3.4 Conditions initiales

#### 3.3.4.1 Régime transitoire

Les simulations réalisées pour les crues de calage/validation et pour la crue de référence sont menées en régime transitoire. Les conditions initiales permettent de renseigner les débits et hauteurs d'eau présents dans le modèle lors du premier pas de temps de calcul. Les conditions aux limites renseignées pour chacune des crues simulées modifient ensuite ces paramètres à chaque pas de temps de calcul. **Les conditions initiales n'ont donc une influence que sur les premiers pas de temps de calcul du modèle.**

#### 3.3.4.2 Durées de simulation

Les différentes crues simulées sont donc considérées sur plusieurs jours :

- ✓ Pour la crue de 1993 : du 22 décembre 1993 au 1<sup>er</sup> janvier 1994 ;
- ✓ Pour la crue de 1995 : du 26 janvier 1995 au 10 février 1995 ;
- ✓ Pour la crue de 2001 : du 19 mars 2001 au 6 avril 2001 ;
- ✓ Pour la crue centennale : sur 25 jours.

Par ailleurs, le pas de temps de calcul du modèle choisi est de **6 secondes**. Les conditions initiales n'influençant que les premiers pas de temps de calcul, cette influence ne dépasse donc pas le 1<sup>er</sup> jour de simulation. Aussi, **les pics de crues ne sont pas influencés par le choix de ces conditions initiales.**

#### 3.3.4.3 Conditions initiales retenues

Les conditions initiales retenues sont les mêmes pour l'ensemble des crues simulées. Elles ont une influence sur la stabilité des premiers pas de temps de calcul. Dans ce but, les conditions initiales renseignées sont les suivantes :

- ✓ Sur l'Oise en amont de la confluence avec l'Aisne : hauteur d'eau de 3 m et débit de 140 m<sup>3</sup>/s ;
- ✓ Sur l'Aisne : hauteur d'eau de 3 m et débit de 225 m<sup>3</sup>/s ;
- ✓ Sur l'Oise en aval de la confluence avec l'Aisne : hauteur d'eau de 3 m et débit de 365 m<sup>3</sup>/s.

## 3.4 Calage et validation

Une fois le modèle construit, un processus itératif de calage a été mis en œuvre suivi d'une validation. Les détails sur ces étapes sont donnés dans les paragraphes ci-dessous.

### 3.4.1 Principe

Le calage du modèle hydraulique a pour objectif la bonne représentation :

- ✓ des **hydrogrammes** aux stations de mesure (pic de débit, volume de la crue),
- ✓ des **hauteurs d'eau** pour la crue historique de calage retenue (1993), via les observations/mesures au droit des échelles limnimétriques, les laisses de crue et les lignes d'eau calculées par les autres modèles existant sur le secteur.

Le calage du modèle a été mené **en ajustant les coefficients de frottement** (coefficients de Strickler) du lit mineur et du lit majeur, ainsi que les pertes de charge à certains ouvrages. Les valeurs retenues pour ces paramètres ont été déterminées par des **tests itératifs** en modifiant légèrement leur valeur dans une démarche allant de l'aval vers l'amont.

Plusieurs sources de données (voir paragraphe 0) ont été utilisées pour juger de la bonne représentativité des hauteurs maximales calculées le long des vallées (lignes d'eau). Les laisses de crue étant relativement disparates, il a été privilégié de se rapprocher le plus possible des données suivantes par ordre de priorité :

- ✓ Les cotes issues du **modèle CSNE 2013**, c'est-à-dire dans sa version la plus aboutie en termes de convergence entre les modèles réalisés sur le secteur d'étude,
- ✓ La ligne d'eau **CSNE 2008**, qui avait fait l'objet de multiples validations,
- ✓ Les **laisses « cohérentes »**, c'est-à-dire celles qui ne sont pas proches d'une multitude d'autres laisses avec des hauteurs très variables ou encore celles très proches des lignes d'eau CSNE.

La ligne d'eau du **modèle du SPC-EOA** a été utilisée pour se donner une idée de l'incertitude des lignes d'eau calculées. Sur les secteurs où des divergences étaient constatées entre les modèles, il n'a pas particulièrement été recherché de se rapprocher d'une ligne d'eau simulée par un modèle ou par un autre. Dans ces zones, les laisses ont été valorisées le plus possible.

Les coefficients de Strickler retenus varient dans les gammes suivantes :

- ✓ Entre 22 et 28 sur la partie amont de l'Oise non navigable,
- ✓ Entre 27 et 40 dans toute la partie navigable de l'Oise, de Compiègne à la confluence avec la Seine,
- ✓ Entre 7 et 13 dans le lit majeur de l'Oise,

- ✓ Entre 25 et 39 dans le lit mineur de l'Aisne,
- ✓ Entre 8 et 13 dans le lit majeur de l'Aisne.

Une fois ce calage réalisé, une validation est effectuée sur les crues de 1995 et 2001 en termes d'hydrogrammes et de hauteur d'eau, afin d'en accréditer l'utilisation pour la simulation de la crue centennale.

### 3.4.2 Cas particulier de l'Aisne

Des doutes ont depuis longtemps été émis par la DREAL quant à la fiabilité des mesures de débits sur les stations de l'Aisne à Trosly Breuil et à Soissons. En effet, les chroniques de hauteurs d'eau enregistrées notamment lors de la crue de 1995 comportent le code « 5 » signifiant des valeurs « estimées » anciennement appelées « douteuses » sur le site de la Banque Hydro. Ce constat peut être étayé par la comparaison de la chronique de hauteur d'eau enregistrée à la station hydro de Trosly Breuil aux relevés effectués à l'écluse d'Hérant située à proximité immédiate.

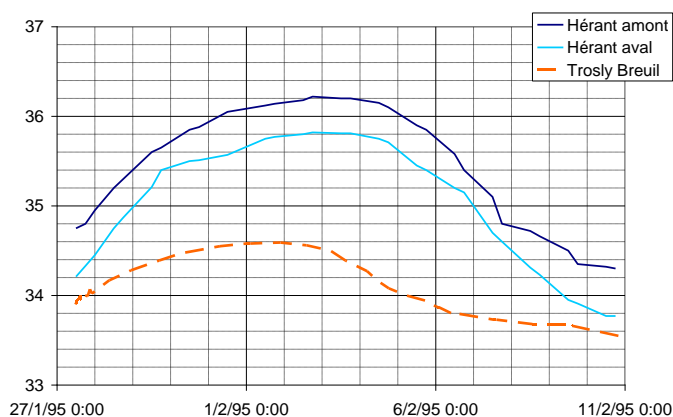


Figure 3-10 : Comparaison des relevés à l'écluse d'Hérant et des enregistrements à la station de Trosly-Breuil pour la crue de 1995

Aussi, on s'est réservé le droit d'ajuster à la marge les hydrogrammes d'apport sur l'Aisne de sorte à retrouver les laisses sur ce cours d'eau et le bon comportement hydrodynamique à Venette. Le même genre d'hypothèse a déjà été formulé dans le cadre du projet CSNE.

Les hypothèses réalisées pour chacune des crues simulées sont présentées ci-après.

### 3.4.3 Calage du modèle : crue de 1993

#### 3.4.3.1 Conditions aux limites

En amont de l'Oise, la condition limite renseignée correspond à l'hydrogramme de la crue mesurée à la station hydrométrique de **Sempigny**.

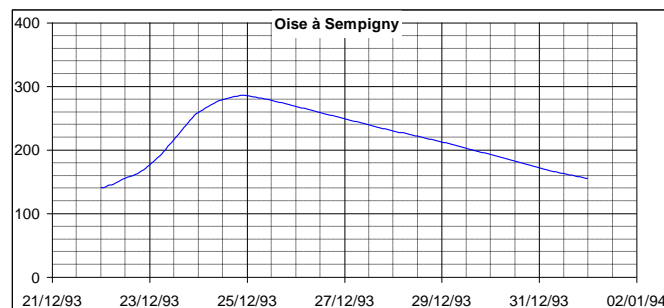


Figure 3-11 : Hydrogramme en condition limite amont de l'Oise pour la crue de calage de 1993

Pour l'Aisne, la condition limite amont se situe à **Soissons**, mais l'injection directe de l'hydrogramme mesuré à Soissons ne permet pas d'obtenir des lignes d'eau cohérentes avec les laisses de crue.

Les débits obtenus par le **modèle de propagation du SPC/Entente Oise-Aisne** permettent d'estimer l'hydrogramme en amont de la confluence (courbe rose) à partir des informations plus fiables de la station de **Berry-au-Bac**. L'injection de cet hydrogramme (obtenu à la confluence) à Soissons conduit aux résultats (courbe bleue) présentés sur la figure suivante. Pour éléments de comparaison, l'hydrogramme mesuré à la station de Trosly-Breuil (courbe orange) et celui injecté dans le modèle CSNE à Berry-au-Bac (courbe verte) sont également représentés.

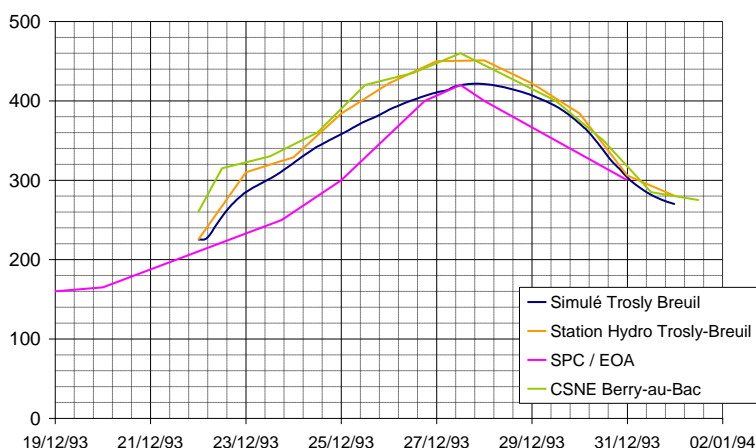


Figure 3-12 : Hydrogramme résultant de l'injection à Soissons du résultat du modèle de propagation du SPC/EOA

L'hydrogramme ainsi simulé à Trosly-Breuil (courbe bleue) a la même forme que celui mesuré (courbe orange). Par contre, le débit de pointe est très inférieur. Les résultats du modèle de propagation (courbe rose) étant obtenus à proximité de la confluence, cela n'a rien d'étonnant.



Aussi, il est retenu d'établir **l'hydrogramme à Soissons sur la base d'une homothétie de l'hydrogramme simulé par le modèle de propagation SPC/EOA à l'amont de la confluence Oise/Aisne** (courbe rose devenant courbe marron par homothétie sur la figure ci-dessous). Le débit de pointe ciblé pour cette homothétie est de **455 m<sup>3</sup>/s** (courbe marron). En effet, le débit de pointe à Berry-au-Bac est de l'ordre de 460 m<sup>3</sup>/s (courbe verte), alors que l'hydrogramme mesuré à Trosly Breuil fait état d'un débit de pointe de 450 m<sup>3</sup>/s environ (courbe orange).

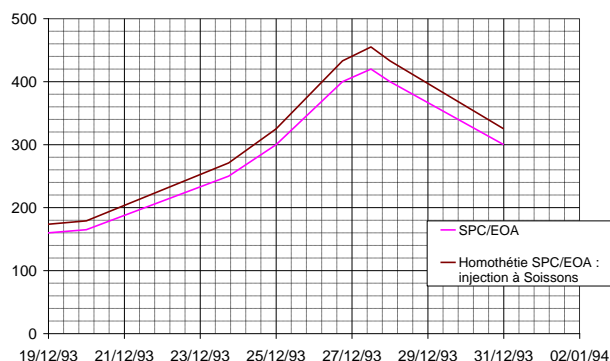


Figure 3-13 : Hydrogramme en condition limite amont de l'Aisne pour la crue de calage de 1993

Des **hydrogrammes d'apports intermédiaires** sont également imposés sur la **Brèche** et le **Thérain**. Ils sont établis à partir des chroniques enregistrées aux stations hydrométriques présentes sur ces cours d'eau et représentés sur la figure ci-après. Les autres cours d'eau, considérés comme peu contributeurs en regard des débits engagés pour la crue de 1993, n'ont pas été considérés.

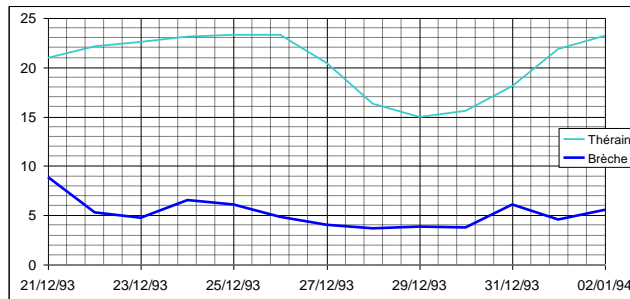


Figure 3-14 : Hydrogrammes d'apports de la Brèche et du Thérain pour la crue de calage de 1993

En aval, la condition limite imposée est le **limnigramme mesuré à l'Isle Adam**.

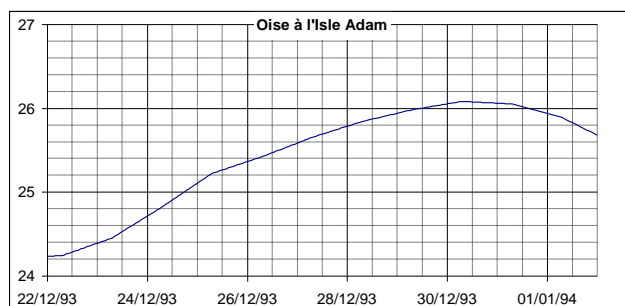


Figure 3-15 : Limnigramme en condition limite aval pour la crue de calage de 1993

### 3.4.3.2 Résultats de débits

Les débits calculés par le modèle, pour la crue de 1993, sous les conditions précédemment décrites, sont extraits au droit des stations hydrométriques.

Les débits de pointe simulés et enregistrés aux stations hydrométriques sont récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 3-2 : Comparaison des débits de pointe observés et simulés pour la crue de calage de 1993

Station hydrométrique	CRUCAL (débit de pointe observé)	Débit de pointe simulé	Écart
L'Aisne à Trosly Breuil	451	432	-4%
L'Oise à Pont Sainte- Maxence	640	638	0%
L'Oise à Creil	663	657	-1%

Les débits de pointe sur l'Oise sont plutôt bien reproduits. Sur l'Aisne, ce constat est plus nuancé. En effet, un écart de 4 % est constaté sur le débit de pointe. Cela est dû, d'une part, aux erreurs de mesure à la station, d'autant plus qu'elle n'est pas réputée fiable. D'autre part, cet écart peut également provenir des hypothèses effectuées pour la constitution de l'hydrogramme en condition limite amont de l'Aisne.

Les hydrogrammes enregistrés à Trosly-Breuil sur l'Aisne et à Pont-Sainte-Maxence sur l'Oise sont les suivants :

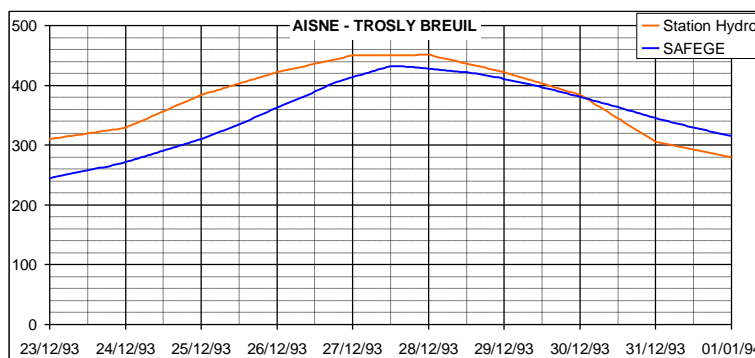


Figure 3-16 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Trosly Breuil pour la crue de 1993

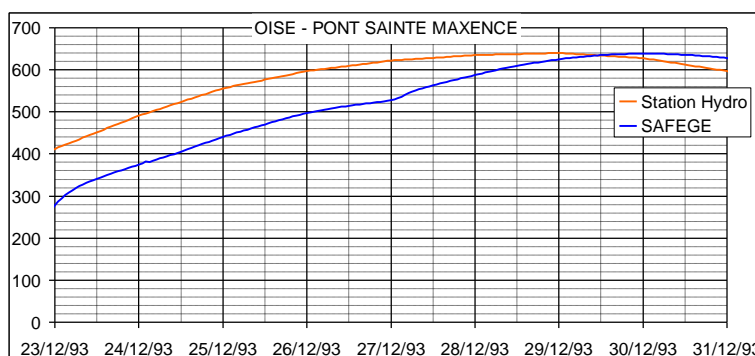


Figure 3-17 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 1993

Comme pour les débits de pointe, l'hydrogramme de l'Aisne à Trosly-Breuil est plutôt inférieur à celui enregistré. Sur l'Oise à Pont-Sainte-Maxence, le modèle a tendance à retarder les débits, mais les pics et volumes sont bien représentés.

### 3.4.3.3 Résultats de hauteurs

Les limnigrammes mesurés et simulés au droit des stations hydrométriques ou barrages VNF ayant fait l'objet de suivis pendant les crues sont représentés ci-après pour l'Aisne puis pour l'Oise.

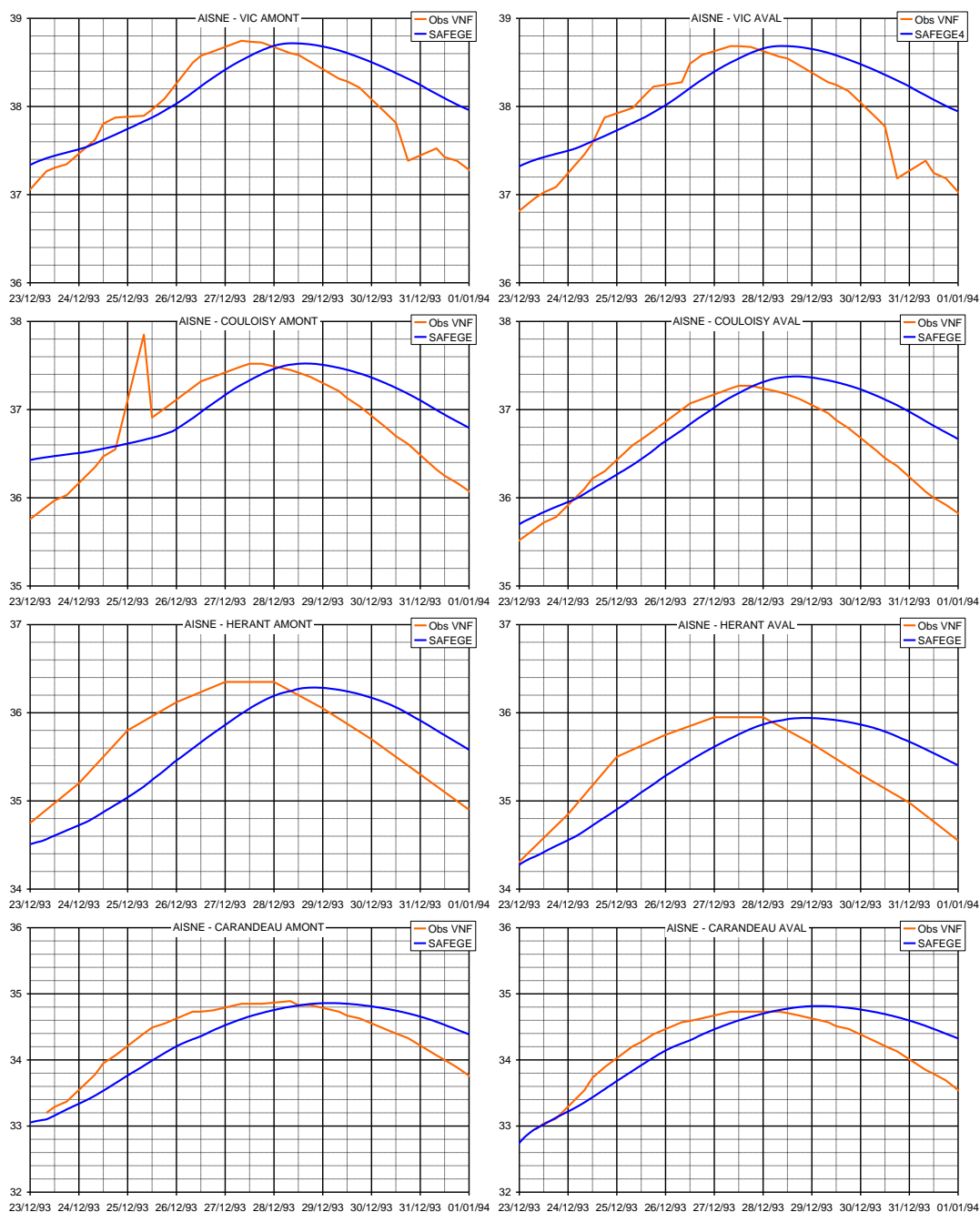


Figure 3-18 : Limnigrammes observés et simulés au droit des barrages de l'Aisne pour la crue de calage de 1993

Le pic particulier observé sur l'Oise à Couloisy amont provient probablement d'une erreur de relevé (potentiellement d'un mètre : relevé noté à 558 mais correspondrait plutôt à 458).

Les cotes maximales sont reproduites le plus fidèlement possible sur l'Oise, compte tenu des incertitudes résidant sur les débits.

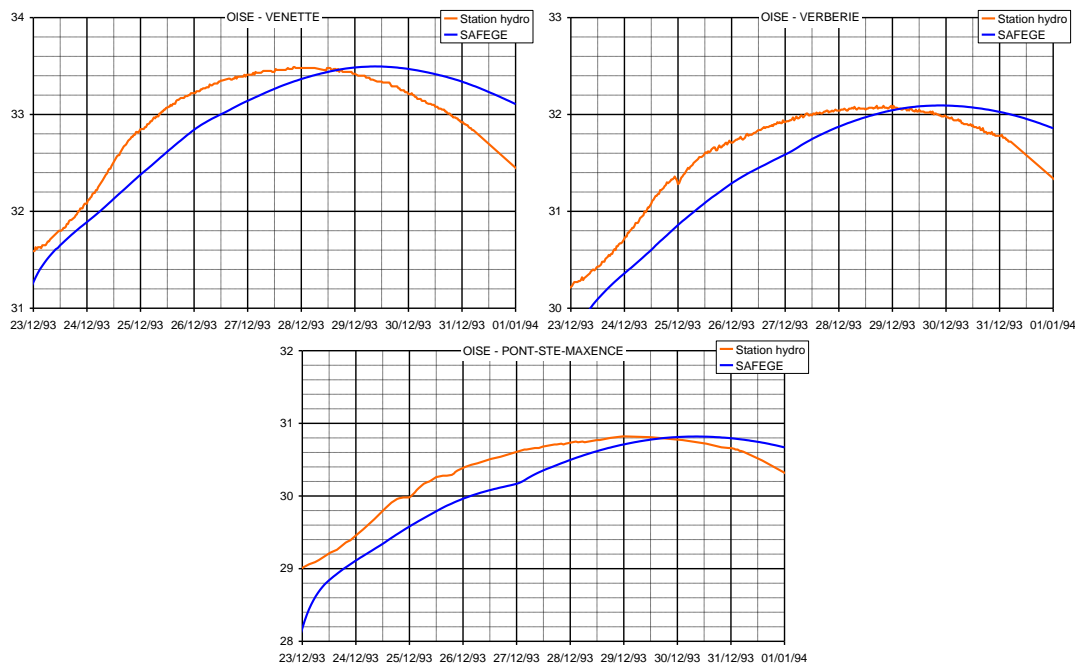


Figure 3-19 : Limnigrammes mesurés et simulés à Verberie, Venette et Pont-Sainte-Maxence pour la crue de calage de 1993

Les maximums de cote sur l'Oise sont bien représentés. Globalement, sur l'Aisne et sur l'Oise, la montée de crue est plutôt bien reproduite, bien que le modèle ait tendance à décaler dans le temps l'épisode.

En faisant figurer le maximum des cotes atteintes tout au long du linéaire d'étude, on obtient la ligne d'eau simulée pour la crue de 1993. Les lignes d'eau calculées par les autres modèles et les laisses de crues pour 1993 (voir paragraphe 0) sont également représentées sur les graphiques suivants.

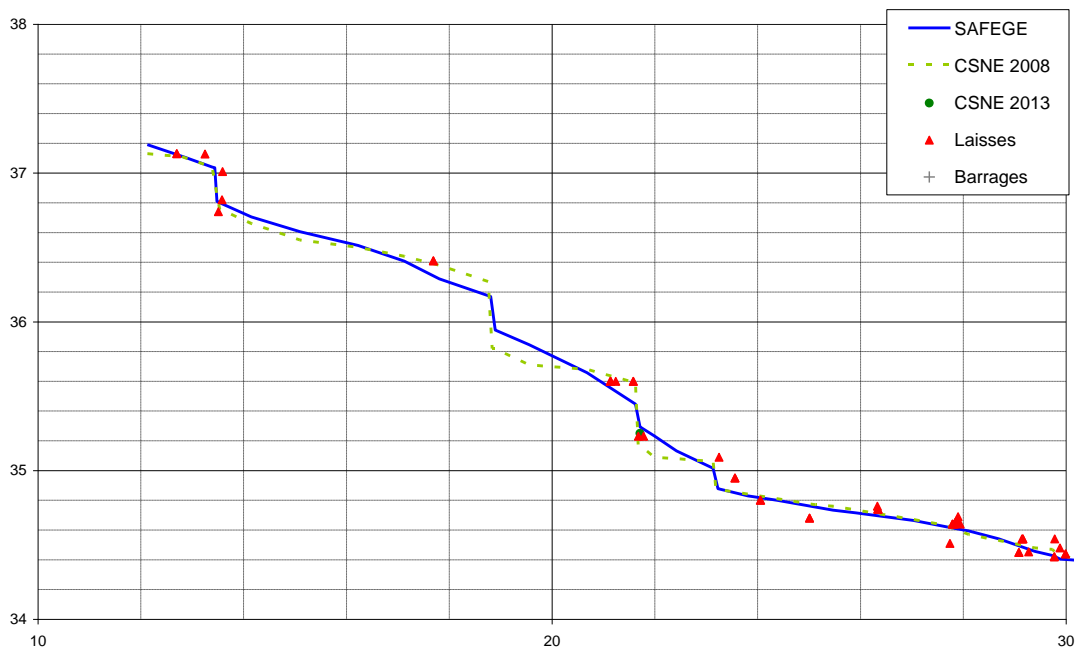


Figure 3-20 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 10 et 30 pour la crue de 1993

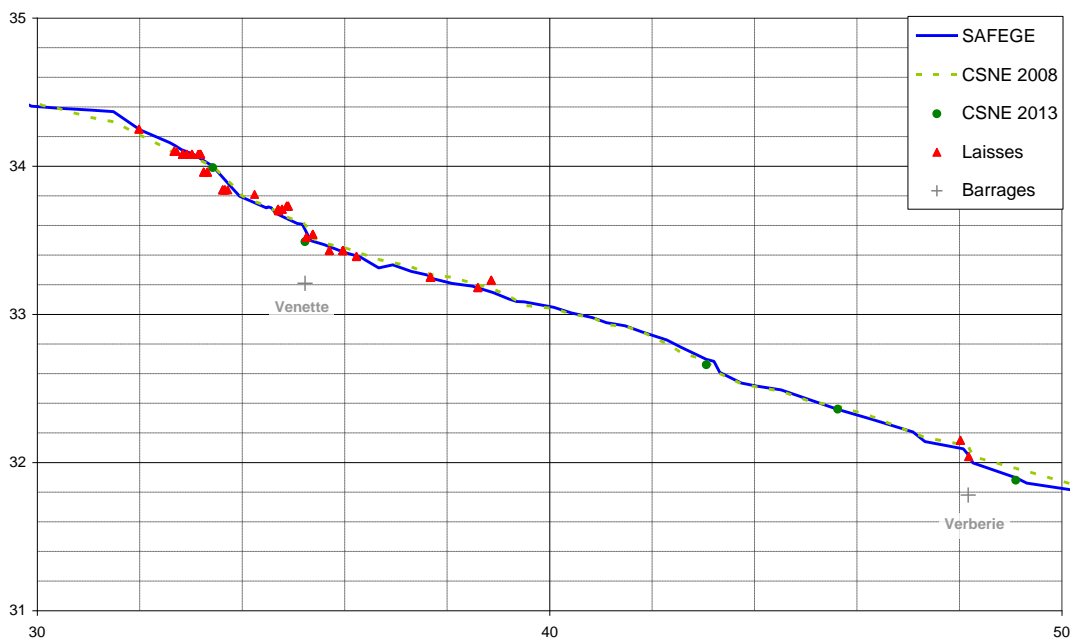


Figure 3-21 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 30 et 50 pour la crue de 1993

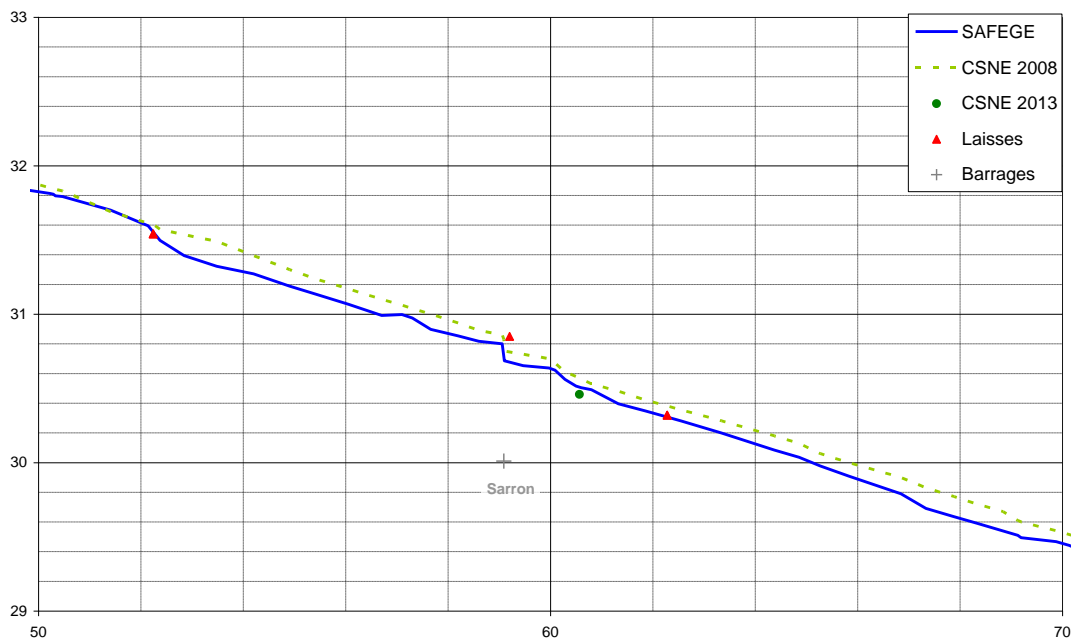


Figure 3-22 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 50 et 70 pour la crue de 1993

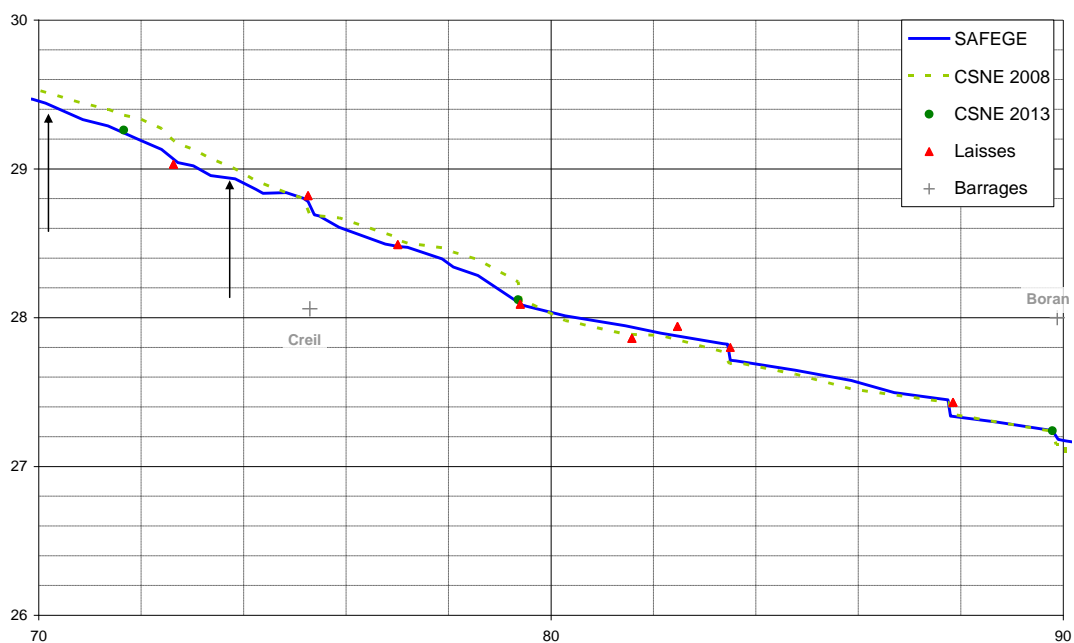


Figure 3-23 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 70 et 90 pour la crue de 1993

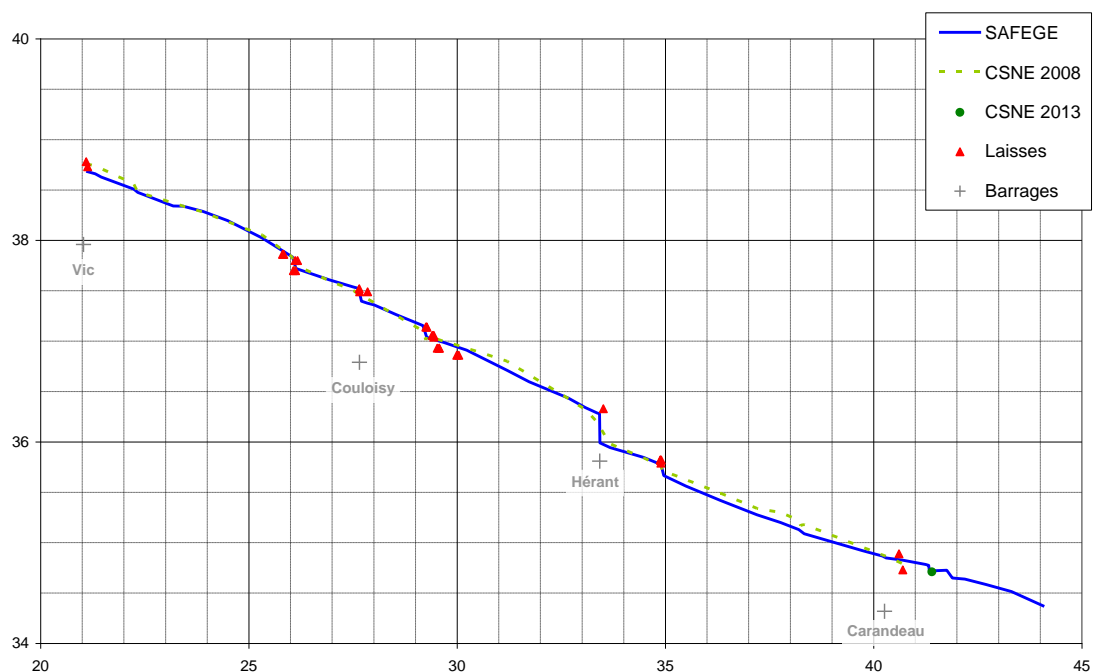


Figure 3-24 : Ligne d'eau simulée sur l'Aisne pour la crue de 1993

**Globalement, les hauteurs sont reproduites à moins de 10cm** sauf en quelques endroits très localisés, ce qui est notamment le cas du secteur compris entre les PK 18,5 et 21,5 sur l'Oise. En effet, à ces endroits les lignes d'eau simulées sont très influencées par les pertes de charge aux ouvrages : les pertes de charge ont été augmentées ici dans la limite des valeurs physiquement acceptables. La modification de la géométrie des ouvrages, qui pourrait conduire à une meilleure cohérence avec les lignes d'eau simulées dans les études CSNE, a été exclue.

De plus, une **cartographie de la zone** modélisée comme **inondée en 1993** a été établie sur la base de ces hauteurs maximales et du MNT LiDAR de 2013. Elle a fait l'objet d'une vérification/validation de la part du SPC sur la base d'une comparaison avec les cartes des zones inondées de la crue de 1993. Ces cartes ont été produites après le passage de la crue à partir de photos aériennes dans les domaines "visible" et "infra-rouge". Ponctuellement, elles ont été complétées par des enquêtes sur place auprès des acteurs locaux.

Globalement, les zones cartographiées comme inondées pour la simulation de la crue de 1993 sont **conformes à la connaissance du SPC**. La grande majorité des divergences concerne :

- ✓ des zones où le terrain naturel a subi des modifications car la cartographie des zones inondées en 1993 a été réalisée sur la base du levé LiDAR de 2013 : cela conduit ponctuellement à mettre hors d'eau des zones inondées en 1993 et remblayées depuis. Ces zones ont fait l'objet d'une vérification/validation en comité technique,
- ✓ des ponts pour lesquels le MNT ne fait pas état des tabliers mais des berges, d'où la représentation de zones inondables sur des ponts du SCAN25 au droit des cours d'eau,

- ✓ des secteurs où la présence de zones inondables est liée à la marge d'incertitude du modèle et des données topographiques (de l'ordre de quelques centimètres).

#### 3.4.3.4 Analyse

Les hydrogrammes et limnigrammes simulés représentent globalement bien les pics et les volumes. Néanmoins, le modèle a tendance à retarder l'arrivée et le pic de la crue : cette constatation est à relativiser dans la mesure où elle est souvent observée en modélisation hydraulique. La bonne reproduction des arrivées des pics de crue se fait souvent en sous estimant les hauteurs maximales, et réciproquement.

Dans le cadre de l'élaboration des PPRI, la bonne reproduction des cotes maximales de crue est primordiale, quitte à dégrader légèrement la cinétique de la crue (au contraire d'un modèle de prévision des crues par exemple). Dans ce cadre, on considère que **le calage présenté est donc bien adapté à la démarche PPRI.**



### 3.4.4 Validation du modèle : crue de 1995

#### 3.4.4.1 Conditions aux limites

Les crues de 1993 et 1995 sont relativement comparables. Les laisses de crue collectées pour ces deux épisodes sont représentées ci-dessous.

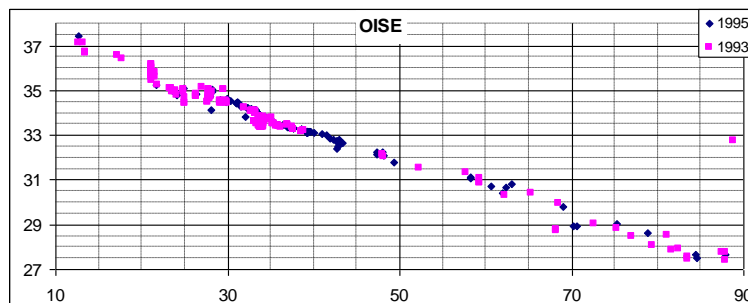


Figure 3-25 : Comparaisons des laisses de crues collectées sur l'Oise pour les crues de 1993 et 1995

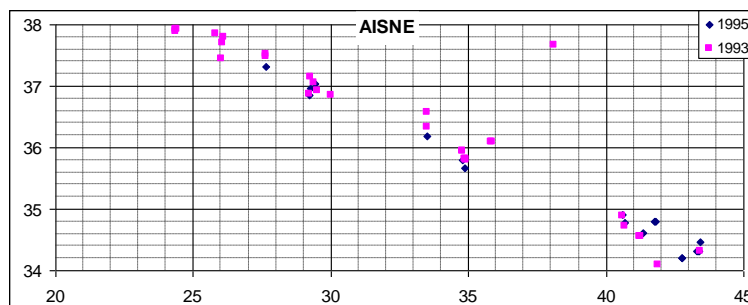


Figure 3-26 : Comparaisons des laisses de crues collectées sur l'Aisne pour les crues de 1993 et 1995

En termes de débits de pointe, les données collectées pour ces deux crues sont les suivantes :

Tableau 3-3 : Débits de pointe ( $m^3/s$ ) aux stations hydrométriques pour les crues de 1993 et 1995

	1993	1995
<b>Oise à Sempigny</b>	280	260
<b>Aisne à Soissons</b>	450	310
<b>Aisne à Trosly-Breuil</b>	450	310
<b>Oise à Pont-Sainte-Maxence</b>	640	660

Les débits sur l'Oise sont du même ordre de grandeur pour les deux crues ce qui est cohérent avec le constat fait sur les laisses : des hauteurs d'eau similaires sont obtenues à partir de débits similaires.

Par contre, **sur l'Aisne, un écart important en termes de débits de pointe est constaté**, ce qui n'est pas logique compte tenu de la comparaison des laisses pour les crues de 1993 et 1995. Ce constat est également établi dans le rapport de calage du modèle CSNE. Il a conduit à augmenter de  $100 m^3/s$  le débit injecté sur l'Aisne pour la modélisation CSNE de la crue de 1995. Les tests menés dans le cadre des PPRI ont conduit à la même observation. Pour pallier cette incohérence, l'hydrogramme injecté en condition limite amont sur l'Aisne est multiplié par un **facteur correctif**,

permettant d'obtenir par le modèle, **le bon débit de pointe à la station de Pont-Sainte-Maxence.**

Les hydrogrammes imposés en condition limite amont, à Sempigny sur l'Oise et Soissons sur l'Aisne, sont représentés ci-après. L'hydrogramme mesuré à Soissons y figure également.

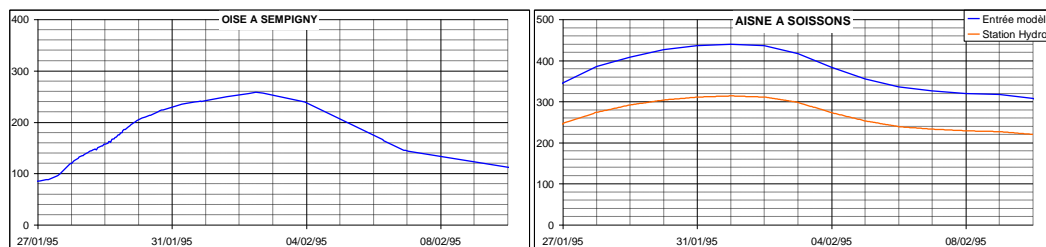


Figure 3-27 : Hydrogrammes aux conditions limites amont pour la crue de validation de 1995

Des **hydrogrammes d'apports intermédiaires** sont également imposés sur la **Brèche** et le **Thérain**. Ils sont établis à partir des chroniques enregistrées aux stations hydrométriques présentes sur ces cours d'eau et représentés sur la figure ci-après. Les autres cours d'eau, considérés comme peu contributeurs en regard des débits engagés pour la crue de 1995, n'ont pas été considérés.

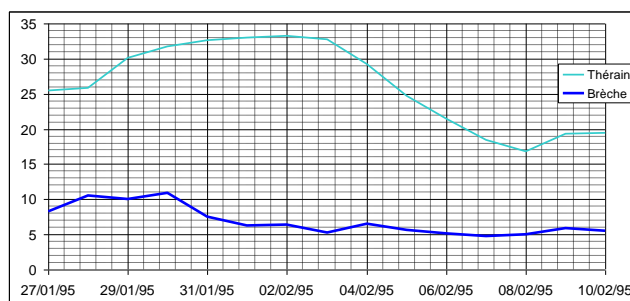


Figure 3-28 : Hydrogrammes d'apports de la Brèche et du Thérain pour la crue de validation de 1995

La condition limite aval imposée est le **limnigramme mesuré à l'Isle Adam** représenté ici.

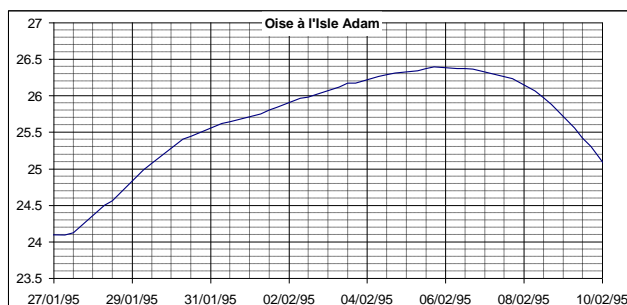


Figure 3-29 : Limnigramme en condition limite aval pour la crue de calage de 1995

### 3.4.4.2 Résultats de débits

La comparaison des débits obtenus par la modélisation et ceux observés aux stations hydrométriques sur le secteur d'étude est à prendre avec précaution compte tenu des hypothèses réalisées.

Les débits de pointe simulés et enregistrés aux stations hydrométriques sont récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 3-4 : Comparaison des débits de pointe observés et simulés pour la crue de validation de 1995

Station hydrométrique	CRUCAL (débit de pointe observé)	Débit de pointe simulé	Écart
L'Aisne à Trosly Breuil	314	436	39%
L'Oise à Pont Sainte- Maxence	665	659	-1%
L'Oise à Creil	689	688	0%

La comparaison des débits à Trosly-Breuil est à mettre en perspective avec le constat formulé précédemment. Le facteur correctif appliqué à l'hydrogramme injecté en amont de l'Aisne est déterminé de sorte à reproduire correctement le débit de pointe à Pont-Sainte-Maxence. En ce sens, **les débits obtenus à Trosly-Breuil sont très proches de ceux obtenus dans le cadre de l'étude CSNE version 2013 (434 m<sup>3</sup>/s). Les débits de pointe à Pont-Sainte-Maxence et Creil sont quant à eux bien reproduits.**

Les comparaisons des hydrogrammes sont les suivantes :

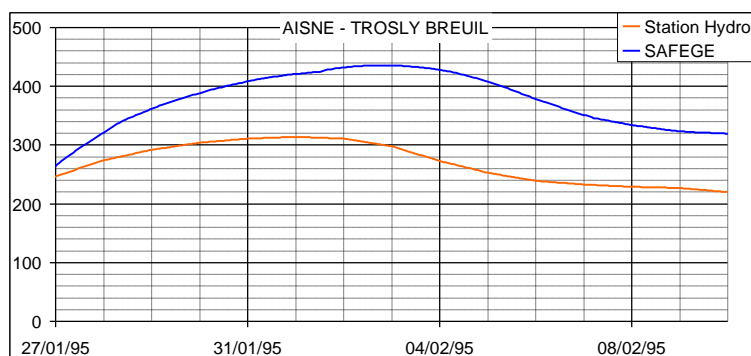


Figure 3-30 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Trosly-Breuil pour la crue de 1995

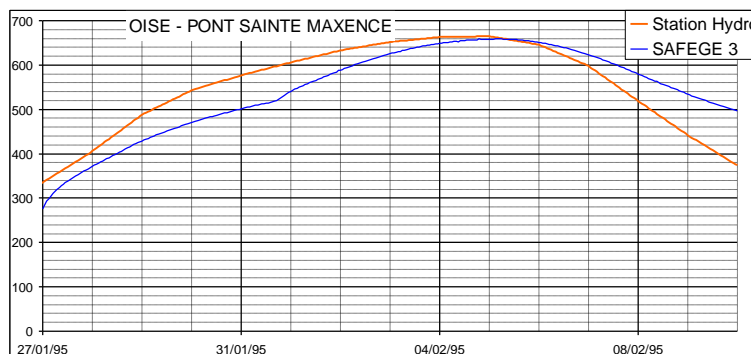


Figure 3-31 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 1995

### 3.4.4.3 Résultats de hauteurs

Les graphiques suivants permettent la comparaison des limnigrammes de l'Aisne et de l'Oise au droit des stations hydrométriques et des barrages ayant fait l'objet de relevés pendant cette crue.

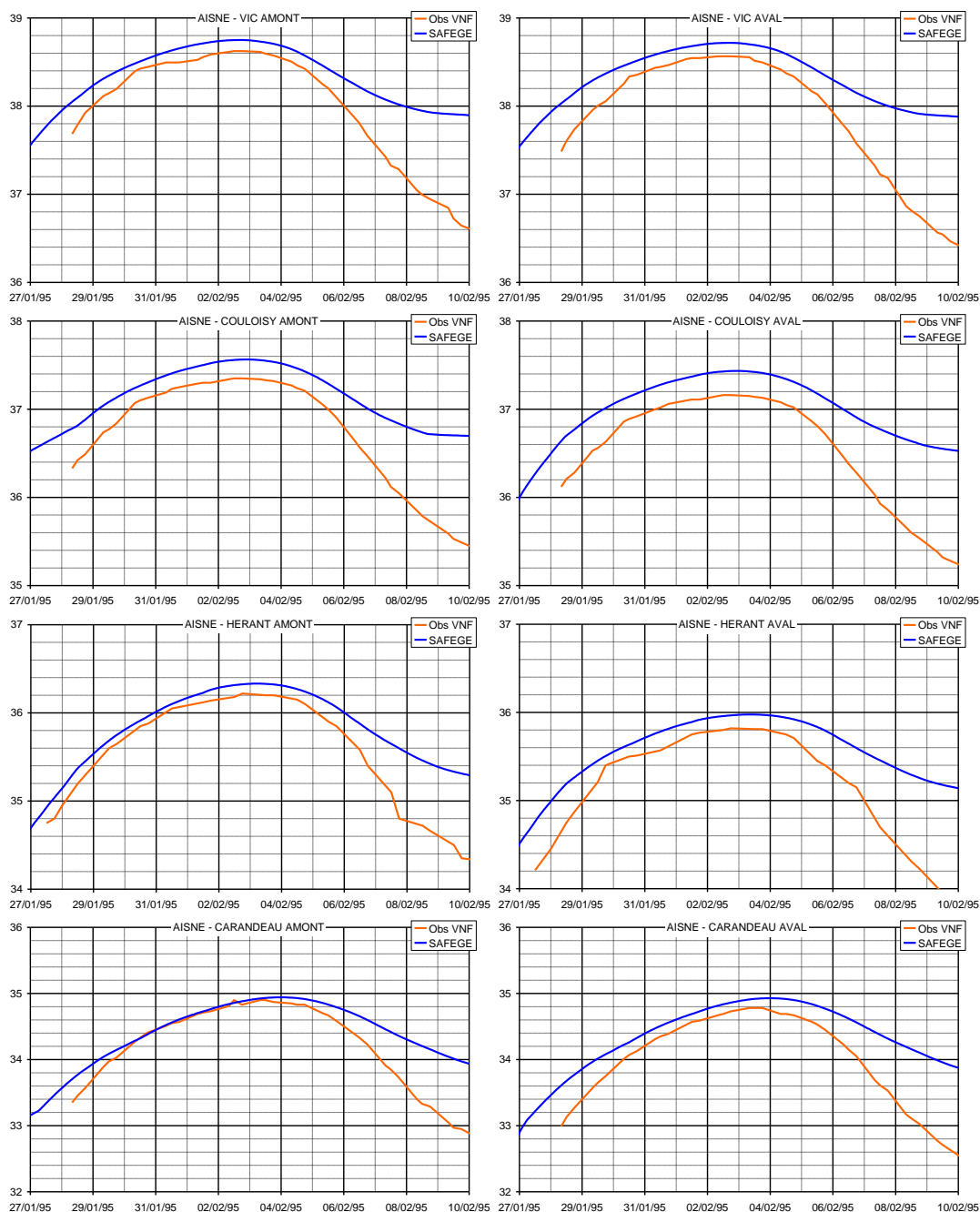


Figure 3-32 : Limnigrammes mesurés et simulés aux barrages de l'Aisne pour la crue de 1995

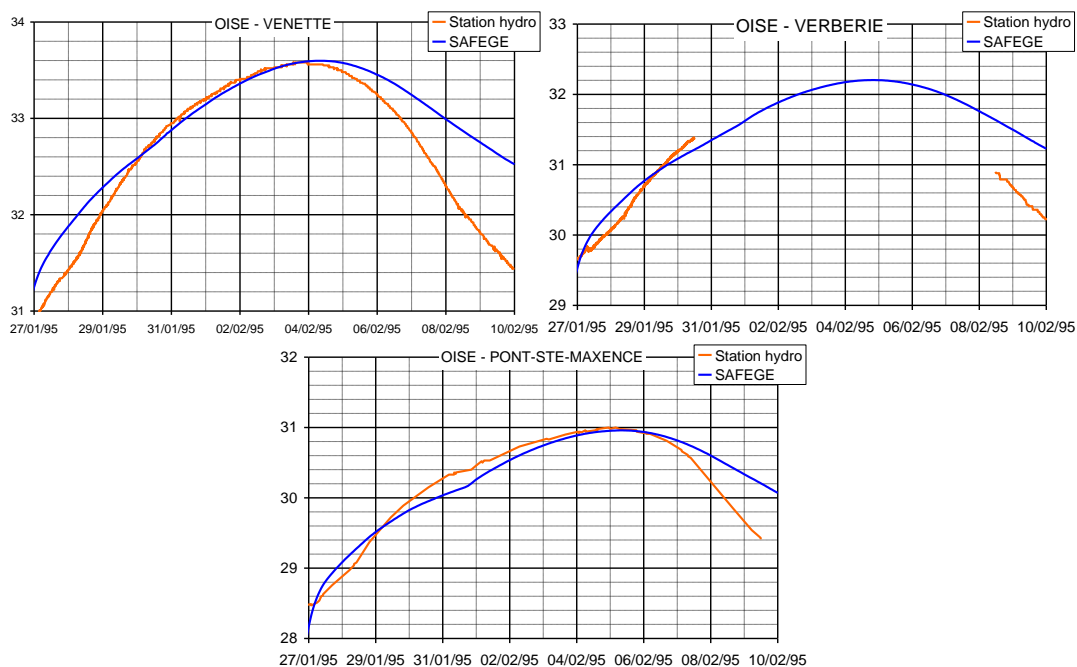


Figure 3-33 : Limnigrammes mesurés et simulés à Verberie, Venette et Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 1995

Les limnigrammes simulés sur l'Aisne avoisinent ceux observés en termes de forme mais tendent à surestimer les cotes. Ce constat est lié à l'incertitude reposant sur les débits de l'Aisne.

Il est à noter que les mesures au droit de Verberie ne font pas état du pic de crue. Elles s'arrêtent au 30 janvier et reprennent le 8 février, ce qui ne permet pas de juger la bonne représentativité du modèle à Verberie. A Venette et Pont-Sainte-Maxence, les limnigrammes représentent fidèlement les observations historiques.

Les lignes d'eau simulées et les différentes informations collectées sur les cotes maximales pour la crue de 1995 sont représentées ci-après.

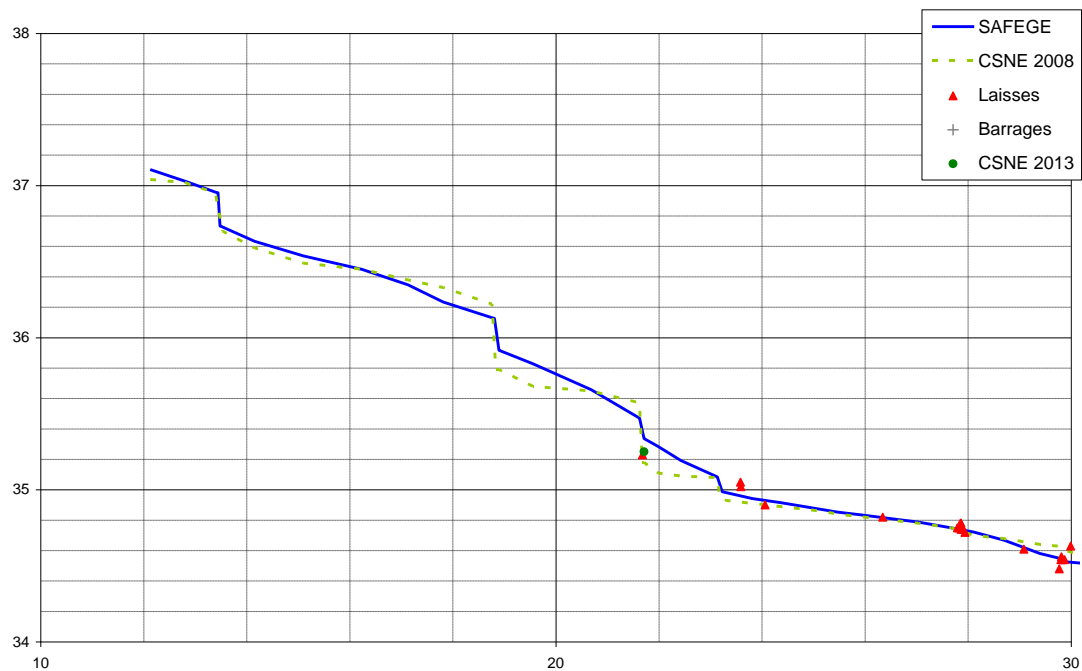


Figure 3-34 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 10 et 30 pour la crue de 1995

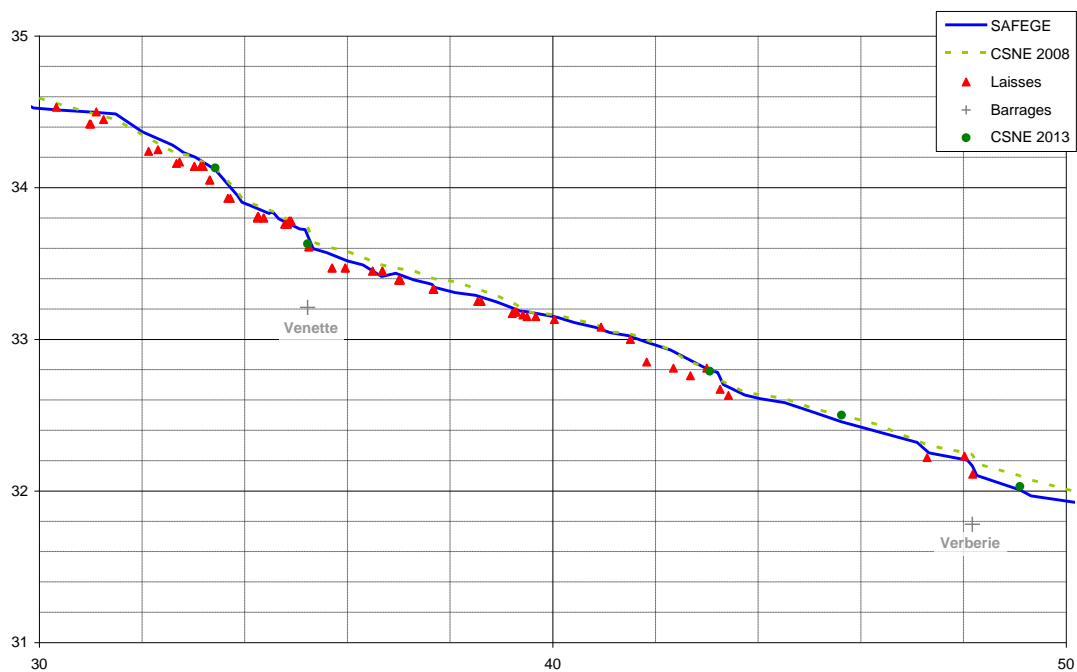


Figure 3-35 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 30 et 50 pour la crue de 1995

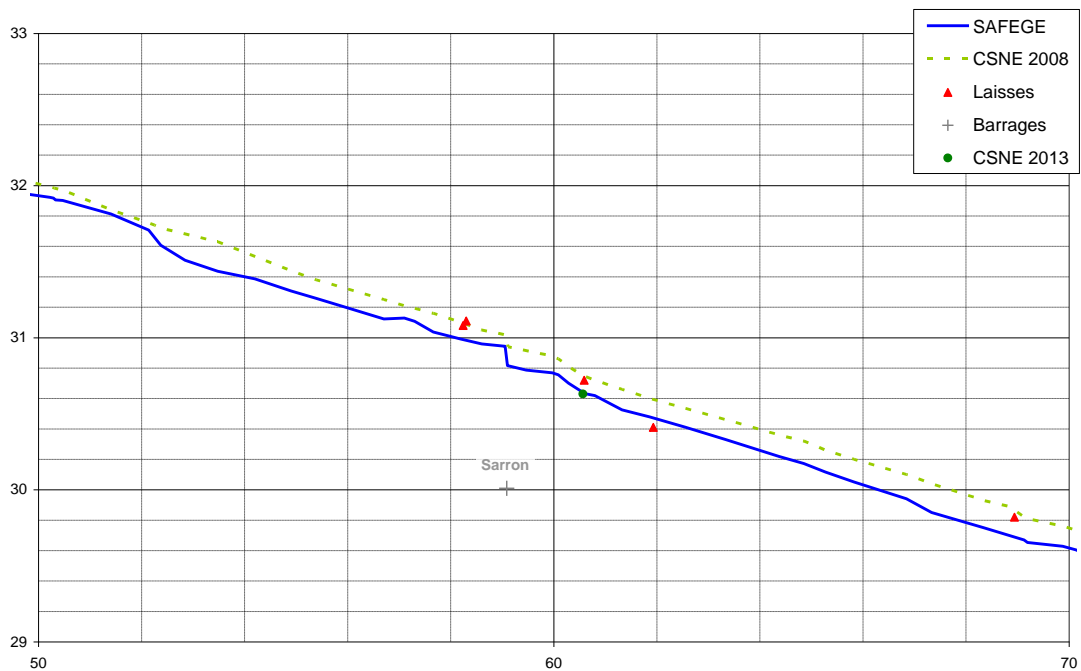


Figure 3-36 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 50 et 70 pour la crue de 1995

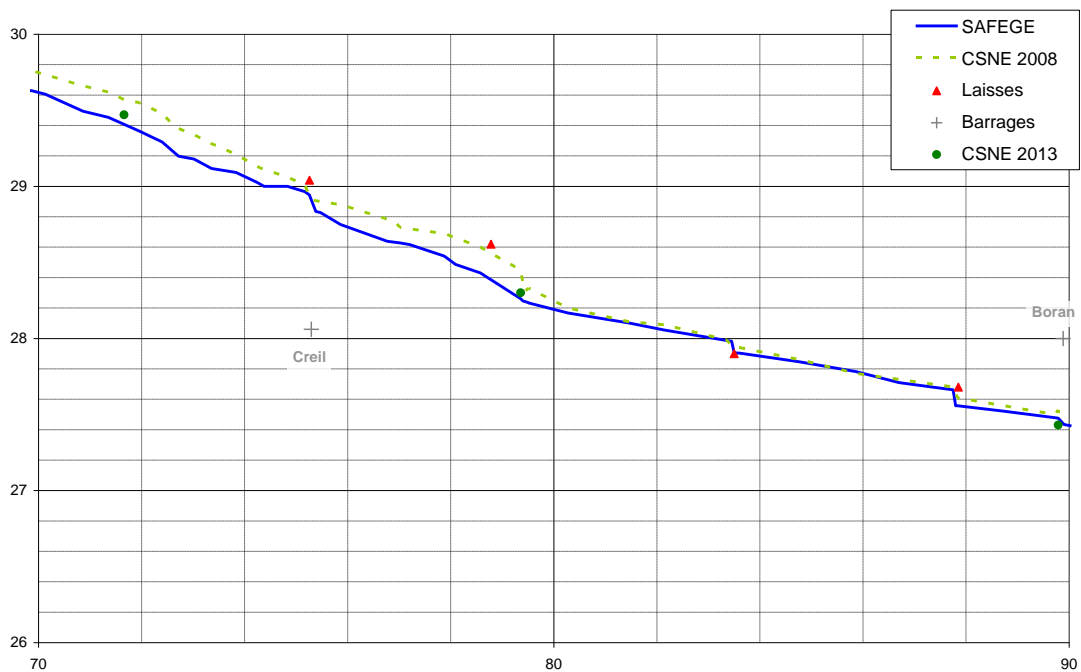


Figure 3-37 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise entre les PK 70 et 90 pour la crue de 1995

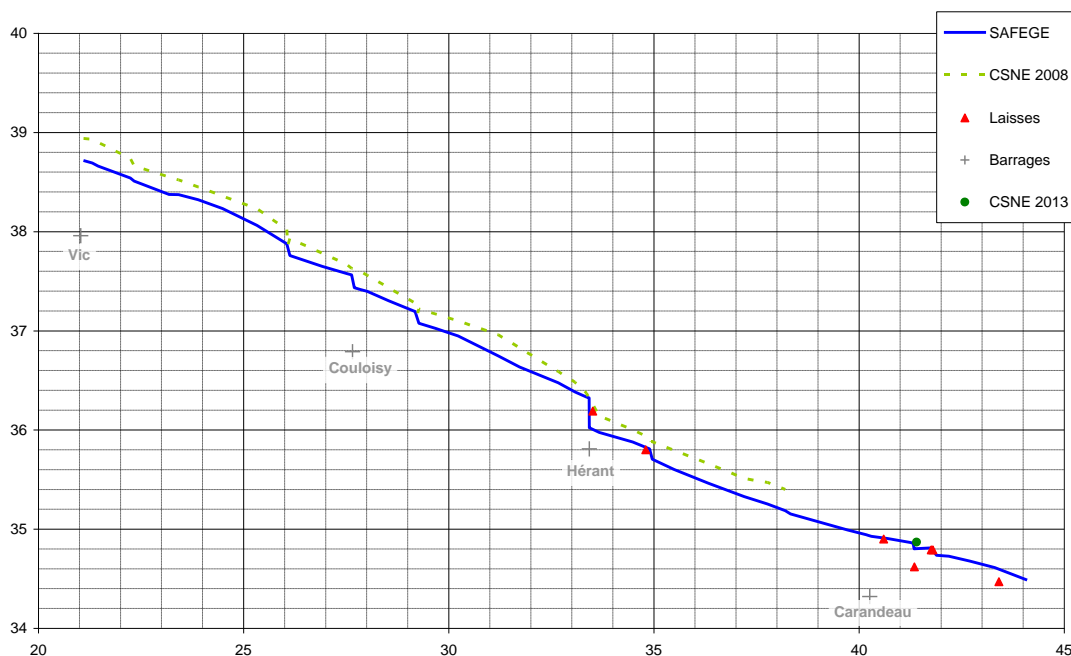


Figure 3-38 : Ligne d'eau simulée sur l'Aisne pour la crue de 1995

Les lignes d'eau simulées correspondent bien aux données CSNE de 2013 et ne s'écartent globalement pas à plus de 10cm des laisses « cohérentes », sauf pour le secteur de l'Oise compris entre les PK 18,5 et 21,5.

Dans ce secteur, la ligne d'eau diffère de celle du modèle CSNE 2008 d'une dizaine de cm. Cet écart, déjà constaté lors du calage, est imputable à la représentation des ouvrages en fonction des modèles utilisés. La ligne d'eau calculée par SAFEGE à cet endroit reste bien du bon ordre de grandeur, compte tenu de la variabilité des résultats des autres modèles sur cette zone.

#### 3.4.4.4 Analyse

La crue de 1995 est du même type que celle de 1993, tant en termes de débits en jeu que de hauteurs d'eau. Il a donc été décidé de corriger les débits injectés sur l'Aisne, en utilisant le même type d'hypothèses que celles posées dans le cadre de la modélisation CSNE.

Il est donc difficile de valider la bonne représentativité des débits par le modèle mis en œuvre ici, puisque ceux-ci correspondent à ceux observés sur l'Oise, de par les hypothèses réalisées.

Néanmoins, il a été possible de conclure qu'**une fois les débits bien représentés, les cotes maximales atteintes sont en bonne correspondance avec celles attendues.**

#### 3.4.5 Validation du modèle : crue de 2001

Compte tenu des incertitudes posées par la validation de la crue de 1995, il a été décidé de valider le modèle sur une deuxième crue débordante. La crue de 2001 a été choisie car quelques laisses sont présentes pour cette crue dans le secteur. Elle n'est toutefois pas du même type que les crues de 1993 et 1995.



### 3.4.5.1 Conditions aux limites

Les hydrogrammes injectés en amont du modèle, sur **l'Oise à Sempigny** et **l'Aisne à Soissons**, sont représentés ci-dessous.

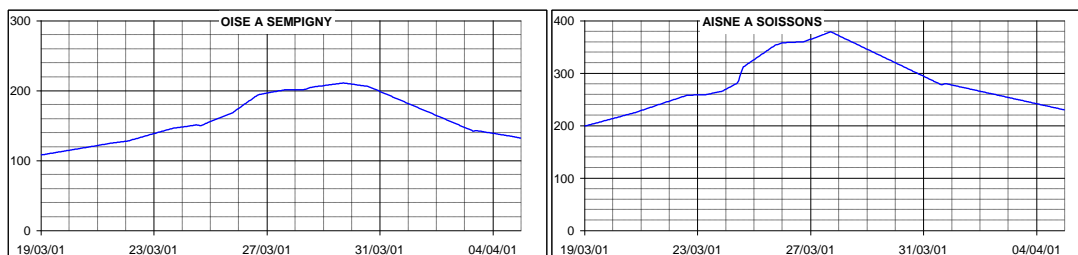


Figure 3–39 : Hydrogrammes aux conditions limites amont pour la crue de validation de 2001

Des **hydrogrammes d'apports intermédiaires** sont également imposés pour le **Matz**, la **Divette**, l'**Aronde**, l'**Automne**, la **Brèche** et le **Thérain** et la **Nonette**. Un hydrogramme supplémentaire a également été intégré de sorte à représenter tous les autres apports. Cet hydrogramme est distribué le long de l'Oise et permet de prendre en compte les apports des autres rus et du ruissellement des versants. En effet, la crue de 2001 étant moins importante que les crues de 1993 et de 1995, la prise en compte de ces apports intermédiaires ne peut être négligée pour la bonne reproduction des débits.

L'ensemble de ces hydrogrammes est présenté sur la Figure 3–40 suivante.

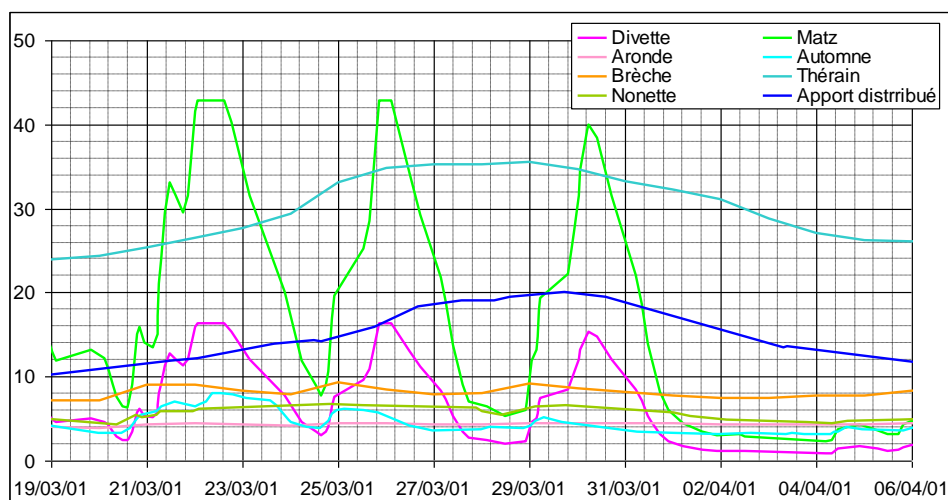


Figure 3-40 : Hydrogrammes d'apports intermédiaires pour la crue de validation de 2001

Ces hydrogrammes sont établis à partir des chroniques enregistrées aux stations hydrométriques présentes sur chacun des cours d'eau. Le Matz n'étant pas suivi par une station, l'hydrogramme d'apport a été constitué sur la base de l'hydrogramme de la Divette proche, et du ratio des superficies des bassins versants. L'hydrogramme distribué a été défini à partir d'une homothétie de l'hydrogramme de l'Oise à Sempigny, avec un débit de pointe déterminé de sorte à reproduire correctement les débits sur le linéaire de l'Oise.

Le **limnigramme imposé à l'Isle Adam** en aval est le suivant :



Figure 3-41 : Limnigramme en condition limite aval pour la crue de validation de 2001

### 3.4.5.2 Résultats de débits

Sous ces conditions, les débits de pointe simulés et enregistrés aux stations hydrométriques sont récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 3-5 : Comparaison des débits de pointe observés et simulés pour la crue de validation de 2001

Station hydrométrique	CRUCAL (débit de pointe observé)	Débit de pointe simulé	Écart
L'Aisne à Trosly Breuil	369	369	0%
L'Oise à Pont Sainte- Maxence	599	599	0%
L'Oise à Creil	621	617	-1%

Les hydrogrammes correspondants à Trosly-Breuil sur l'Aisne et à Pont-Sainte-Maxence sur l'Oise, sont les suivants.

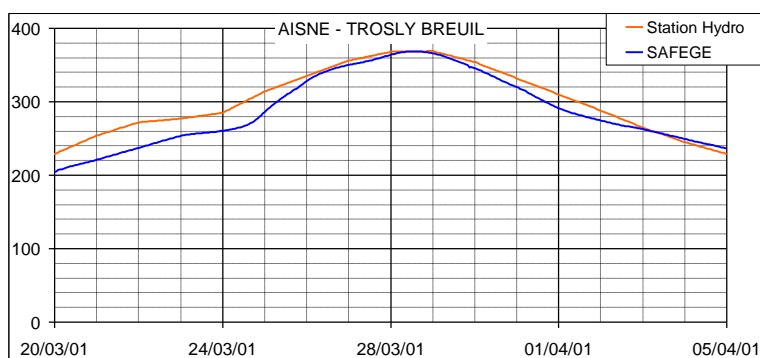


Figure 3-42 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Trosly-Breuil pour la crue de 2001

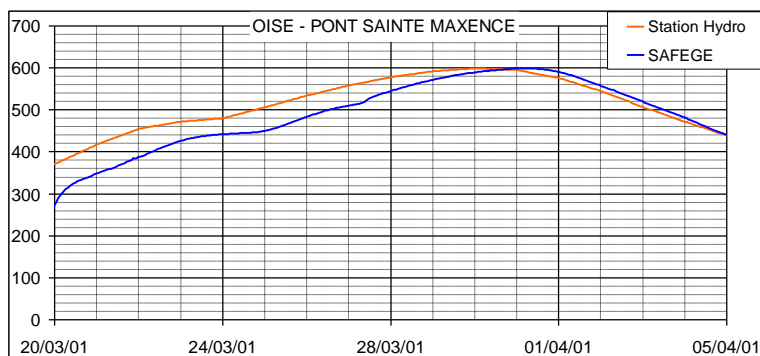


Figure 3-43 : Hydrogrammes mesuré et simulé à Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 2001

### 3.4.5.3 Résultats de hauteurs

Les limnigrammes obtenus à Venette et Pont-Sainte-Maxence sont représentés ci-dessous. Il est à noter que le limnigramme à Verberie n'est pas disponible pour cette crue.

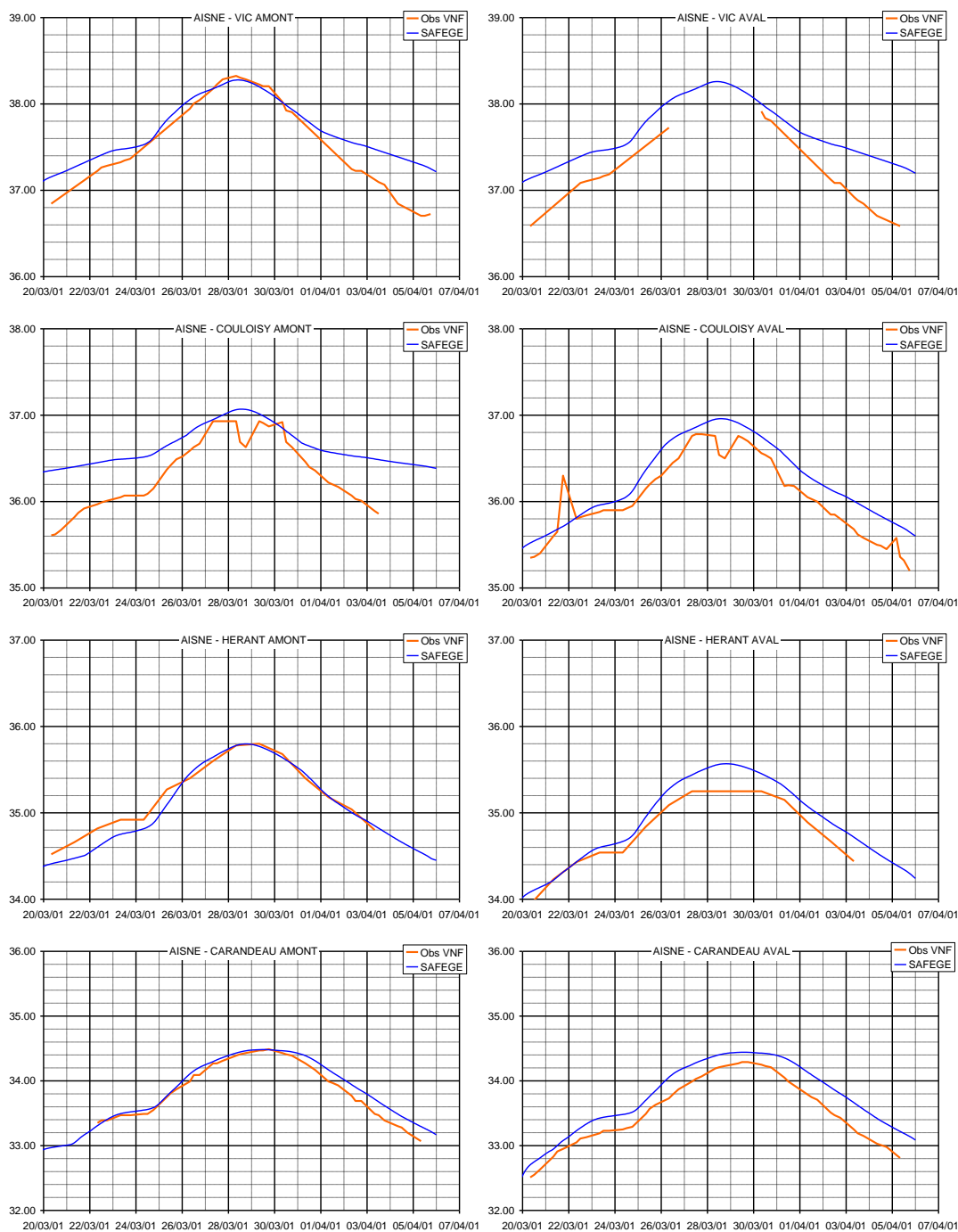


Figure 3-44 : Limnigrammes mesurés et simulés aux barrages de l'Aisne pour la crue de 2001

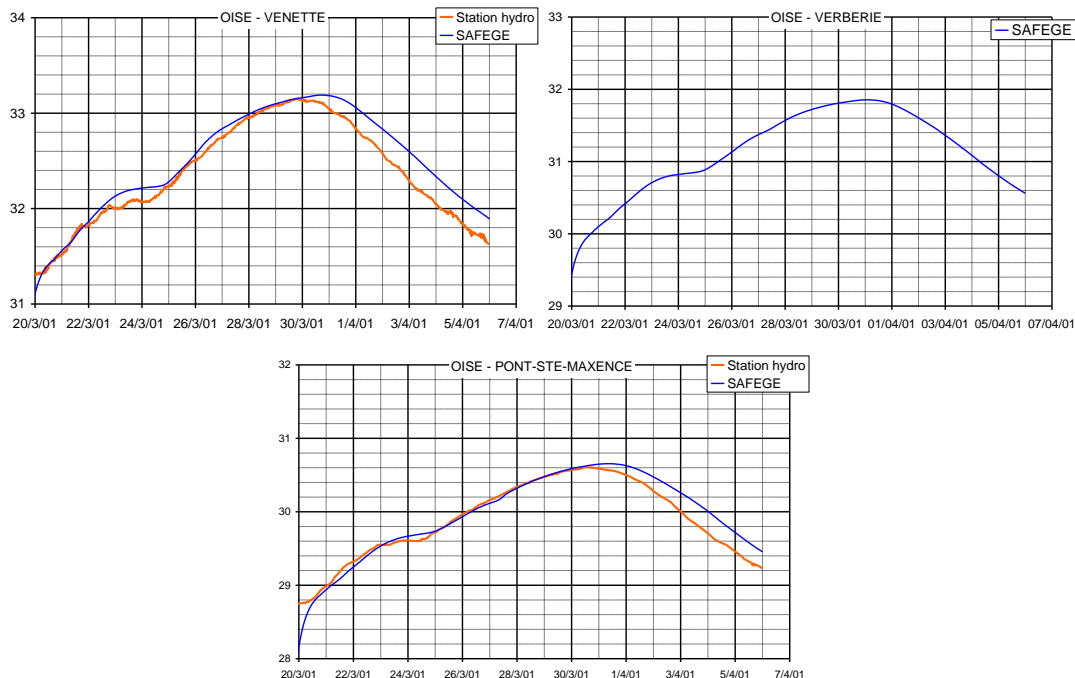


Figure 3-45 : Limnigrammes mesurés et simulés à Venette et Pont-Sainte-Maxence pour la crue de 2001

Compte tenu du fait que la crue de 2001 n'est pas du même type que celles de 1993 et 1995, les cotes sont plutôt bien reproduites. Une surcote de l'ordre de 3cm est néanmoins constatée à Venette.

Pour la crue de 2001, seules quelques laisses et les cotes CSNE version 2013 sont disponibles.

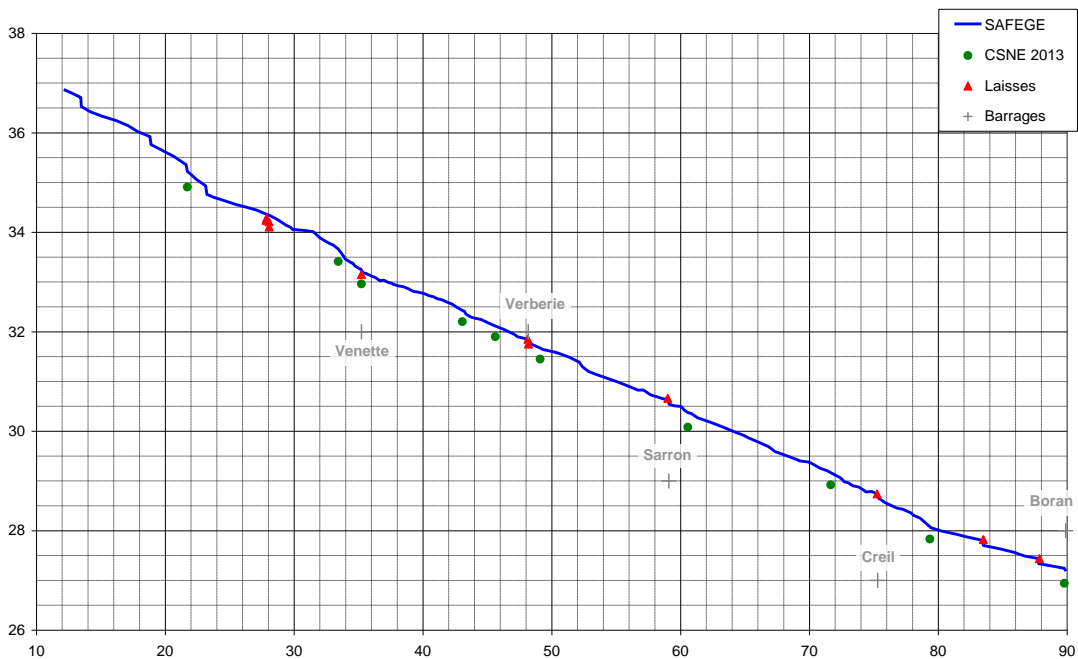


Figure 3-46 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise pour la crue de 2001 en intégrant un hydrogramme d'apports intermédiaires

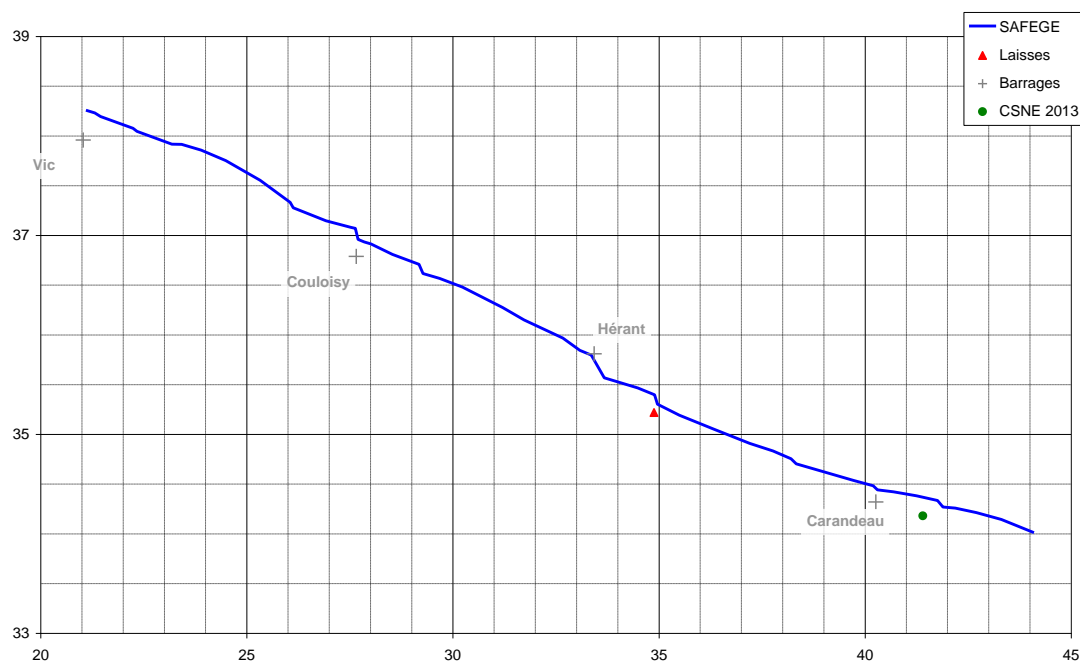


Figure 3-47 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise pour la crue de 2001 en intégrant un hydrogramme d'apports intermédiaires

Les lignes d'eau simulées sont **au-dessus des cotes** calculées dans le cadre du projet CSNE version 2013.

En effet, les **débits** simulés dans le cadre du projet CSNE **sont inférieurs d'une quarantaine de m<sup>3</sup>/s** à ceux observés aux stations de l'Oise, comme l'illustre le tableau ci-après. Les débits sur l'Aisne sont quant à eux bien reproduits. Ce constat est cohérent avec des lignes d'eau plus basses.

Tableau 3-6 : Débits de pointe observés et simulés par SAFEGE et dans le cadre du projet CSNE version 2013 pour la crue de 2001

Station hydrométrique	CRUCAL (observé)	Simulé SAFEGE	Simulé CSNE 2013
L'Aisne à Trosly Breuil	369	369	371
L'Oise à Pont Sainte-Maxence	599	599	554
L'Oise à Creil	621	617	559

Des tests ont été effectués dans le cadre de la modélisation pour les PPRI. **En excluant les apports intermédiaires, les débits et lignes d'eau simulés correspondent à ceux obtenus dans la version 2013 de la modélisation du projet CSNE.** Ce constat confirme donc la nécessaire prise en compte de tous ces affluents dans le cadre de la crue de 2001.

Ceci peut s'expliquer par le fait que dans le cas des crues de 1995 et 1993, ces apports sont négligeables par rapport à ceux de l'Oise et de l'Aisne. Pour ces crues, les hauteurs en jeu sur l'Oise et l'Aisne sont si importantes qu'elles empêchent les affluents intermédiaires de s'écouler librement aux confluences. Mais pour la crue de 2001, qui est moins importante, ce phénomène de « blocage » est moins marqué, et les affluents constituent des apports potentiellement non négligeables.

Aussi, ici la bonne reproduction des laisses est donc privilégiée sur la reproduction de la ligne d'eau CSNE 2013, ces deux sources d'informations n'étant a priori pas compatibles. Les lignes d'eau calculées sont donc en **bonne correspondance avec les laisses** du secteur d'étude, même si celles-ci sont présentes en très faible nombre.

#### **3.4.5.4 Analyse**

Selon les sources d'information, les débits et hauteurs en jeu ne sont pas les mêmes. Néanmoins, **les simulations réalisées pour la crue de 2001 permettent d'associer des hauteurs cohérentes selon les débits considérés.**

A Venette, le modèle a tendance à légèrement surestimer les hauteurs d'eau, mais aucune information de débit n'est présente à cet endroit.

**Pour l'ensemble des crues historiques simulées dans le cadre du processus de calage/validation, le modèle a globalement fourni une très bonne restitution des hauteurs d'eau observées ou simulées par d'autres modèles, dans la mesure où les valeurs de débits étaient cohérentes. Pour la simulation de la crue centennale une attention particulière doit donc être portée aux reproductions des débits de pointe, afin de permettre un calcul fiable des cotes attendues.**

## 3.5 Crue de référence

La crue de référence du PPRI de l'Oise et de l'Aisne en amont de Compiègne, et des PPRI de l'Oise entre Compiègne et Pont-Sainte-Maxence et entre Brenouille et Boran est la crue centennale. Cette crue a été caractérisée dans le cadre de l'étude hydrologique globale du bassin versant de l'Oise, synthétisée dans la phase 1 de la présente étude.

### 3.5.1 Conditions aux limites

#### 3.5.1.1 Conditions amont

Comme développé précédemment, il est important de s'assurer de la bonne reproduction des débits de pointe pour la crue centennale le long du linéaire d'étude. Pour cela, divers hydrogrammes centennaux théoriques sont disponibles (issus de l'étude hydrologique globale du bassin versant de l'Oise, mise à jour début 2015) :

- ✓ Sur l'Oise en amont de la confluence avec l'Aisne : à Sempigny et au Plessis-Brion,
- ✓ Sur l'Aisne : à Soissons,
- ✓ Sur l'Oise en aval de la confluence avec l'Aisne : à Venette et à Creil.

Les conditions aux limites en amont du modèle sont les hydrogrammes synthétiques de **l'Oise à Sempigny** et de **l'Aisne à Soissons** représentés sur la figure suivante, les autres hydrogrammes théoriques mentionnés ci-dessus, ne servant qu'à la validation des débits obtenus par le modèle.

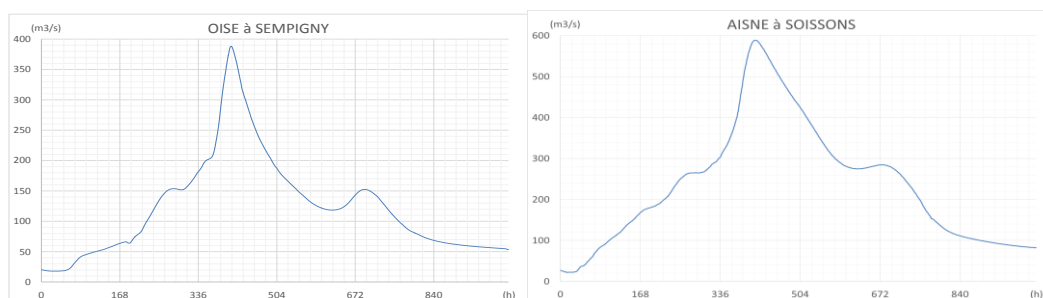


Figure 3-48 : Hydrogrammes aux conditions limites amont pour la crue centennale

D'autres apports intermédiaires ont été intégrés de sorte à reproduire correctement les débits au droit des différents points de contrôle (Plessis-Brion, Venette, Creil). Ces apports ont été définis par itérations successives de manière à atteindre les débits de pointe cibles aux points de contrôles de la vallée. Ces hydrogrammes sont les suivants :

- ✓ Hydrogrammes injectés ponctuellement entre l'Oise à Sempigny et la confluence Oise/Aisne, de sorte à reproduire les hydrogrammes au Plessis-Brion et à Venette,
- ✓ Hydrogramme distribué entre l'Aisne à Soissons et la confluence Oise/Aisne de sorte à reproduire l'hydrogramme à Venette,
- ✓ Hydrogramme du Thérain injecté à la confluence avec l'Oise.



Entre l'Oise à Sempigny et la confluence avec l'Aisne, les hydrogrammes ont été injectés ponctuellement au droit de la Divette, et du Matz et de l'Aronde sur la base des superficies des bassins versants. L'hydrogramme du Thérain est issu de l'étude hydrologique globale du bassin de l'Oise. Les autres hydrogrammes ont été calculés par intégration d'un facteur correctif aux hydrogrammes de base suivants :

- ✓ Hydrogramme de l'Oise à Sempigny, pour les hydrogrammes entre l'Oise à Sempigny et la confluence Oise/Aisne,
- ✓ Hydrogramme de l'Aisne à Soissons, pour l'hydrogramme distribué entre l'Aisne à Soissons et la confluence Oise/Aisne.

Au final, les hydrogrammes imposés aux conditions limites sont représentés ci-après.

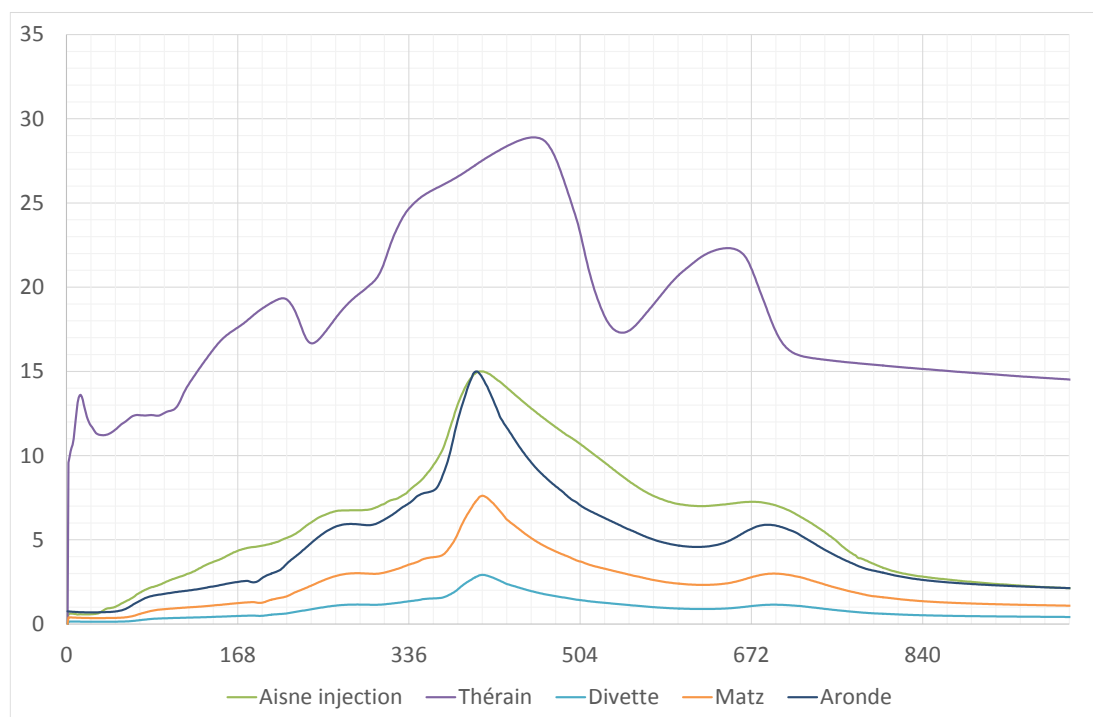


Figure 3-49 : Hydrogrammes aux conditions limites pour la crue centennale

### 3.5.1.2 Condition aval

#### A- Généralités

**En aval, la condition limite imposée se situe à la confluence Oise/Seine.** En effet, il n'est pas possible d'imposer de limnigramme théorique centennal à l'Isle Adam. Le principe retenu est donc d'imposer une cote en Seine, sans fixer davantage de conditions sur l'Oise. Plusieurs tests ont été menés et ont permis de conclure que le choix de cette condition aval n'était pas neutre : selon la cote imposée, la ligne d'eau peut être influencée jusqu'à Pont-Sainte-Maxence.

Sur le principe, l'opportunité de considérer une concomitance d'une crue centennale sur l'Oise avec un débit correspondant à un débit centennal en Seine (hauteur d'eau proche de celle de 1910) est à proscrire. En effet, la conjonction de ces deux événements correspond certainement à une occurrence supérieure à 100 ans sur les secteurs où l'influence de la Seine se fait ressentir. A ce titre, la possibilité de retenir une crue de moindre importance en Seine pour simuler la crue centennale de l'Oise est à privilégier.

**Aussi, une analyse particulière (analyse DEFRA) a été mise en œuvre pour déterminer quel type de crue en Seine conduit à un événement de probabilité centennale sur l'Oise, compte tenu des débits théoriques imposés sur l'Oise.**

## B- Principe de la méthode DEFRA

Le principe de la méthode DEFRA repose sur l'analyse de la probabilité conjointe de deux variables. La théorie développée ci-dessous provient du document DEFRA R&D Technical Report FD2308/TR2.

Si l'on considère des variables aléatoires bivariées (X, Y) avec des distributions marginales<sup>1</sup> identiques, une mesure de dépendance  $\chi$  spécialement adaptée à l'estimation de la dépendance de ces variables quand elles atteignent leurs extrêmes, peut être définie selon :

$$\chi = \lim_{z \rightarrow z^*} \Pr(Y > z | X > z)$$

avec  $z^*$  la limite supérieure des observations de la distribution marginale commune.

La mesure  $\chi$  donne une estimation de la probabilité que l'une des variables soit extrême en même temps que la deuxième.

Quand les distributions marginales ne sont pas supposées identiques, elles doivent être transformées de sorte à le devenir. Pour cela, il est possible de simplement trier les valeurs de chaque série d'observations séparément et de diviser chaque valeur par le nombre total d'observations de chaque série. Cette étape permet de transformer les variables X et Y en variables U et V de marge uniforme [0,1] par  $(U, V) = \{F_X(X), F_Y(Y)\}$ .

En pratique, la probabilité conjointe dépend de la fonction C de COPULE définie comme suit :

$$F(x, y) = \Pr(X \leq x, Y \leq y) \Leftrightarrow F(x, y) = C\{F_X(x), F_Y(y)\}$$

Cette fonction de copula peut être calculée dans l'intervalle [0,1] pour toute distribution marginale  $F_X$  et  $F_Y$ . Elle contient l'ensemble des informations concernant la distribution conjointe de X et Y.

Pour évaluer la dépendance conjointe des variables X et Y à partir d'un échantillon de couples  $[X_i, Y_i]$ , les calculs suivants doivent être effectués :

C est évalué à partir du facteur de dépendance  $\chi$  après la transformation de  $X(x)$  et de  $Y(y)$  en  $U(u)$  et  $V(u)$  avec  $0 < u < 1$  comme expliqué précédemment.

---

<sup>1</sup> La notion de **distribution marginale** renvoie à la distribution individuelle d'une variable aléatoire sans tenir compte de la covariation d'autres variables aléatoires. A partir de la distribution conjointe d'un ensemble de variables aléatoires est définie la distribution marginale de toutes les variables qui le composent.

$$\chi = \lim_{u \rightarrow 1} \chi(u) = \lim_{u \rightarrow 1} \Pr(V > u | U > u).$$

$$\Pr(V > u | U > u) = \frac{\Pr(U > u, V > u)}{\Pr(U > u)} \quad \chi = \lim_{z \rightarrow z^*} \Pr(Y > z | X > z).$$

$$\Pr(U \leq u, V \leq u) = \frac{\text{Number of } (X, Y) \text{ such that } X \leq x^* \text{ and } Y \leq y^*}{\text{Total number of } (X, Y)}$$

$$\Pr(U \leq u) = \left( \frac{\text{Number of } X \leq x^*}{\text{Total number of } X} \cdot \frac{\text{Number of } Y \leq y^*}{\text{Total number of } Y} \right)$$

$\chi(u)$

Une fois le facteur de dépendance  $\chi$  évalué et les fonctions de distributions  $F(X)$  et  $F(Y)$  établies, il est possible d'obtenir les courbes de dépassement conjoint. La probabilité d'un couple donné  $[X_n, Y_n]$  peut directement être lue sur ces courbes.

Des exemples de courbes sont donnés dans le paragraphe suivant.

### C- Mise en œuvre de la méthode DEFRA pour le couple [Débit de l'Oise, Débit de la Seine] dans le cadre des PPRI de l'Oise

La méthode décrite plus haut a été appliquée pour obtenir la courbe de dépassement conjoint entre :

- ✓ Les débits de l'Oise à Creil,
- ✓ Les débits de la Seine à Paris Austerlitz en situation post grands lacs.

L'échantillonnage des séries de débits analysés par la méthode DEFRA a été effectué sous les hypothèses suivantes :

- ✓ Extractions des 4 valeurs les plus importantes chaque année,
- ✓ Sur la période commune de données (1974 – 2014).

160 valeurs ont ainsi été extraites. Les débits de la Seine sont issus de la station hydrométrique de Paris Austerlitz. Les débits de l'Oise à Creil ont été extraits de la station de Creil sur la période 2006 – 2014. Pour la période 1974 – 2006, la station de Pont-Sainte-Maxence a été valorisée.

Une analyse itérative a ensuite été menée de sorte à déterminer la valeur maximale au-delà de laquelle il n'existe plus qu'une valeur commune dans chacun des deux échantillons et d'en déduire la valeur du facteur de dépendance  $\chi$ .

Cette analyse a été effectuée dans le cadre de différents tests :

- ✓ Détermination du facteur de dépendance  $\chi$  à partir d'un échantillonnage des débits maximum de crues sur l'Oise et sur la Seine respectivement, suivi d'un dénombrement des couples dont les crues ont lieu au même moment à 3, 4 et 5 jours d'écart sur le débit de pointe,
- ✓ Détermination du facteur de dépendance  $\chi$  à partir d'un échantillonnage des débits maximaux en Seine et des débits correspondants en Oise (à la même date exactement),
- ✓ Détermination du facteur de dépendance  $\chi$  à partir d'un échantillonnage des débits maximaux en Oise et des débits correspondants en Seine (à la même date exactement).

Les dénombrements réalisés sont représentés sur les graphiques suivants, la limite de ces dénombrements correspondant au facteur de dépendance  $\chi$ .

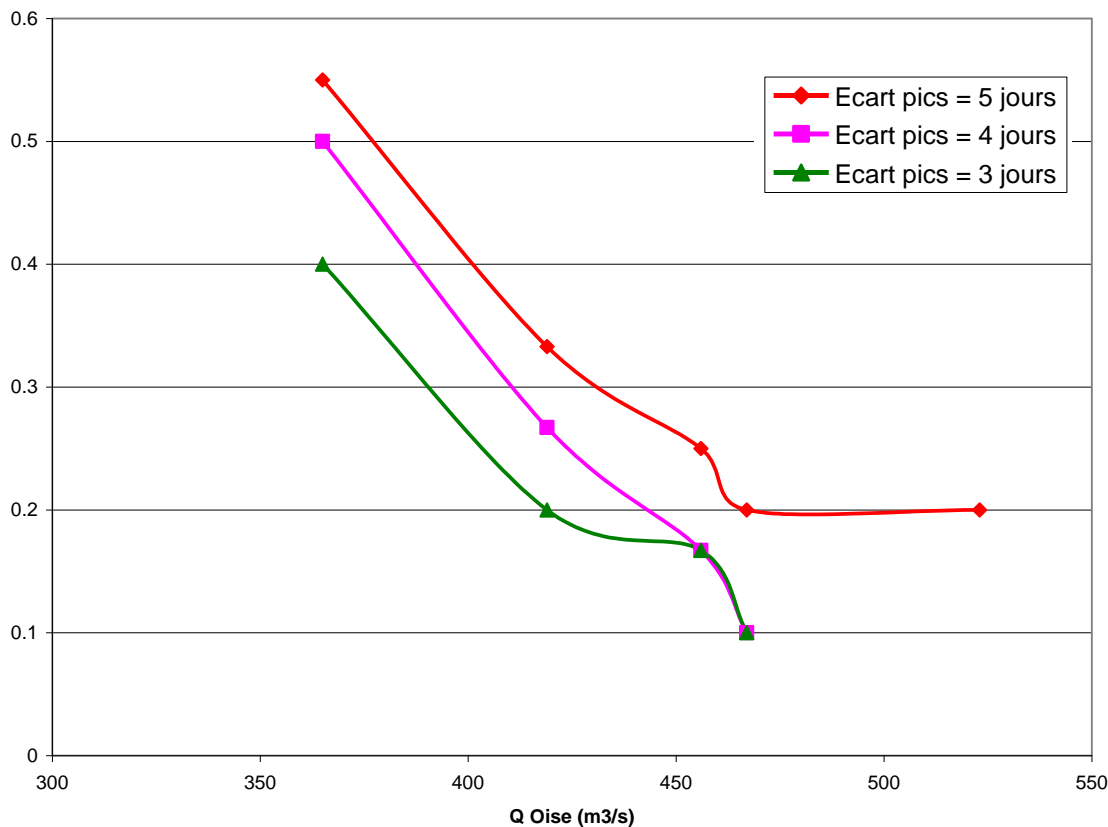


Figure 3-50 : Valeurs de  $\chi(u)$  pour détermination de la limite correspondant au facteur de dépendance  $\chi$  dans le cas d'un échantillonnage indépendant des débits maximums sur l'Oise et sur la Seine respectivement

Sur ce graphique, il est clair que la valeur du facteur de dépendance  $\chi$  tend vers une limite de 0,2 si l'on considère un écart pouvant aller jusqu'à 5 jours entre les dates des débits maximums pour un même événement.

Les écarts entre les pics de débits pour des correspondances de dates inférieures à 5 jours ne montrent pas de limite claire sur la valeur du  $\chi$ . Pour les écarts supérieurs à 5 jours, la valeur de 0,2 continue à constituer une limite.

## Base Q max Oise

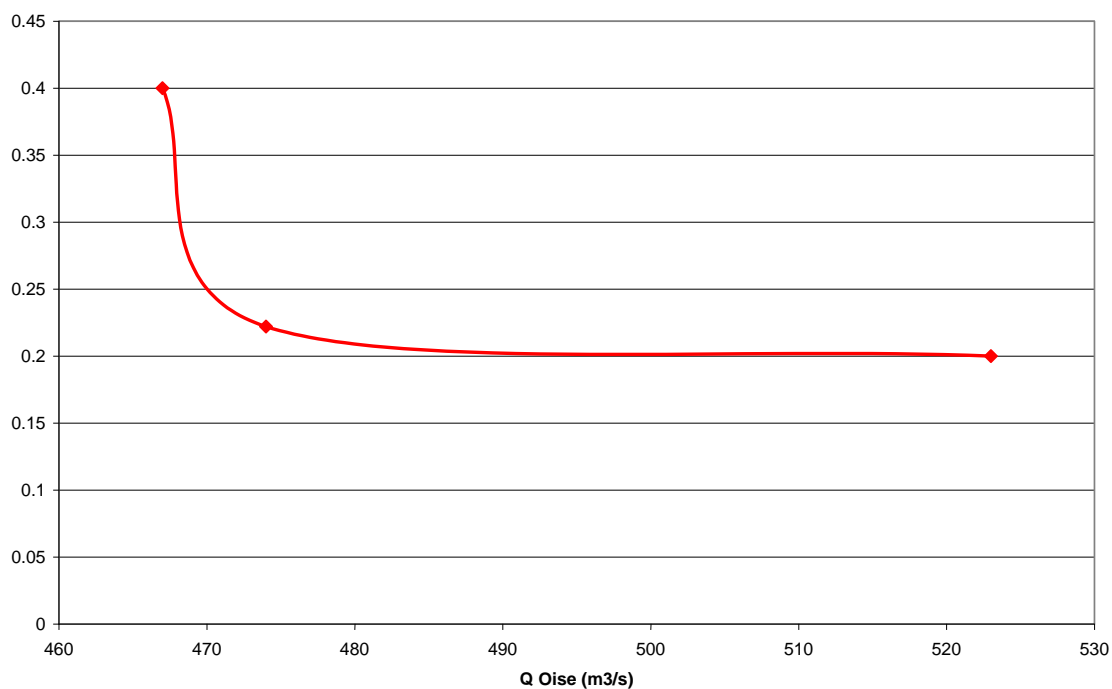


Figure 3-51 : Valeurs de  $\chi(u)$  pour détermination de la limite correspondant au facteur de dépendance  $\chi$  dans le cas d'un échantillonnage des débits maximums sur l'Oise et des débits correspondants sur la Seine

## Base Q max Seine

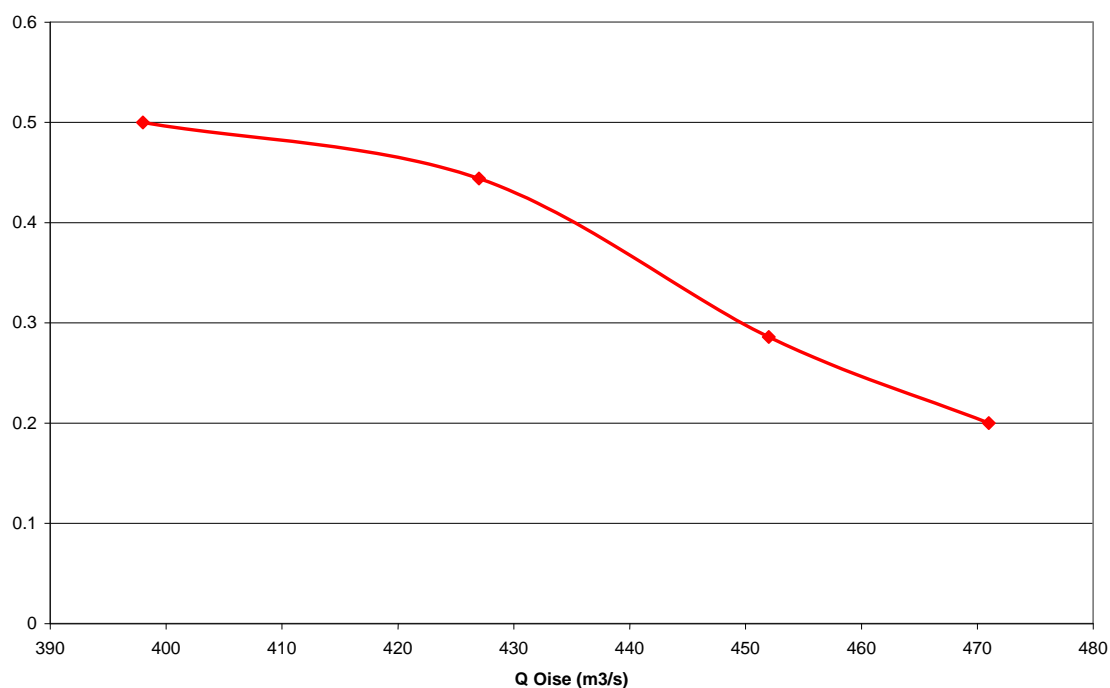


Figure 3-52 : Valeurs de  $\chi(u)$  pour détermination de la limite correspondant au facteur de dépendance  $\chi$  dans le cas d'un échantillonnage des débits maximums sur la Seine et des débits correspondants sur l'Oise

Les graphiques ci-avant, établis pour des débits en Seine correspondant aux débits maximums sur l'Oise (et réciproquement), font également ressortir de manière claire une valeur de  $\chi$  égale à 0,2.

Sur cette base, il paraît donc pertinent de retenir une valeur de facteur de dépendance  $\chi$  de 0,2.

Cette valeur de facteur de dépendance permet d'établir les courbes de dépassement conjoint suivante :

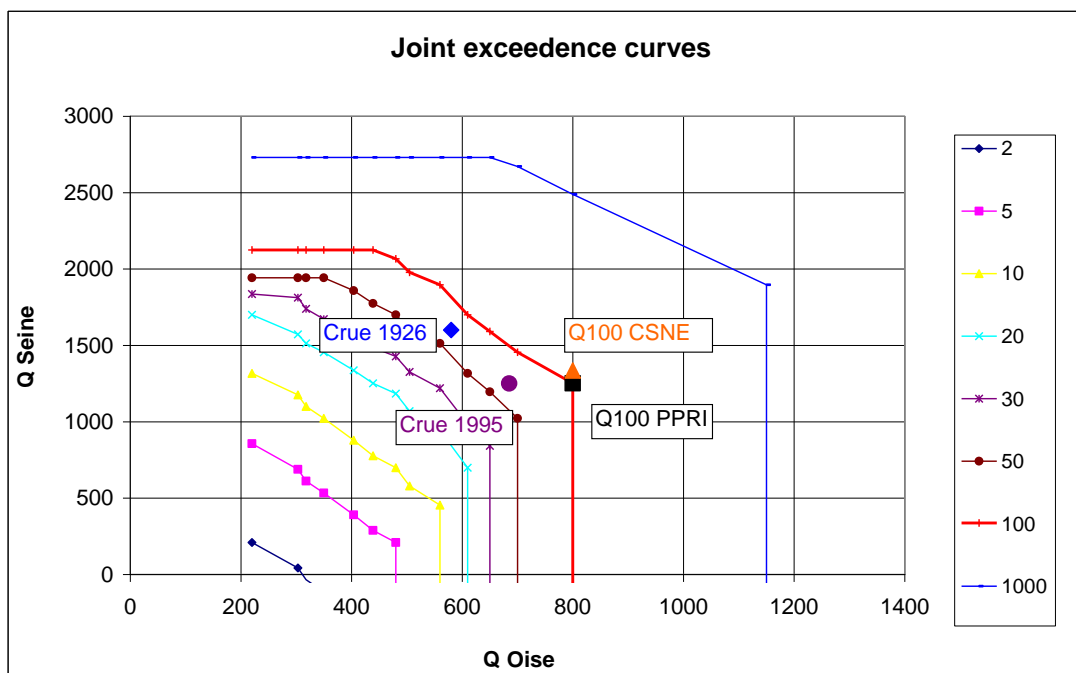


Figure 3-53 : Courbe de dépassement conjoint établie à partir du facteur de dépendance

Pour rappel, le débit de pointe centennal à Creil, tel que défini par la remise à plat de l'hydrologie du bassin de l'Oise, est de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ . Par ailleurs, dans le cadre du projet CSNE, le débit en Seine est de  $1350 \text{ m}^3/\text{s}$  (crue de retour environ 5 ans en Seine), ce qui se rapproche d'un événement centennal.

Les crues de 1926 et de 1995, qui constituent les événements documentés les plus importants sur la partie aval du secteur d'étude sur l'Oise, sont également positionnées sur le graphique précédent. Compte tenu de l'analyse de concomitance réalisée, il apparaît clair que ces crues sont inférieures à un événement d'occurrence centennale.

Pour conserver cette période de retour de 100 ans, à partir d'un débit à Creil de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ , le débit en Seine à Paris Austerlitz doit être de  $1250 \text{ m}^3/\text{s}$ , correspondant à une crue triennale environ.

Au final, la hauteur imposée en condition aval du modèle pour la crue de référence centennale en Seine à la confluence avec l'Oise est une condition de période de retour environ triennale de 23,06 m correspondant à la crue de 2001. Pour comparaison la cote imposée en aval du modèle CSNE est de 23,25 m (crue quinquennale).

## 3.5.2 Résultats

### 3.5.2.1 Résultats de débits

Les conditions aux limites imposées précédemment ont été définies de sorte à reproduire correctement les débits de pointe centennaux théoriques, tels qu'ils ont été définis dans l'étude hydrologique globale du bassin de l'Oise. Cette bonne reproduction des débits est jugée sur la base d'une simulation sans prise en compte de l'aménagement de Longueuil. En effet, celui-ci peut avoir un rôle écrêteur diminuant ainsi le débit de pointe à Creil et qui n'est pas pris en compte dans les hydrogrammes théoriques.

La crue de référence modélisée prend en compte quant à elle l'aménagement de Longueuil. Dans ce cadre, les hydrogrammes simulés aux points de comparaison avec les hydrogrammes théoriques sont représentés sur le graphique suivant :

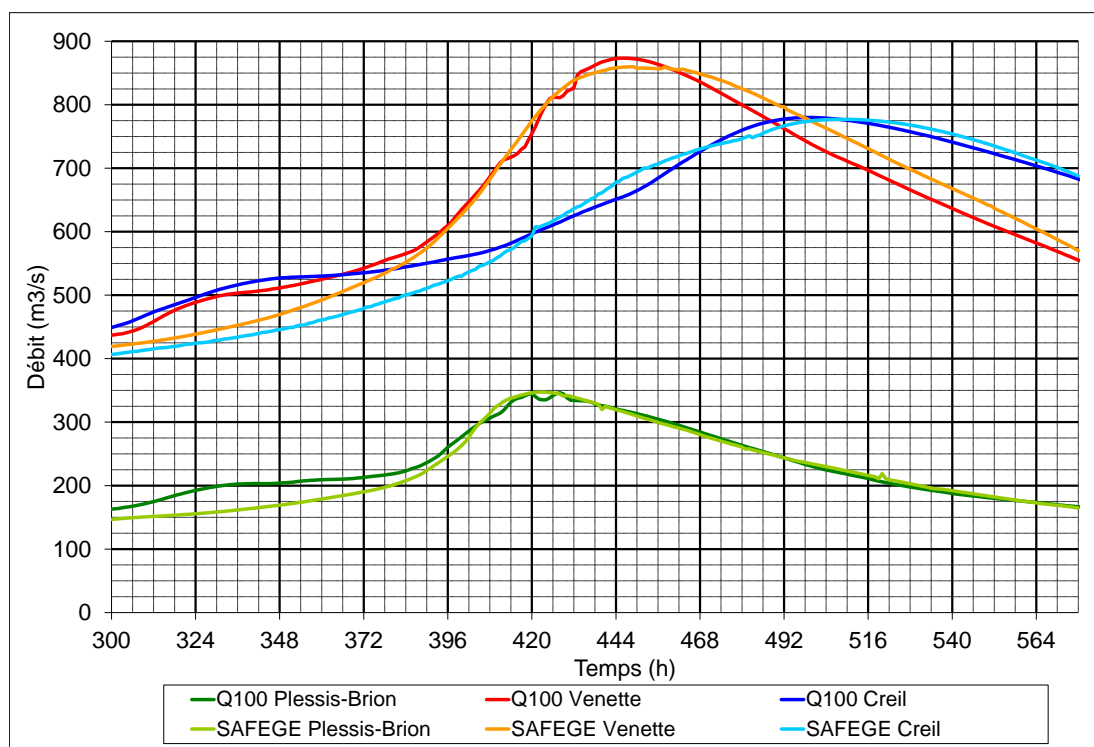


Figure 3-54 : Hydrogrammes simulés pour la crue de référence (avec prise en compte de l'aménagement de Longueuil) aux différents points de comparaison avec les hydrogrammes théoriques centennaux possibles

Les hydrogrammes simulés à Creil et à Venette en prenant en compte l'aménagement de Longueuil diffèrent à la marge de l'hydrogramme théorique centennal.

### 3.5.2.2 Résultats de hauteurs

Les graphiques suivants présentent les lignes d'eau obtenues pour la crue centennale, sous condition limite aval de cote en Seine correspondant à une crue triennale (voir analyse au paragraphe 3.5.1.2), en prenant en compte la reconstruction des barrages (voir détail au paragraphe 3.2.1.2) et en considérant le fonctionnement normal en crue de l'aménagement de Longueil (paragraphe 3.3.3.3).

Les cotes obtenues par la modélisation dans le cadre du projet CSNE (versions 2013 et 2014) pour la crue centennale sont représentées sur ces graphiques. La ligne d'eau centennale modélisée par l'Entente Oise-Aisne et le SPC n'a finalement pas été retenue comme élément de comparaison compte tenu des doutes émis par l'Entente sur sa validité.

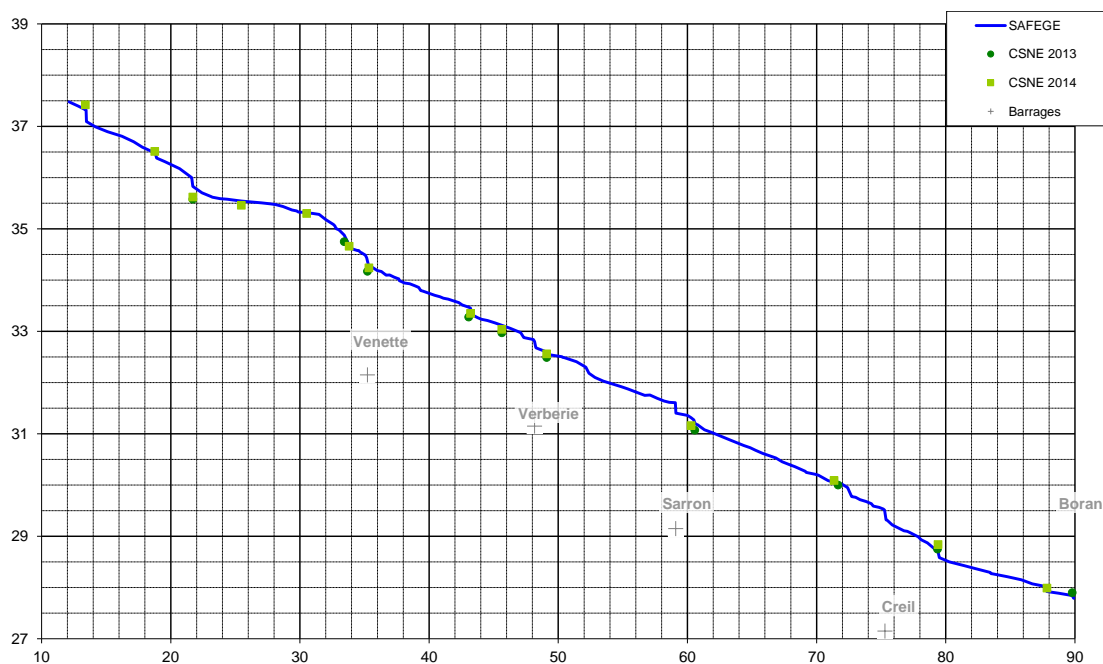


Figure 3-55 : Ligne d'eau simulée sur l'Oise pour la crue centennale



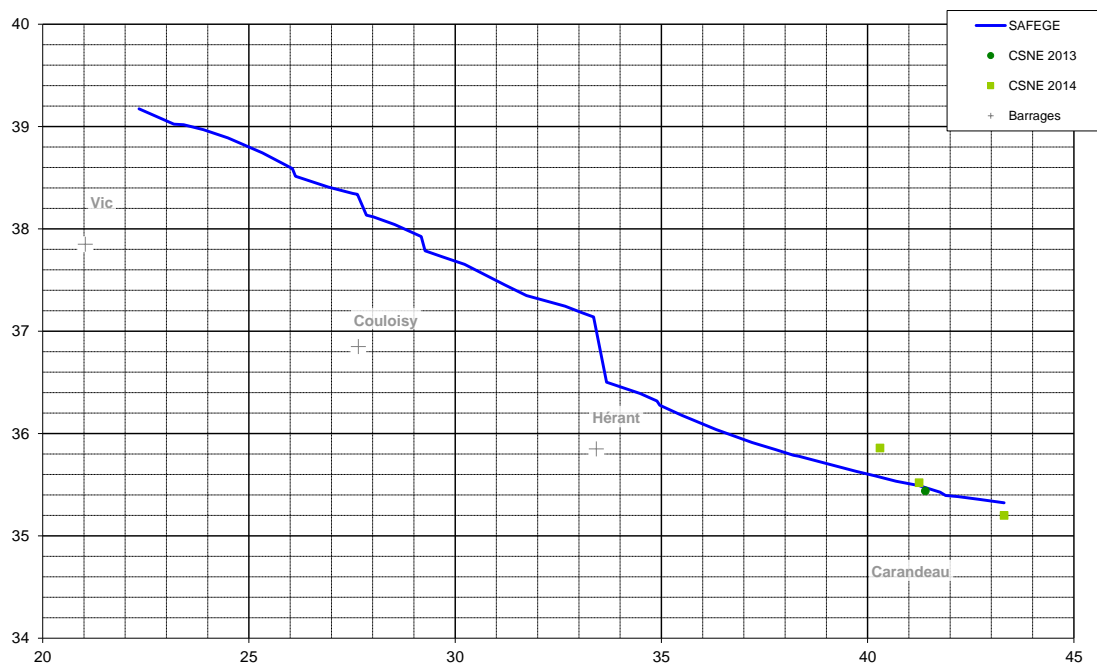


Figure 3-56 : Ligne d'eau simulée sur l'Aisne pour la crue centennale

**Au final, les lignes d'eau calculées par le modèle SAFEGE ou le modèle CSNE correspondent particulièrement bien, sauf aux alentours du PK 21 sur l'Oise, ce qui était déjà le cas lors des simulations des crues de calage et de validation**

### 3.5.3 Conclusion quant à la simulation de la crue de référence

Sur la base des éléments présentés ci-dessus, les conclusions suivantes peuvent être avancées :

- ✓ Les conditions aux limites amont injectées dans le modèle hydraulique SAFEGE permettent de reproduire de manière très satisfaisante les hydrogrammes de référence définis dans le cadre de l'étude hydrologique globale de l'Oise. La condition limite aval a été définie de sorte à reproduire un événement d'occurrence centennale. Aussi, le caractère centennal de la crue modélisée est acquis sur la totalité du linéaire modélisé ;
- ✓ Les hauteurs d'eau simulées correspondent plutôt bien à celles simulées avec le modèle CSNE, les écarts constatés entre les deux modèles n'excédant jamais 10cm.

La cartographie de l'aléa est réalisée sur la base de la ligne d'eau de la crue de référence modélisée. Un bref descriptif des cartes réalisées est présenté dans les paragraphes suivants, les cartes des aléas étant présentées dans un atlas spécifique joint.



## Cartographie

### 4.1 Éléments complémentaires

Les éléments représentés sur l'atlas hydrogéomorphologique sont donnés sur la légende suivante :

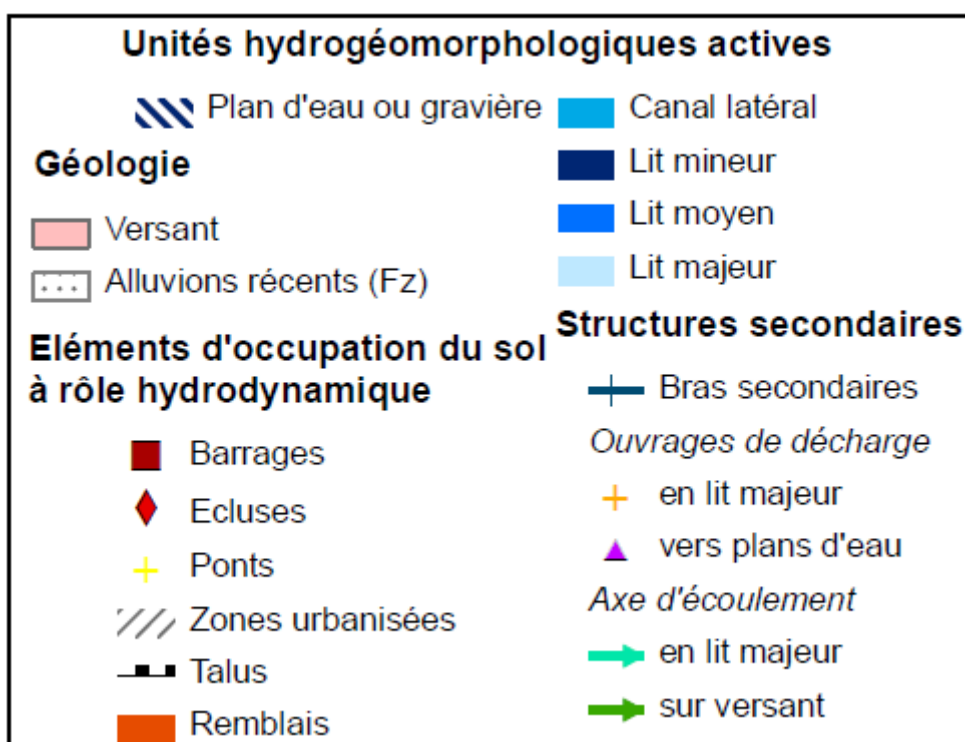


Figure 4-1 : Légende des éléments représentés sur l'atlas hydrogéomorphologique

Le chapitre 2 a permis de détailler la méthodologie d'identification :

- ✓ Des lits mineur, moyen et majeur,
- ✓ Des plans d'eau ou anciennes gravières
- ✓ Du canal latéral à l'Oise,
- ✓ Des bras secondaires,
- ✓ Des axes d'écoulement préférentiels en lit majeur et sur versant,

- ✓ Des remblais,
- ✓ Des zones urbanisées,
- ✓ Des ouvrages hydrauliques principaux et secondaires.

Outre ces éléments, il a été jugé utile, pour la vision globale de l'étude, de représenter :

- ✓ La couche homogénéisée des **alluvions récentes** (Fz) collectée dans le cadre de l'EPRI ;
- ✓ Les talus issus des lignes orographiques de la BD TOPO,
- ✓ Les **versants**, en dehors du lit majeur.

## 4.2 Présentation de l'atlas hydrogéomorphologique

L'atlas hydrogéomorphologique est établi **en A3 à l'échelle 1 / 25 000<sup>ème</sup>**. En effet, cette approche nécessite une vision d'ensemble de la vallée et n'est pas précise au mètre près, ce qui justifie l'emploi de cette échelle. Un exemple de rendu est donné ci-après.

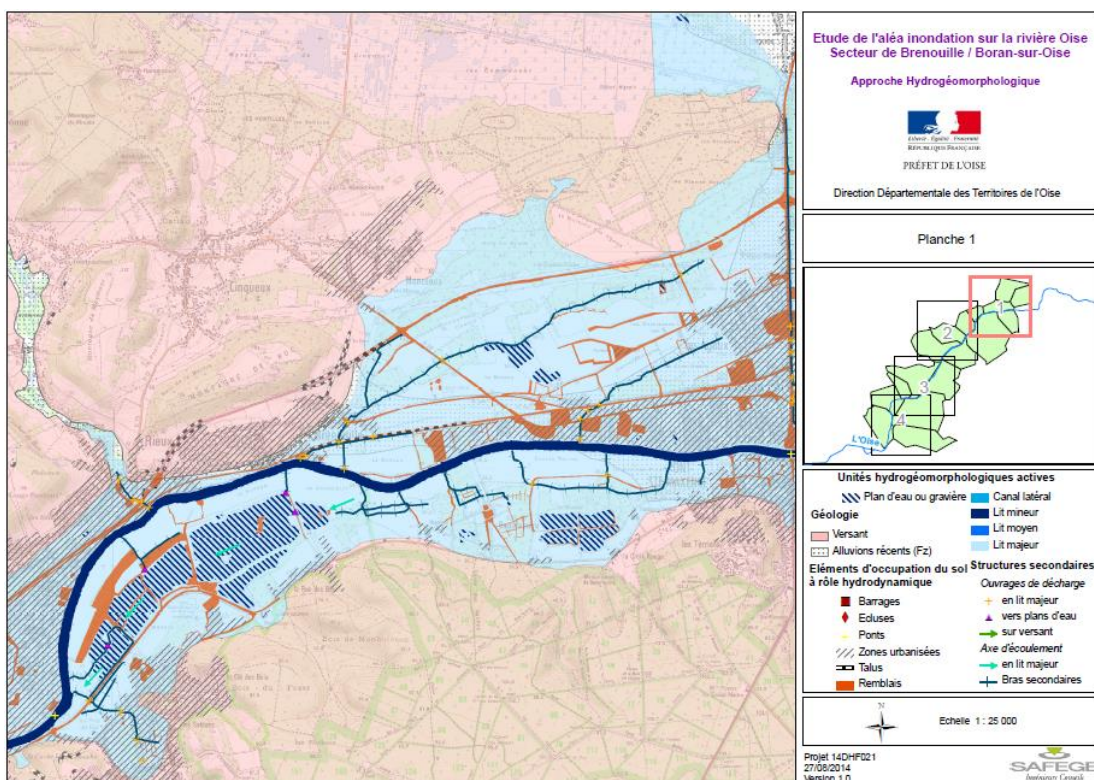


Figure 4-2 : Exemple de rendu de l'atlas hydrogéomorphologique

## 4.3 Définition de l'aléa

### 4.3.1 Principe

Classiquement, la classification de l'aléa pour un PPRI repose sur le croisement des classes de hauteur d'eau et de vitesse d'écoulement. Néanmoins, aucune règle ne prévaut et la définition de l'aléa peut être adaptée au contexte local.

Pour le PPRI des rivières Oise et Aisne en amont de Compiègne, la modélisation retenue est une modélisation 1D à casiers qui correspond bien au fonctionnement hydraulique général des vallées.

Dans ce cadre, les vitesses d'écoulement et hauteurs d'eau calculées par l'intermédiaire du modèle hydraulique sont des vitesses et hauteurs moyennes, obtenues pour chaque profil en travers inséré dans le modèle. Les hauteurs (respectivement vitesses) sont donc considérées comme homogènes pour chaque profil.

Le principe général expliqué ci-après repose sur des traitements cartographiques pour différencier les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement en vue de la définition de l'aléa.

### 4.3.2 Classes de hauteur

Il est possible par traitement cartographique d'interpoler les cotes centennales obtenues entre chaque profil en travers. Par soustraction du MNT un champ de hauteurs d'eau est obtenu. Les hauteurs peuvent ainsi être classées selon les seuils considérés comme représentatifs.

Dans les cas de crues lentes pour lesquelles les vitesses d'écoulement sont globalement faibles, l'aléa peut reposer sur la seule classification du paramètre hauteur d'eau. Ce phénomène de crue lente correspond particulièrement aux crues exceptionnelles de l'Oise et de l'Aisne.

### 4.3.3 Classes de vitesse

Une première cartographie du champ de vitesse, a été réalisée à partir du principe suivant.

Le débit total transitant par une section peut être obtenu en décomposant la section en sous-sections par la formule suivante :

$$Q = \sum_j K_j S_j R_j^{2/3} i_j^{1/2}$$

Avec :

Q : le débit total

$K_j$  : le coefficient de Strickler de la sous-section considérée

$S_j$  : la surface mouillée de la sous-section considérée

$R_j$  : le rayon hydraulique de la sous-section considérée

$i_j$  : la pente moyenne de la sous-section considérée

Sur cette base, un champ de vitesses sur l'ensemble de la zone inondée lors de la crue centennale a été obtenu par traitement cartographique du MNT et du champ de hauteurs d'eau précédemment calculé.

Ce calcul a permis de confirmer que les vitesses en dehors du lit mineur sont relativement faibles (inférieures à 0,1 m/s). Ainsi, ce paramètre est estimé non discriminant pour la définition de l'aléa qui repose donc sur le seul paramètre hauteur d'eau.

### 4.3.4 Classes d'aléa

La classification de l'aléa repose donc sur le seul paramètre hauteur d'eau, ce qui est cohérent compte tenu du fait que les crues de l'Oise sont relativement longues et que le paramètre vitesse est donc jugé comme non discriminant.

Les hauteurs sont classées selon les seuils considérés comme représentatifs. Dans notre cas, il est proposé de retenir 5 classes de hauteurs comme suit :

- ✓  $H < 0,5$  m ;
- ✓  $0,5$  m  $< H < 1$  m ;
- ✓  $1$  m  $< H < 1,5$  m ;
- ✓  $1,5$  m  $< H < 2$  m ;
- ✓  $H > 2$  m.

## 4.4 Cartographie de l'aléa

### 4.4.1 Obtention des cotes

La première étape à réaliser consiste à réaliser un raster des niveaux d'eau atteints dans la modélisation.

Pour cela, la cote maximale simulée est attribuée à chaque profil en travers et une interpolation est réalisée entre ces profils afin de définir une cote en tout point de la vallée. Cette interpolation est menée dans chaque casier structurant de la vallée ayant un comportement hydraulique propre (voir paragraphe 3.3.3.1 et Annexe 3).

Dans chaque casier, une cote unique est attribuée par profil de part en part, assurant ainsi la transparence des ouvrages.

### 4.4.2 Obtention des hauteurs

La seconde étape consiste en la soustraction du raster des cotes obtenues avec le MNT afin d'obtenir les hauteurs d'eau.

Il est à noter que sur certaines zones éloignées du cours d'eau de l'Oise, le levé LiDAR ne présente pas le même niveau de précision qu'au cœur de la vallée. Une discussion est en cours à ce sujet avec l'IGN. Aussi, les hauteurs d'eau obtenues sur ces zones sont-elles moins précises en termes d'étendue, mais également en termes de classes. Cela est notamment le cas pour la crue centennale. Les zones problématiques sont présentées ci-après en regard des surfaces inondables pour la crue centennale.

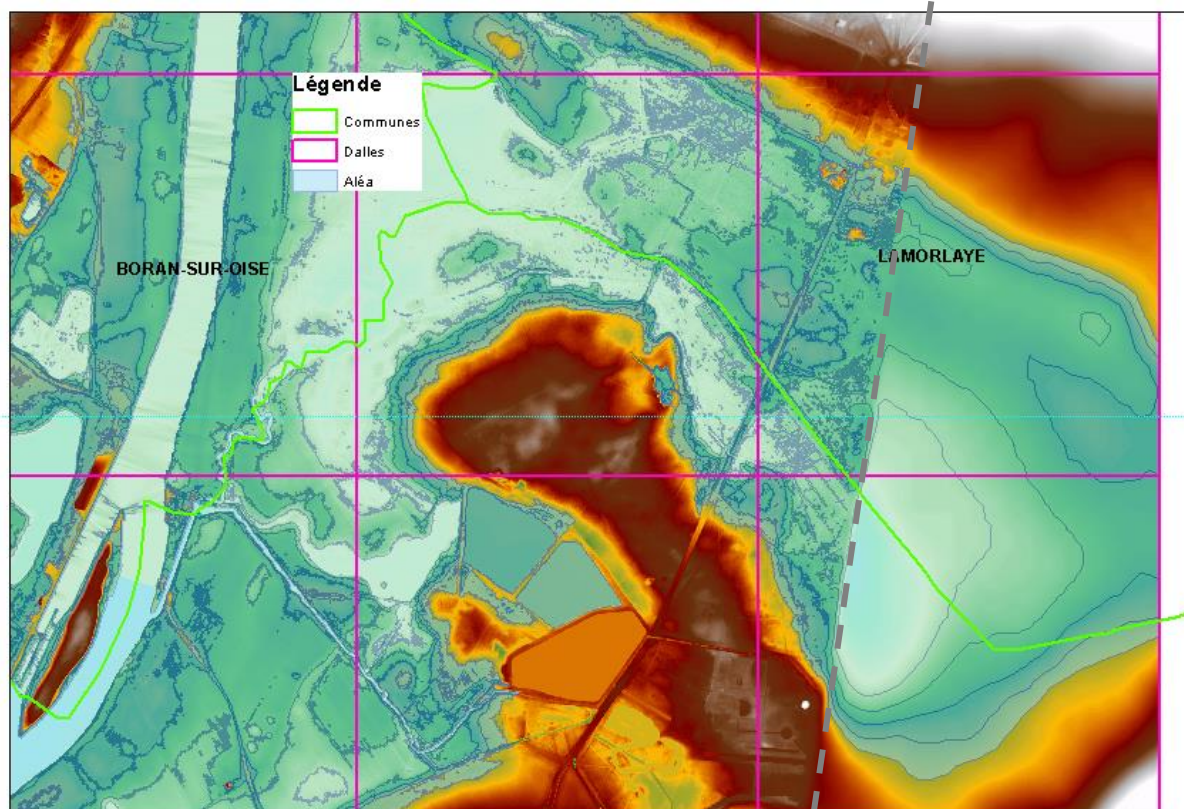


Figure 4-3 : Surfaces inondables en crue centennale impactées par la donnée LiDAR

Sur Lamorlaye, l'imprécision de la donnée LiDAR semble tendre à surestimer les surfaces inondables en crue centennale. De plus, le LiDAR s'arrête prématurément donnant lieu à une coupure nette de la surface inondable à l'Est. Sur cette zone il est clairement à noter que l'imprécision de la donnée LiDAR conduit à un effet de « cuvette » dans la zone imprécise, les données d'altitude étant clairement sous-estimées.

Ce constat est néanmoins à relativiser par l'absence d'enjeux urbains sur la zone, celle-ci étant constituée principalement de marais.



### 4.4.3 Rendu cartographique

L'atlas de l'aléa est établi **en A3 à l'échelle 1 / 5 000<sup>ème</sup>**. Le parcellaire n'est pas disponible pour l'ensemble de la vallée couverte par les 3 PPRI qui ont fait l'objet de la modélisation. Aussi, l'aléa est représenté sur fond de scan25. Un exemple de rendu est donné ci-après.

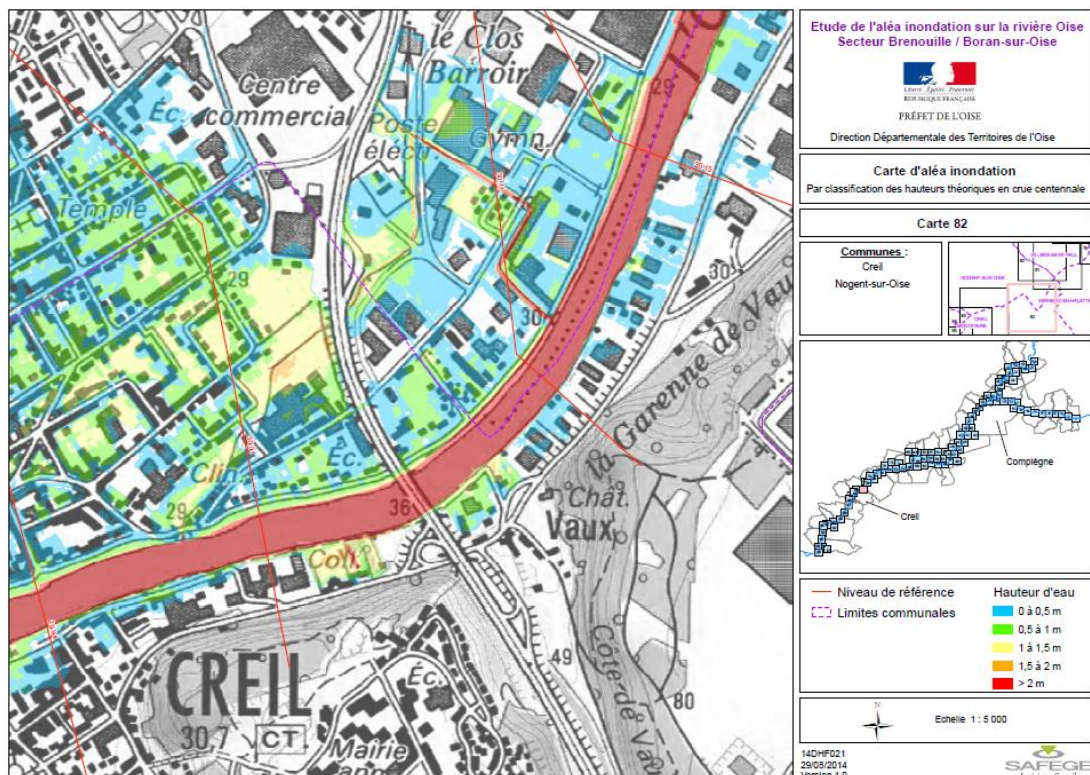


Figure 4-4 : Exemple de rendu de l'atlas des aléas

**Une seule modélisation a été mise en œuvre sur les 3 PPRI** en cours d'élaboration par SAFEGE sur la vallée de l'Oise. Les cartes de hauteurs d'eau simulées pour la crue centennale sont donc obtenues sur l'ensemble de la vallée de l'Oise modélisée par SAFEGE (99 cartes).

Ces cartes sont néanmoins réparties en 3 atlas distincts selon le PPRI concerné.

- ✓ PPRI des rivières Oise et Aisne en amont de Compiègne : cartes 1 à 33 ;
- ✓ PPRI de l'Oise entre Compiègne et Pont-Sainte-Maxence : cartes 15, 32 à 70 et carte 72 ;
- ✓ PPRI de l'Oise entre Brenouille et Boran : cartes 70 à 99.

Aussi, les cartes 15,32, 33, 70 et 72 couvrent 2 PPRI différents et sont donc répétées dans 2 atlas différents. Le même numéro de carte a néanmoins été conservé pour plus de clarté, car il fait référence à la même fenêtre spatiale.

Chaque carte représente différentes communes et chaque commune peut être couverte par plusieurs cartes. Pour le PPRI de l'Oise entre Brenouille et Boran-sur-Oise, le tableau suivant indique, pour chaque commune, les numéros des cartes qui la couvrent :

Tableau 4-1 : Numéros des cartes d'aléa couvrant chaque commune du PPRI

Communes	Numéros correspondants des cartes de l'atlas des aléas						
BEAUREPAIRE	72	74					
BORAN-SUR-OISE	94	95	96	98	99		
BRENOUILLE	72	73	74	75	76	77	
CREIL	81	82	83	84	85		
GOUVIEUX	89	90	91	92	93	94	95
LAMORLAYE	95	96	97				
LES AGEUX	70	71	72	73			
MONCEAUX	71	73	75				
MONTATAIRE	83	84	85	86			
NOGENT-SUR-OISE	80	81	82	83			
PRECY-SUR-OISE	91	93	94				
RIEUX	77	78	79				
SAINT-LEU-D'ESSERENT	86	87	88	89	90		
SAINT-MAXIMIN	86	87	88	89			
VERNEUIL-EN-HALATTE	74	76	77	78	79	80	81
VILLERS-SAINT-PAUL	78	79	80	81			
VILLERS-SOUS-SAINT-LEU	90	91					

## ANNEXES

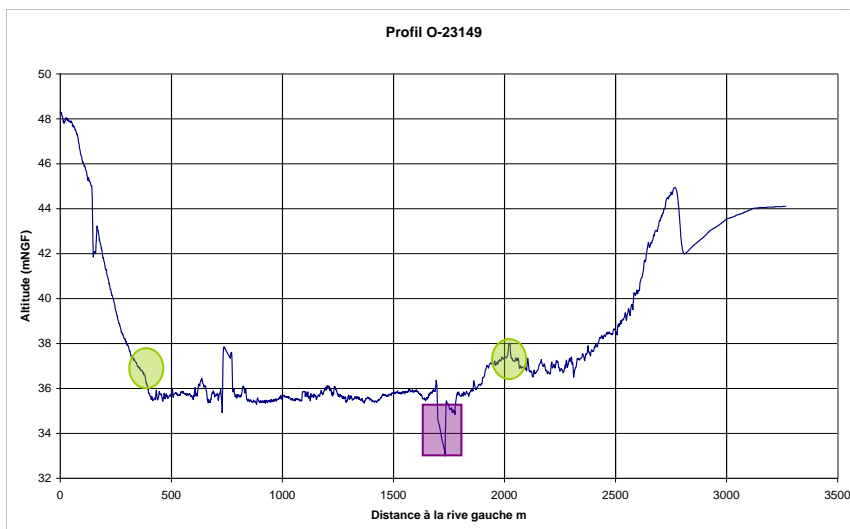
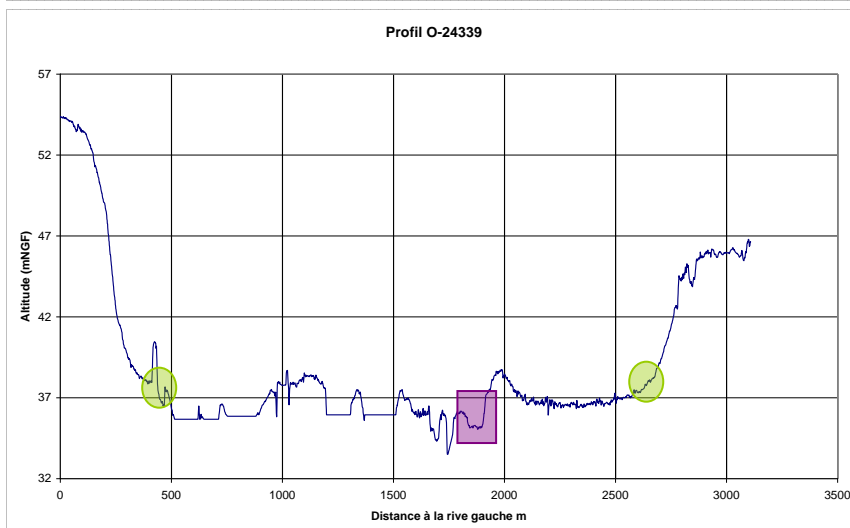
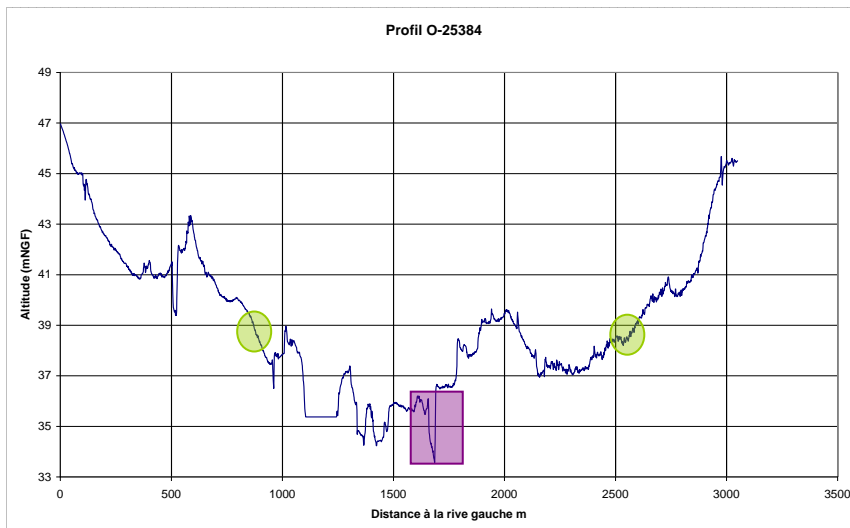
---

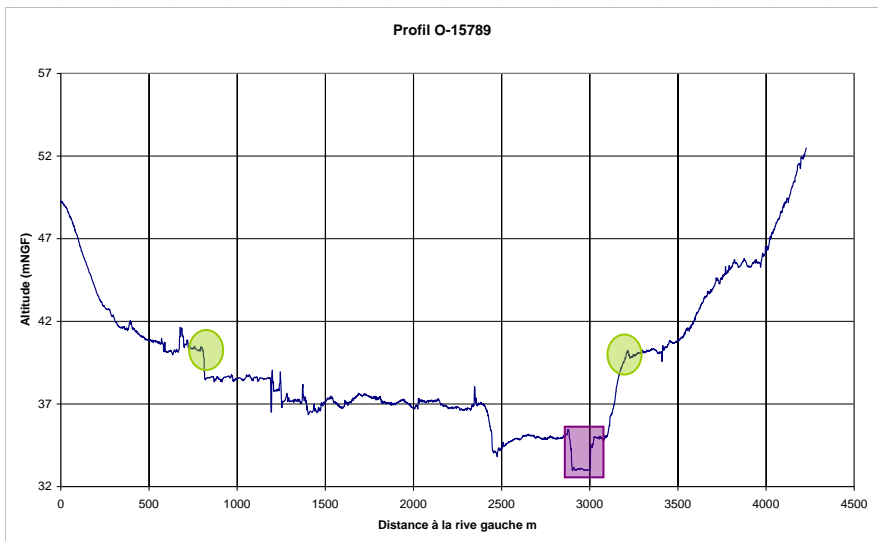
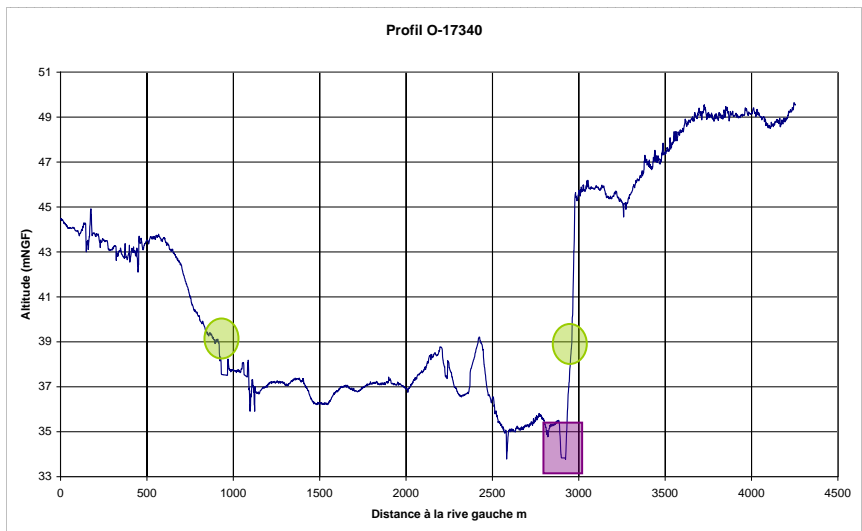
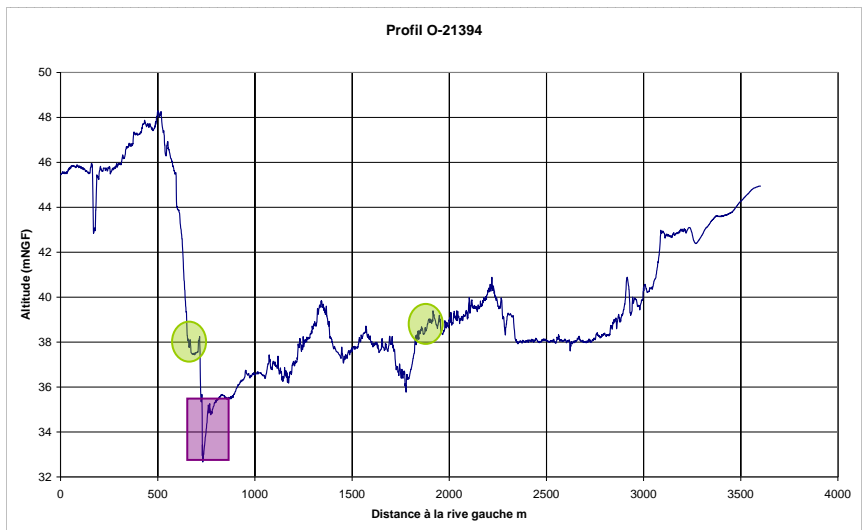


**ANNEXE 1**  
**PROFILS EN TRAVERS EXTRAITS DU**  
**MNT**

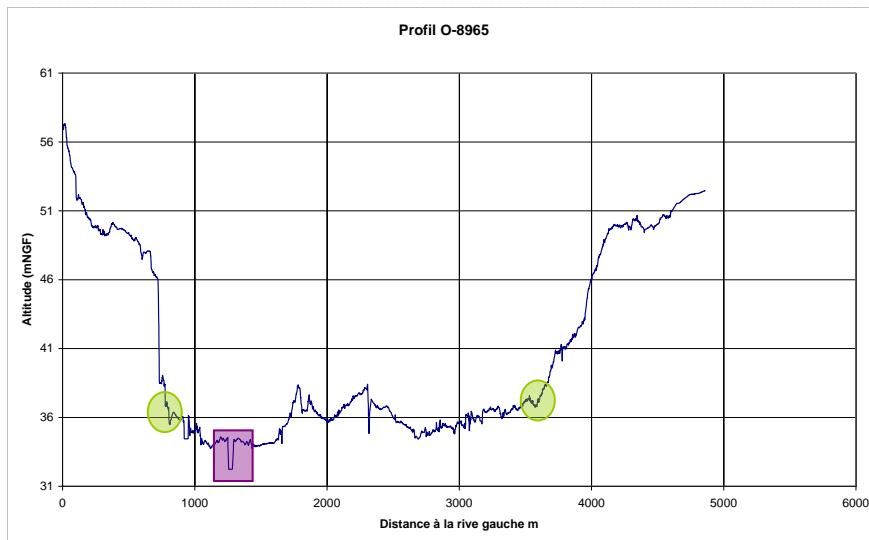
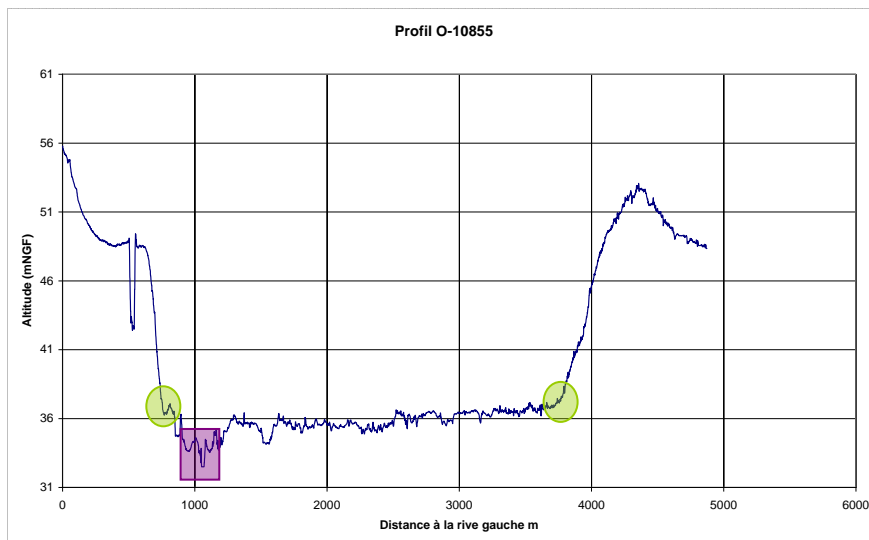
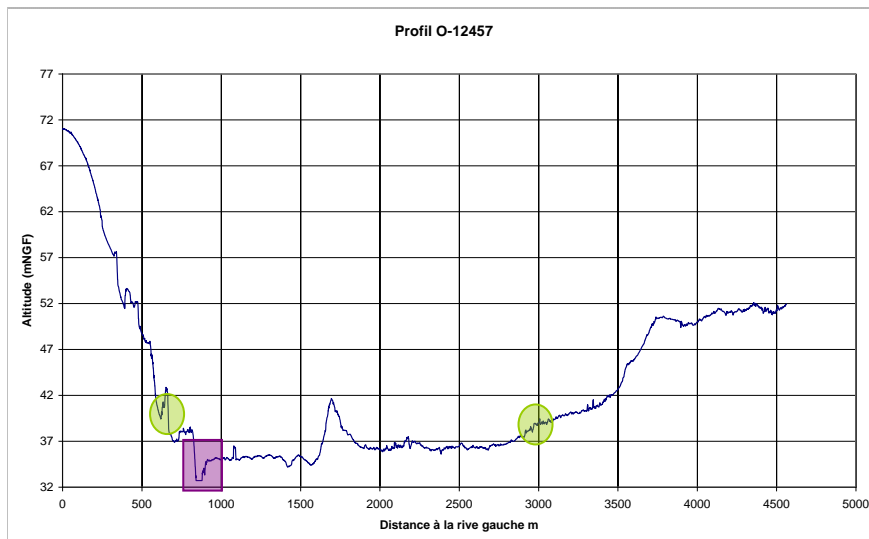
---

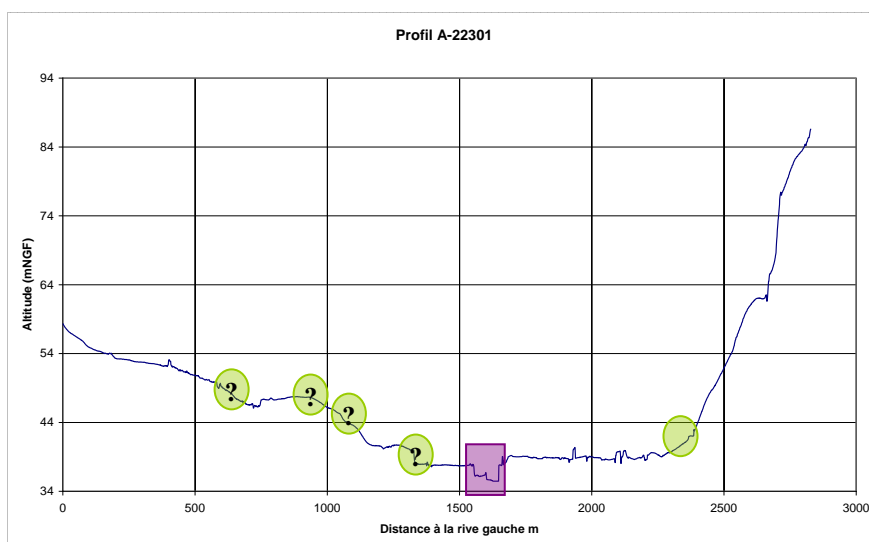
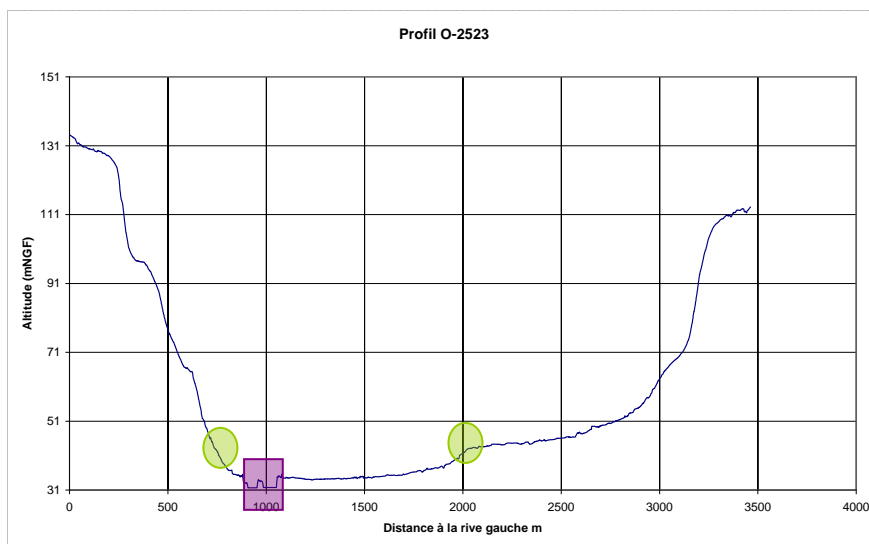
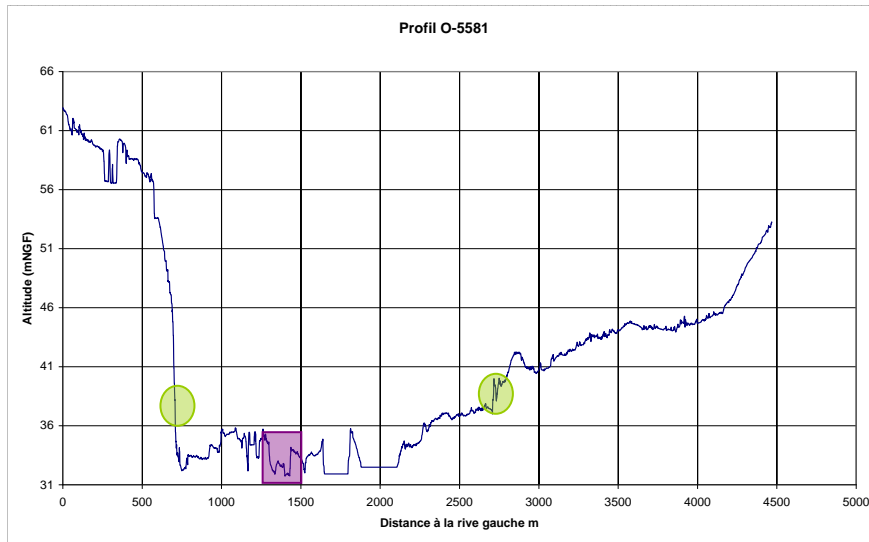


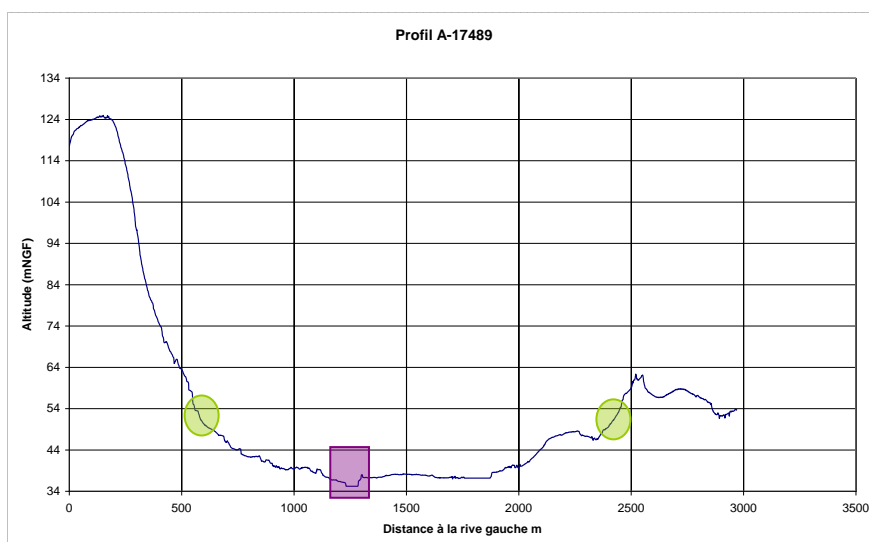
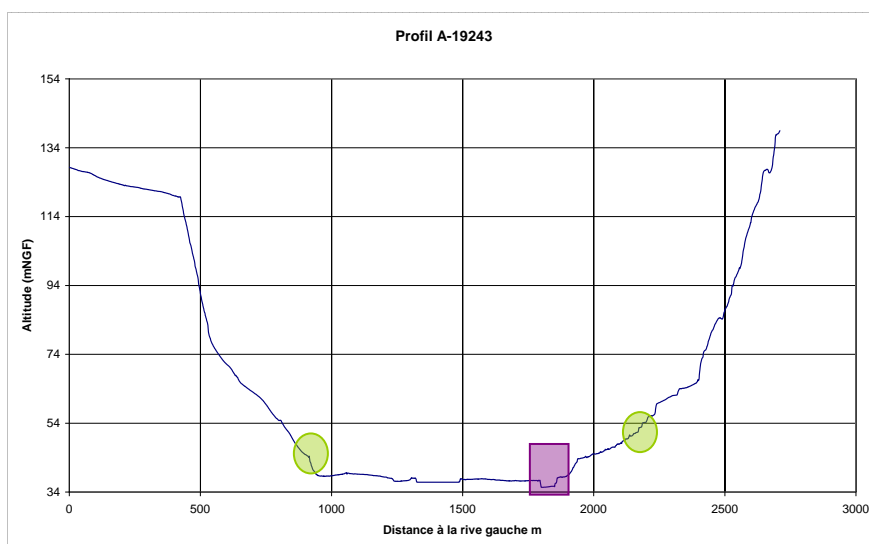
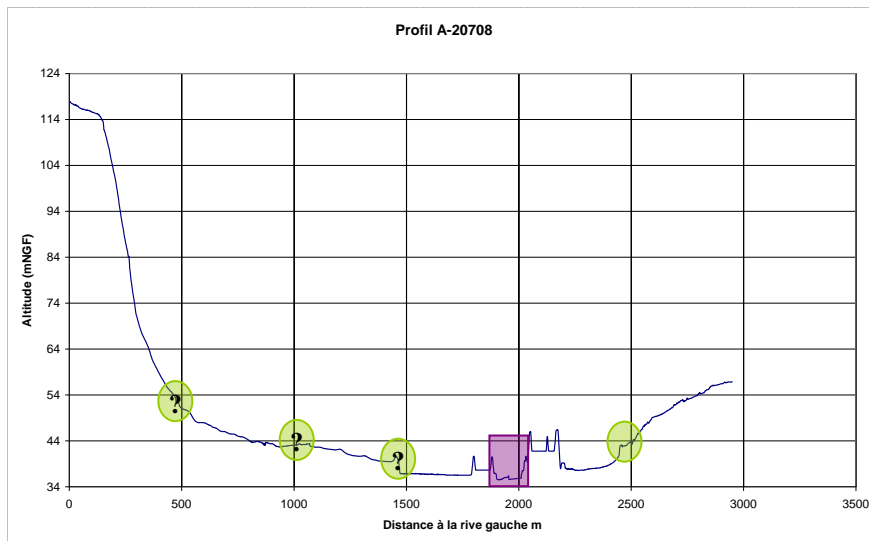


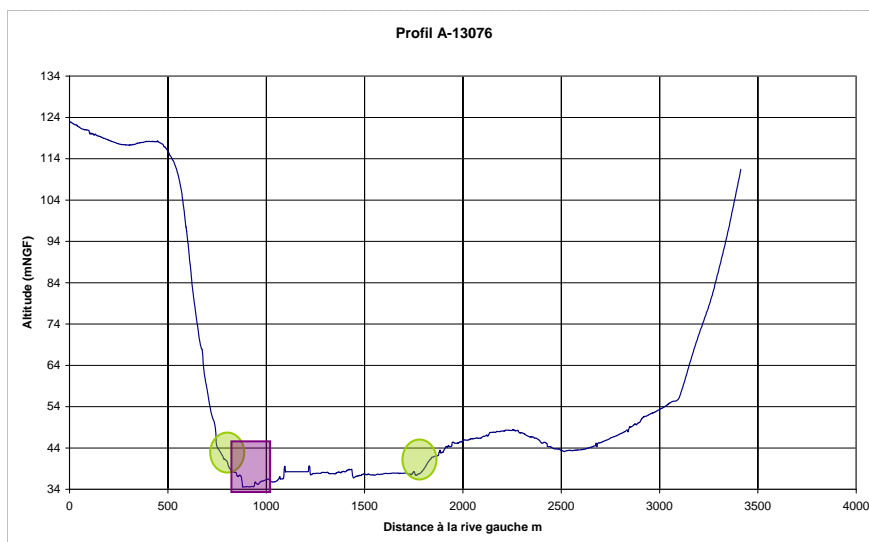
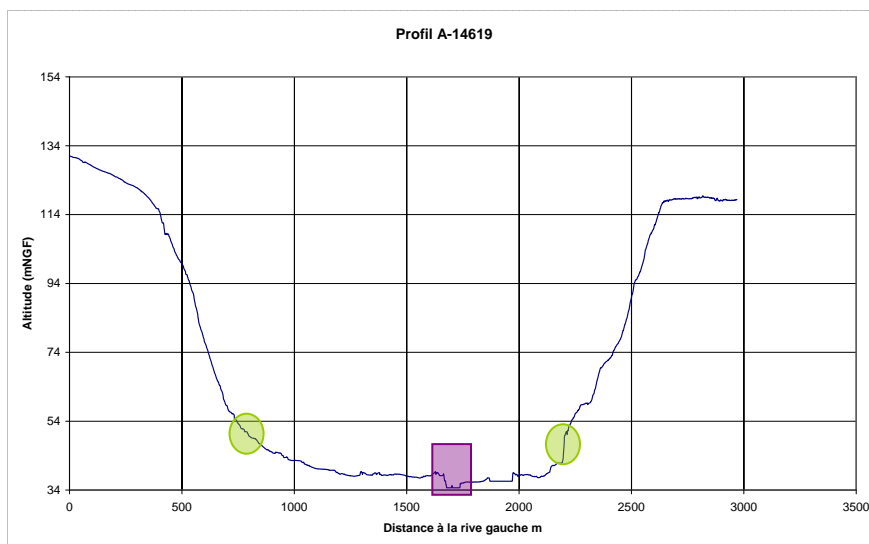
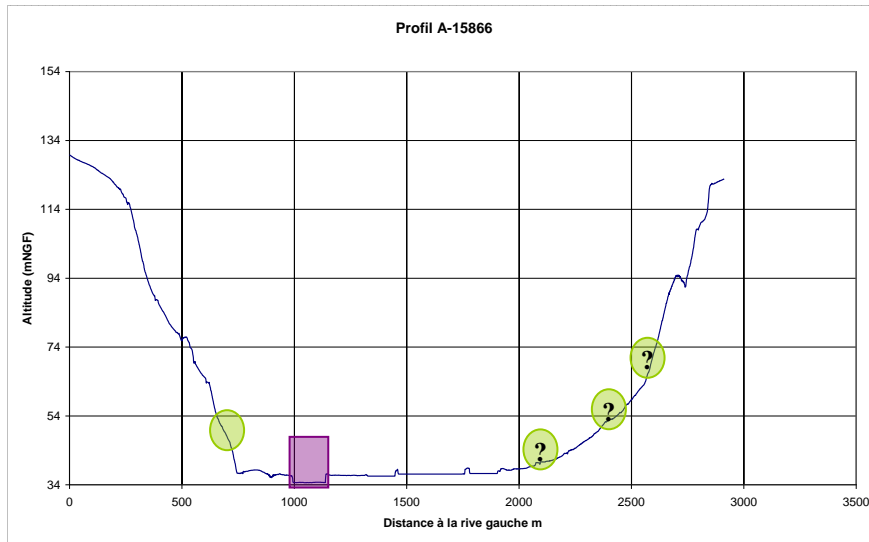


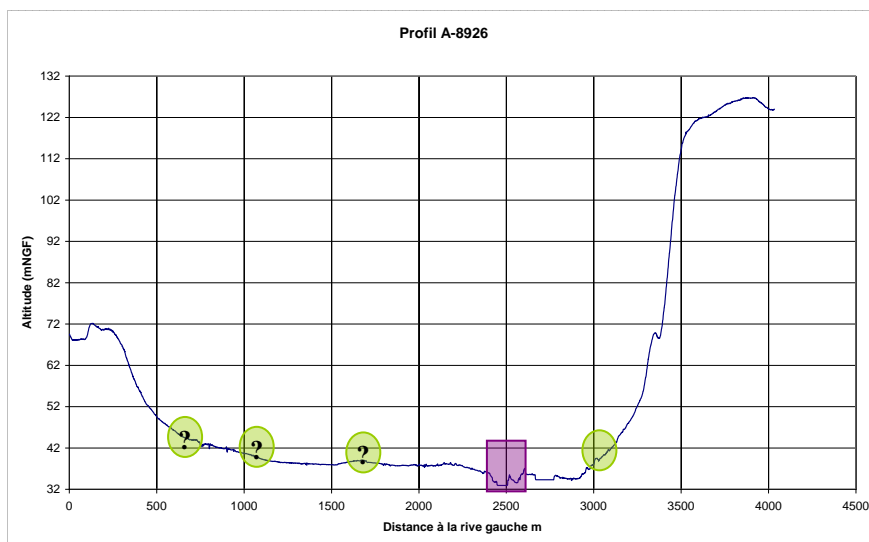
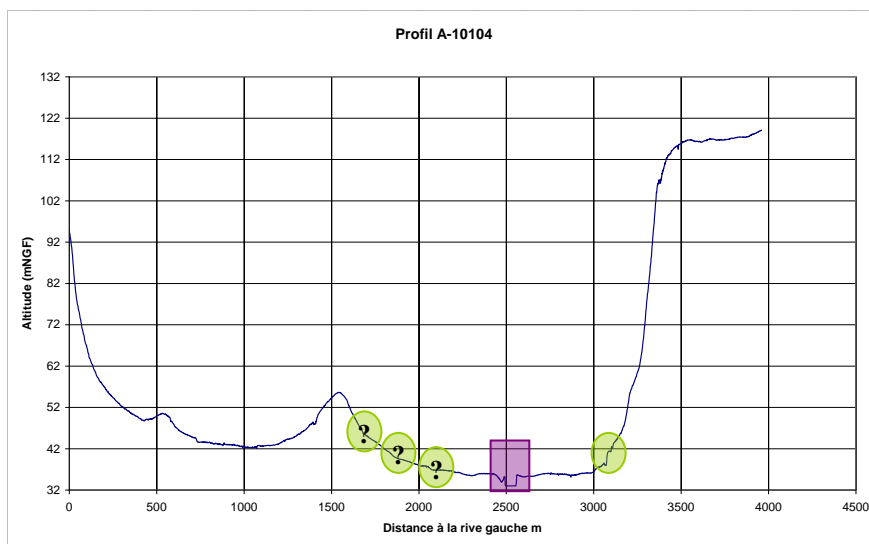
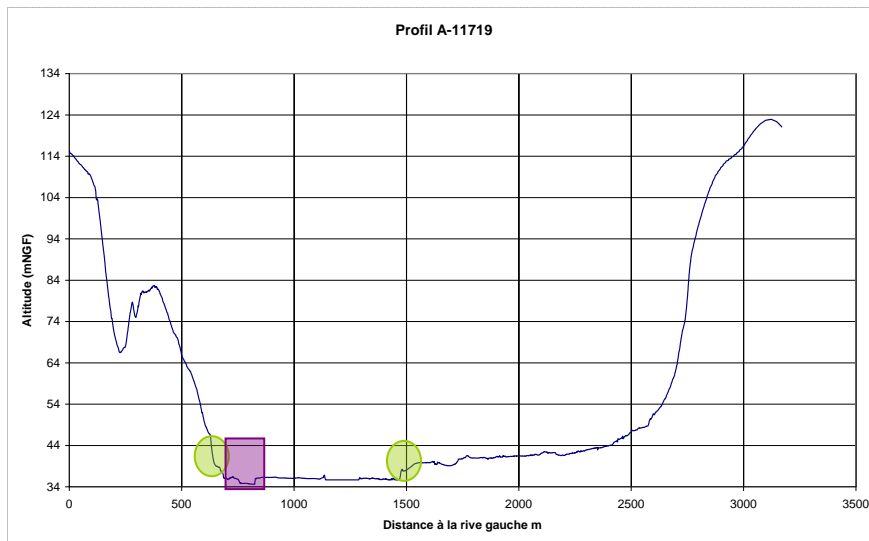


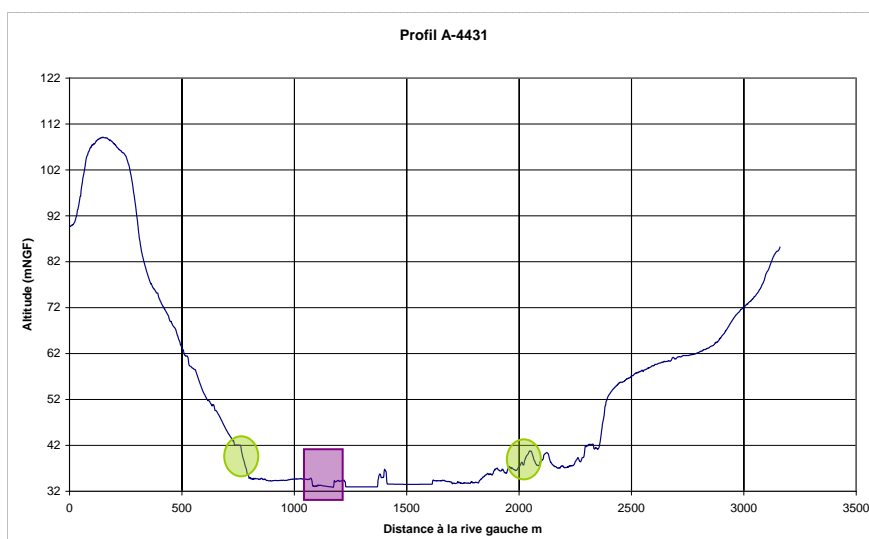
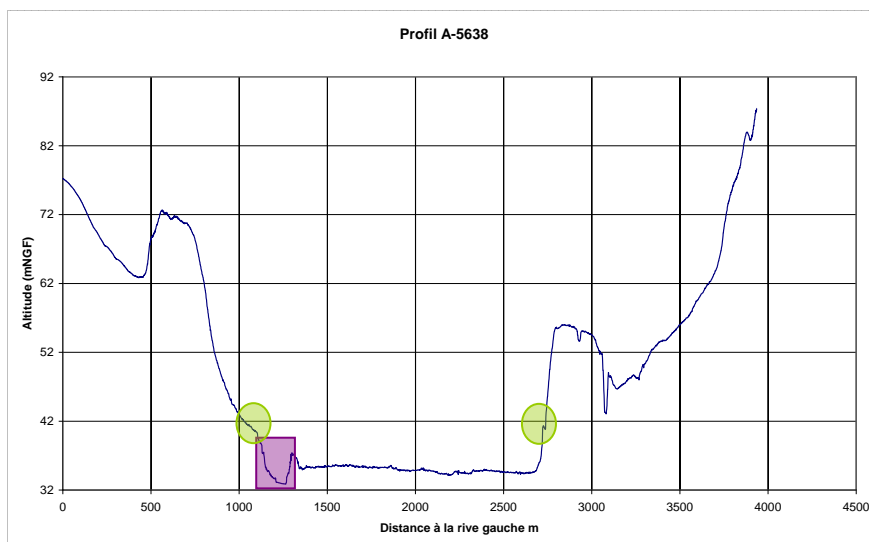
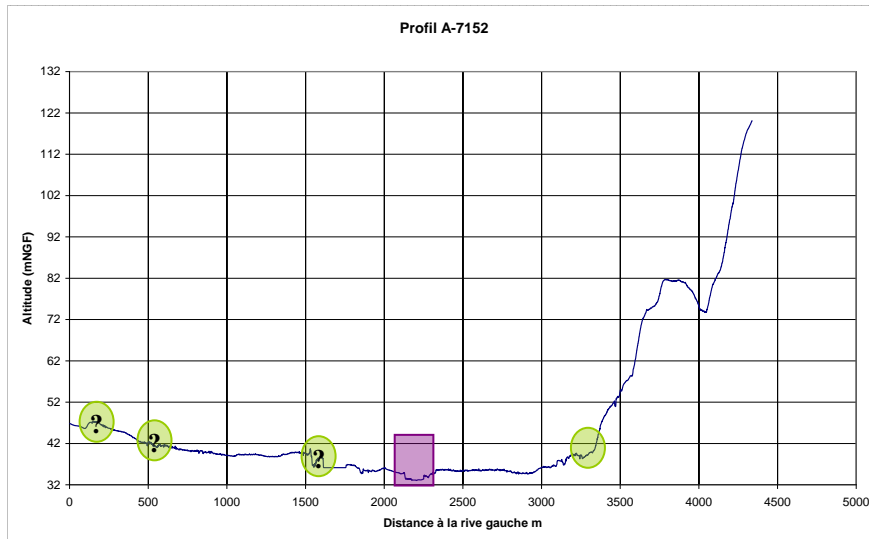


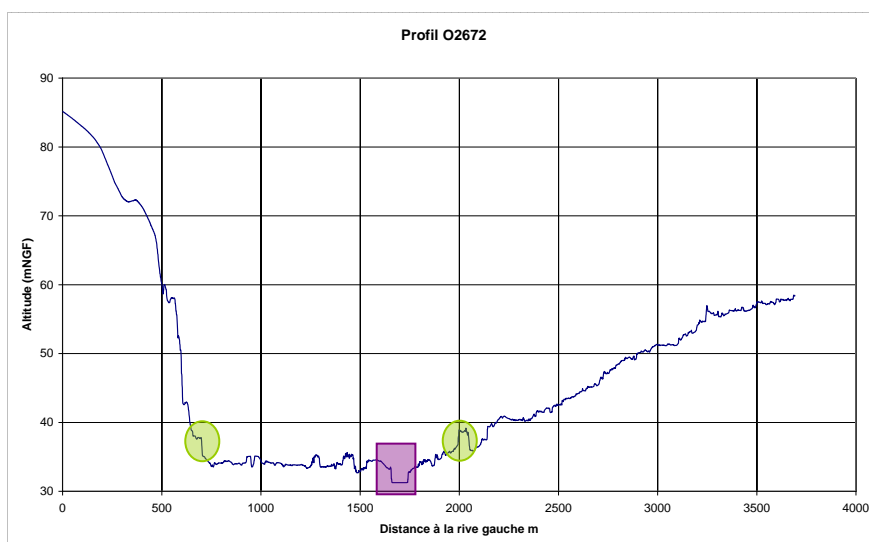
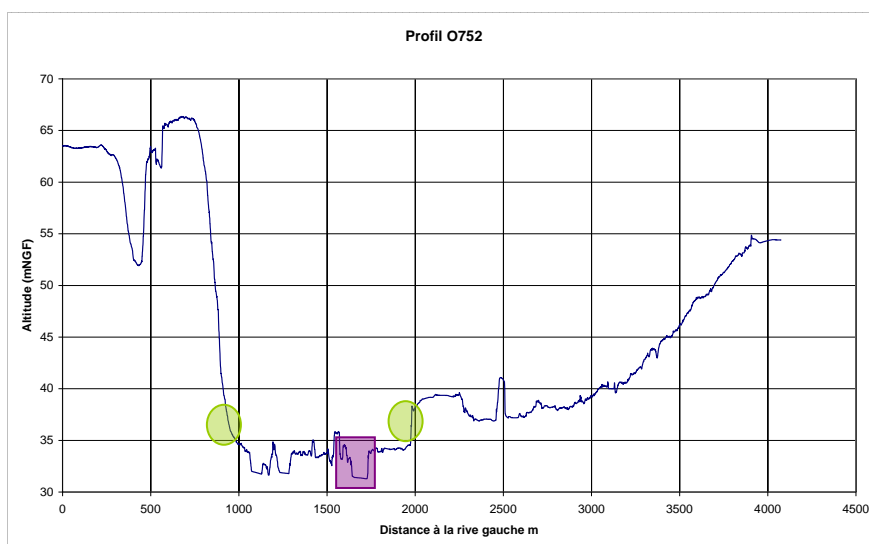
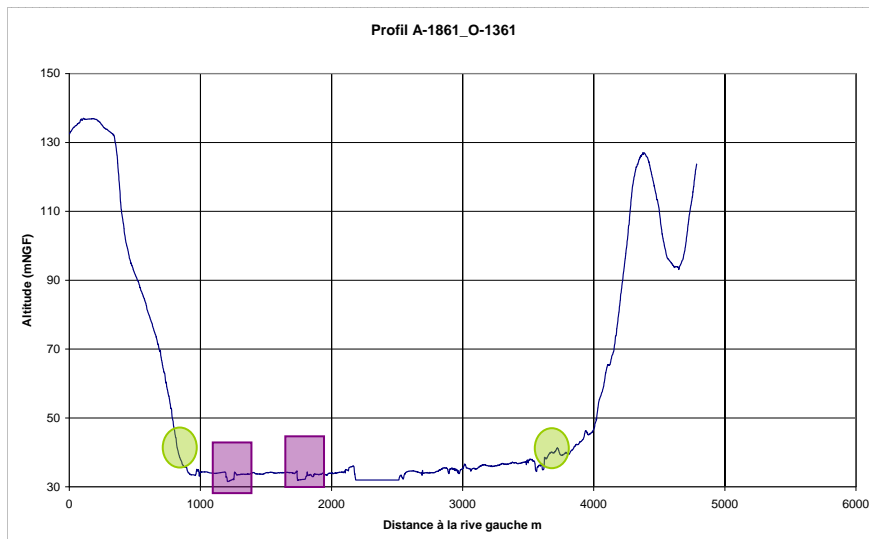


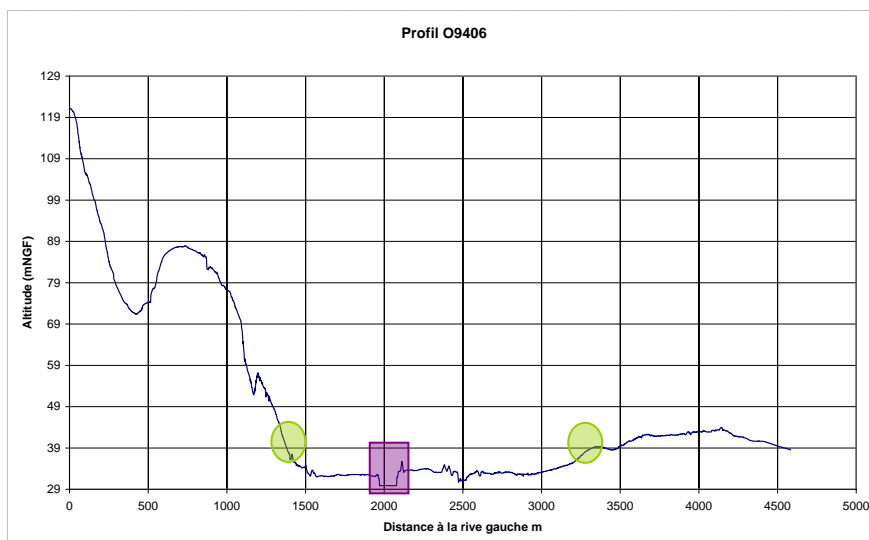
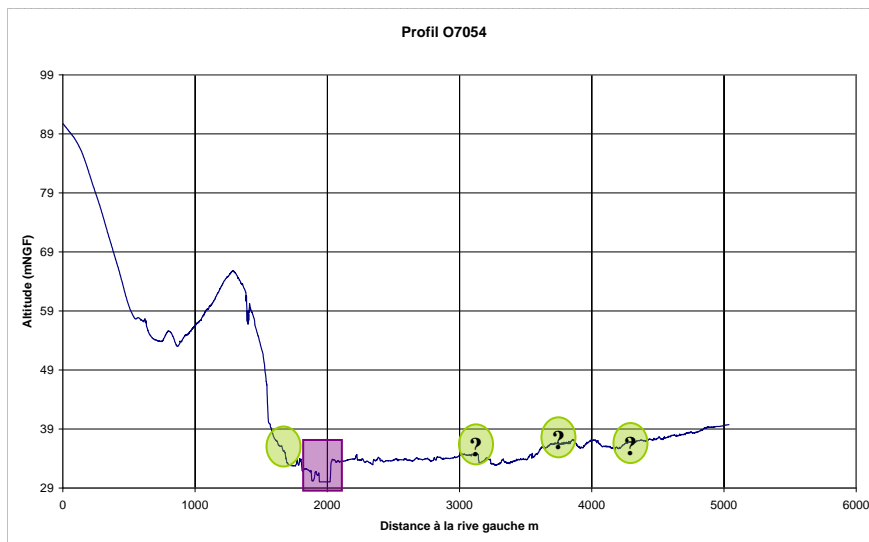
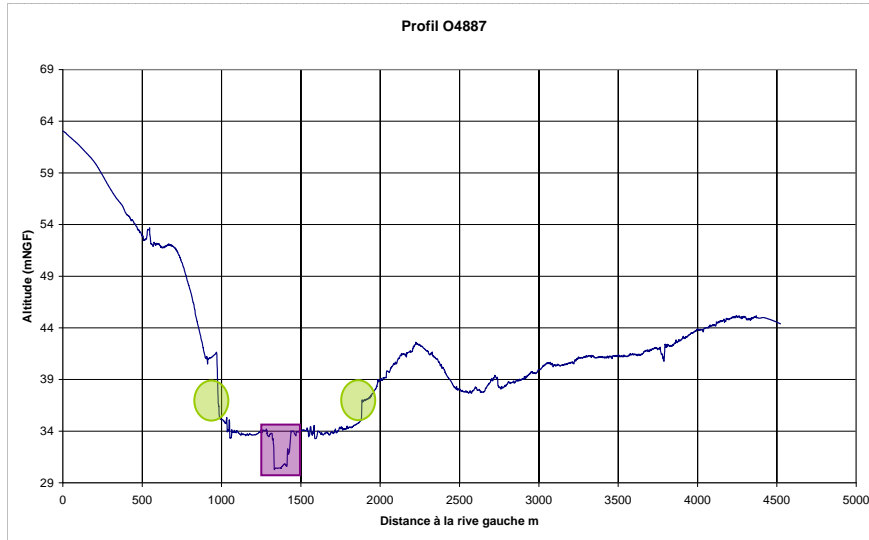




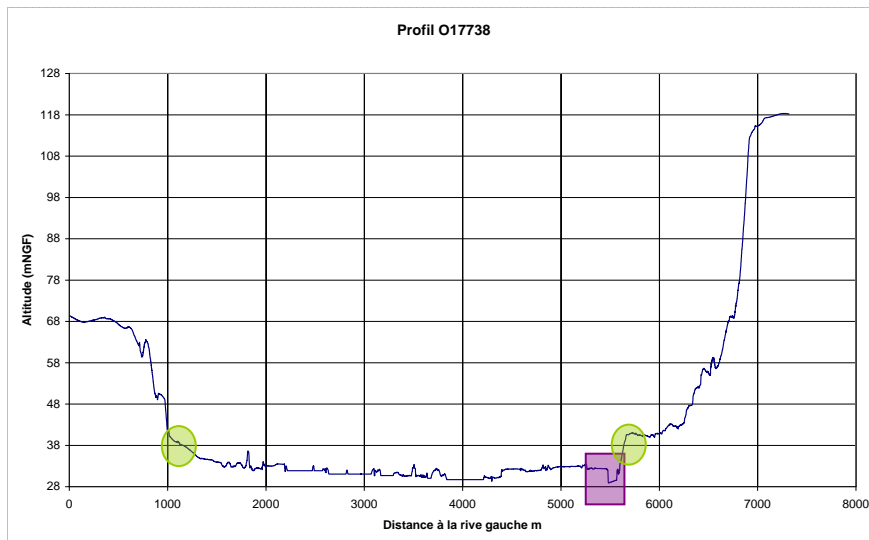
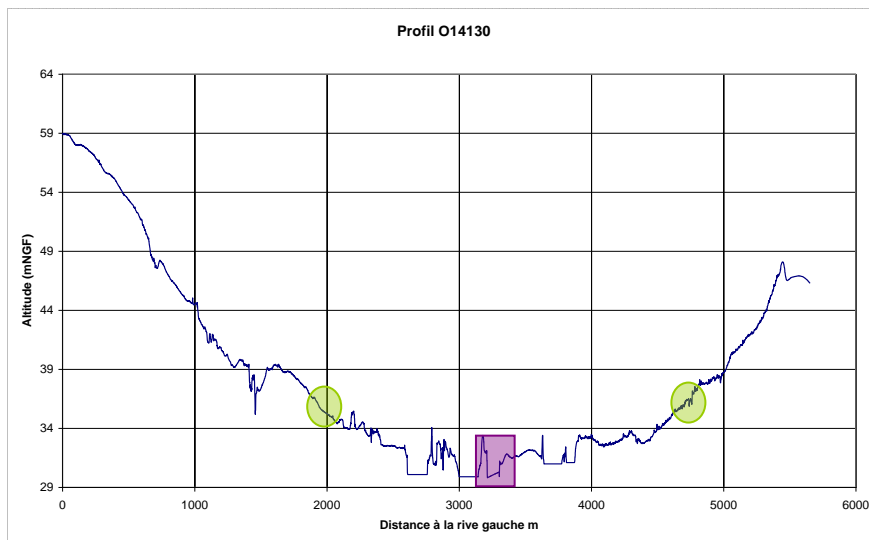
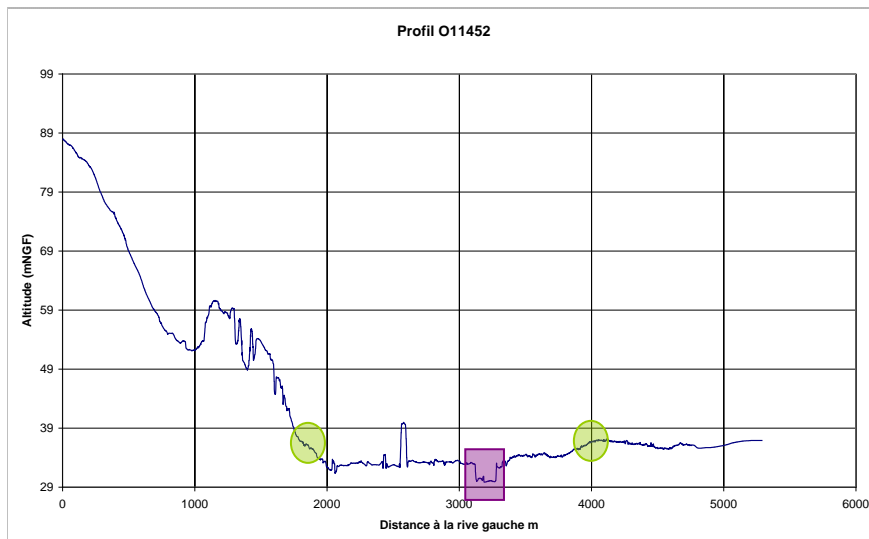


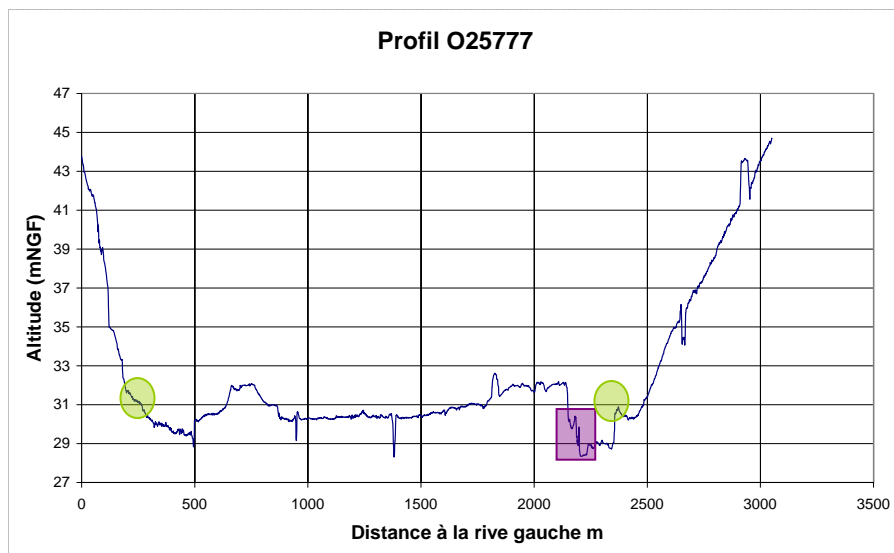
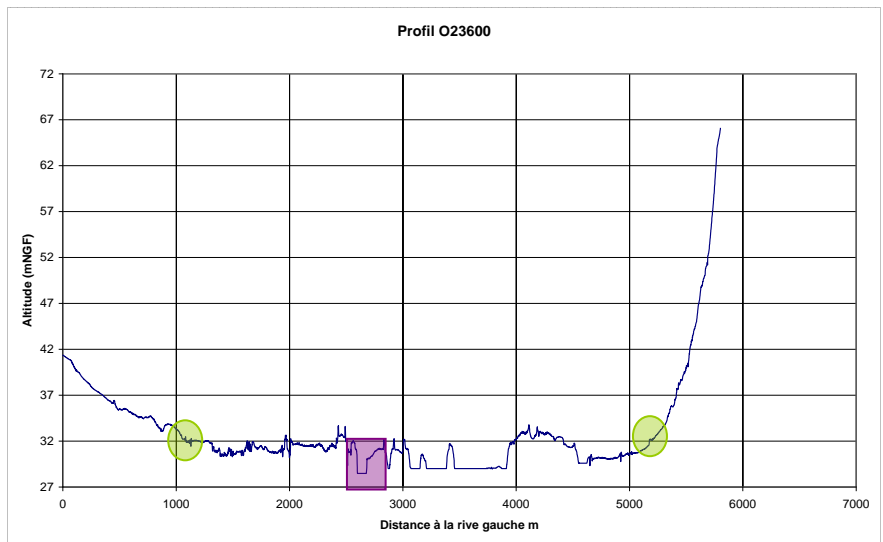
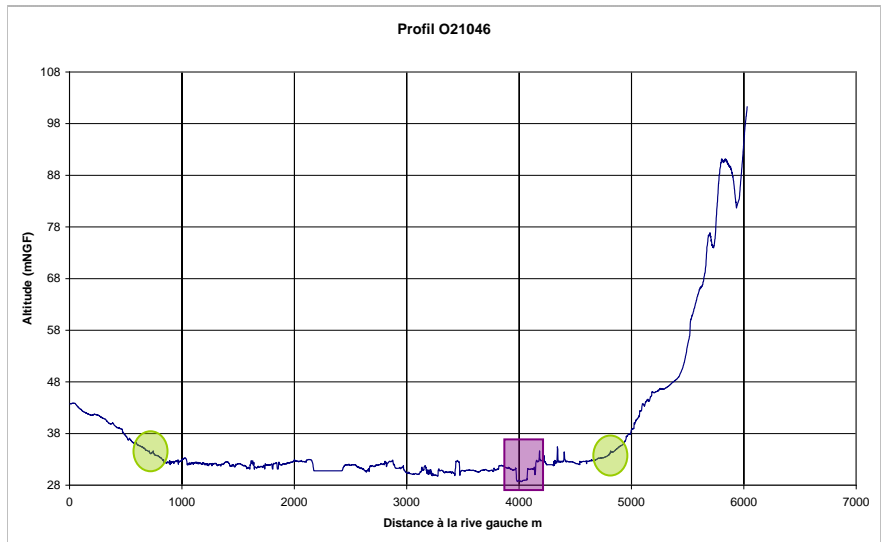


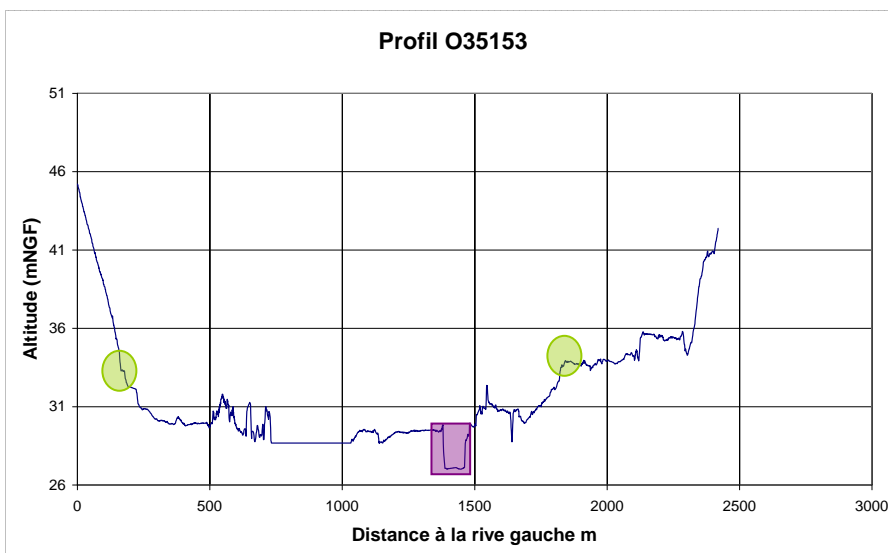
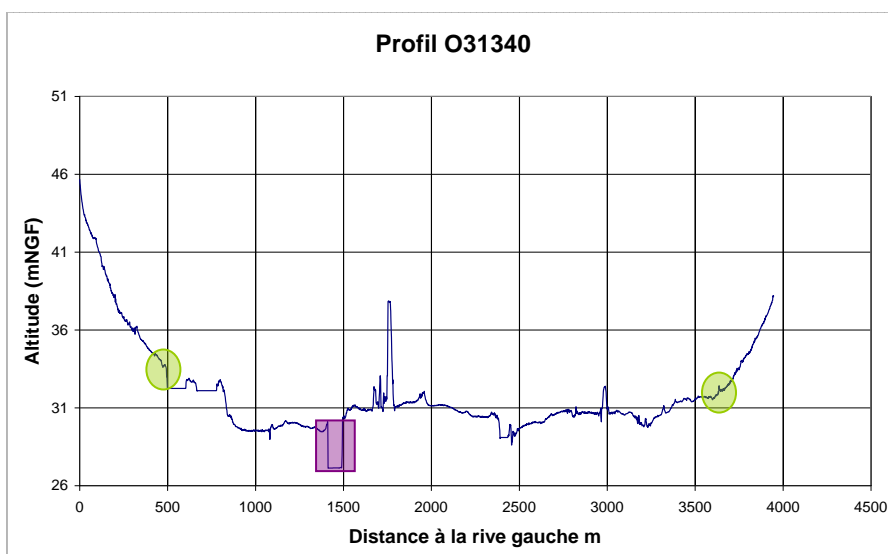
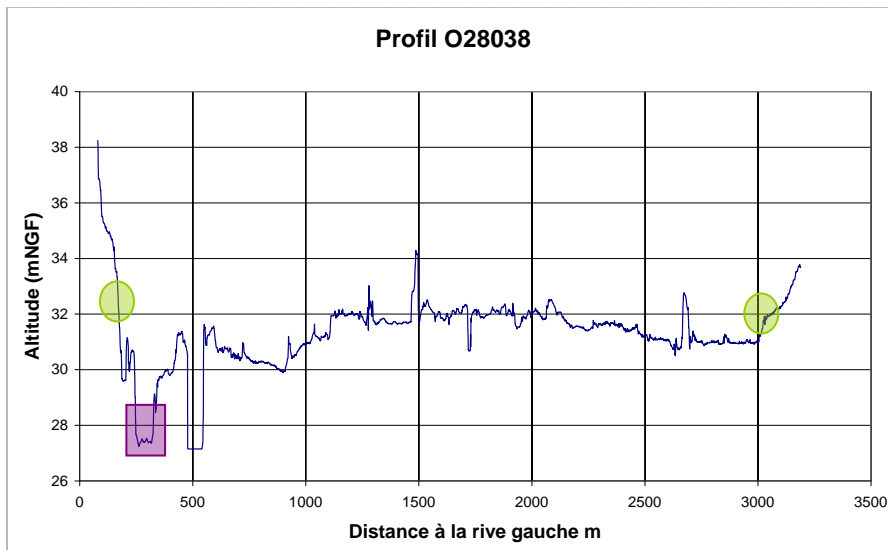


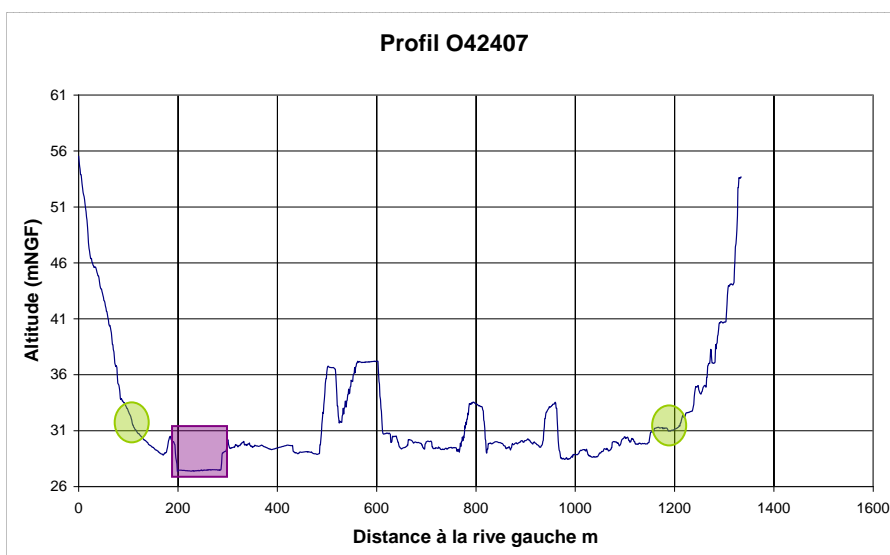
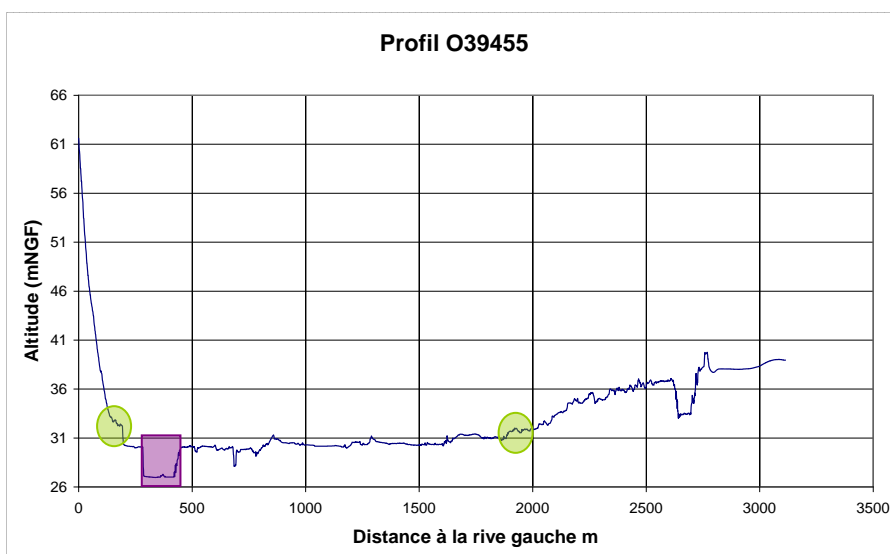
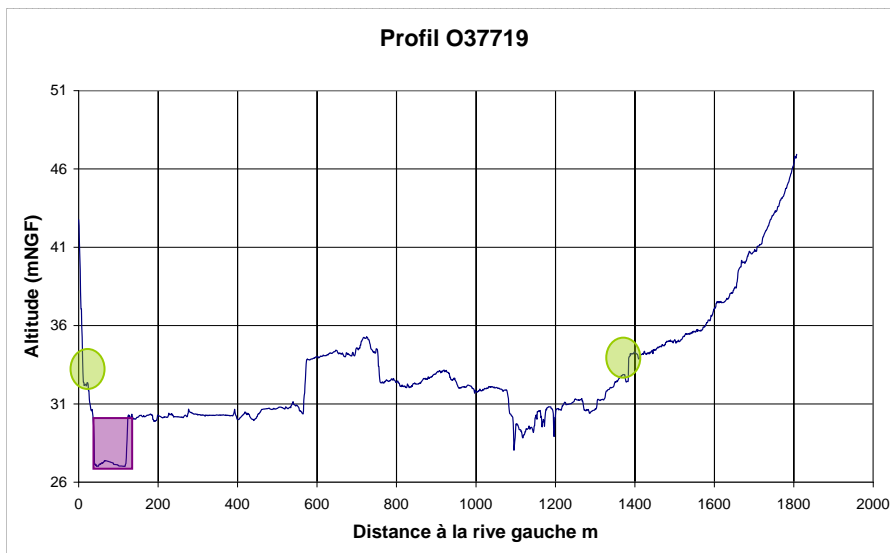


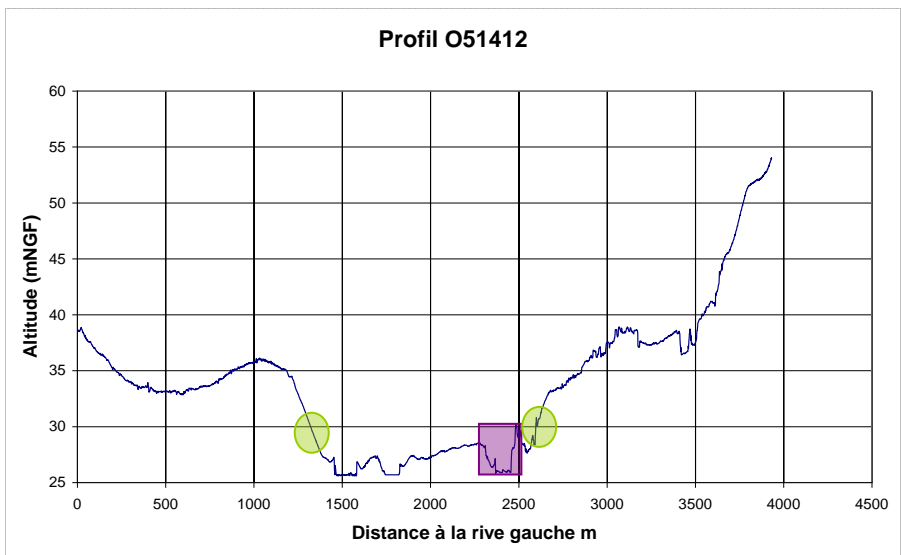
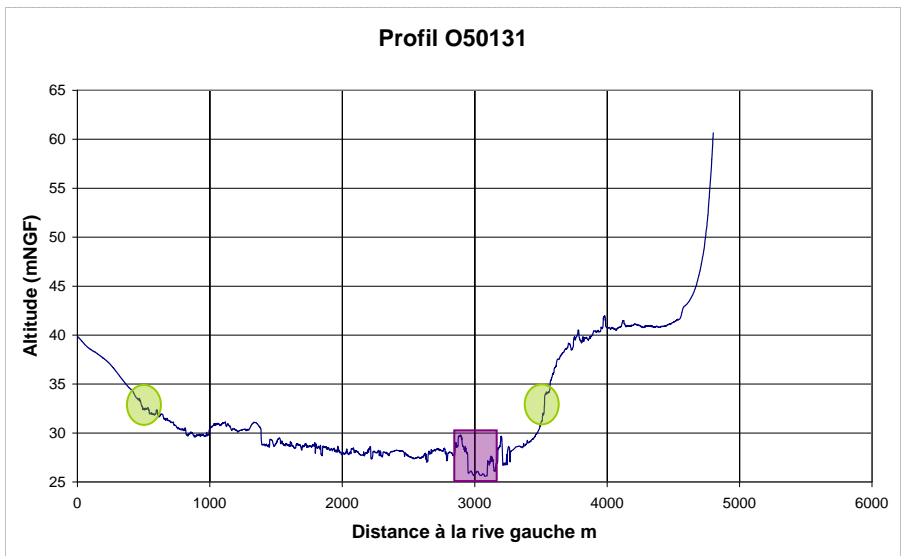
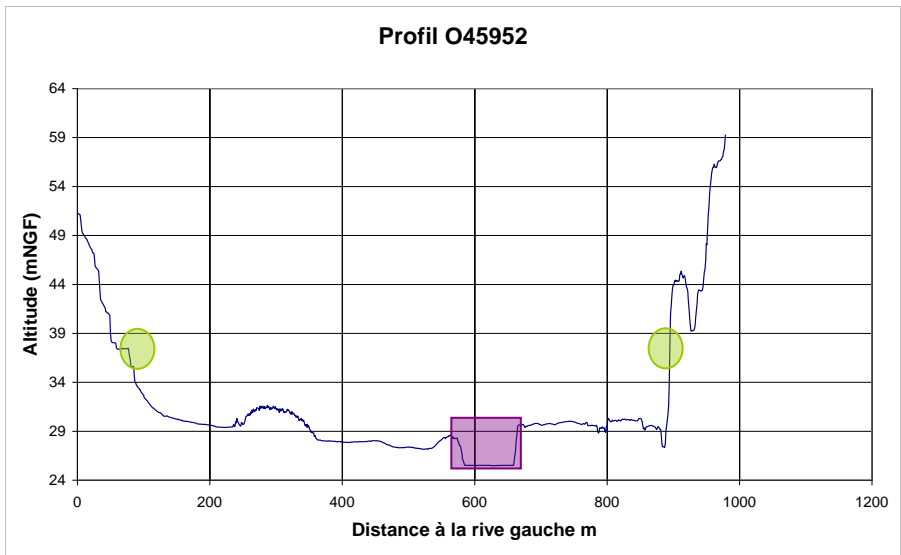


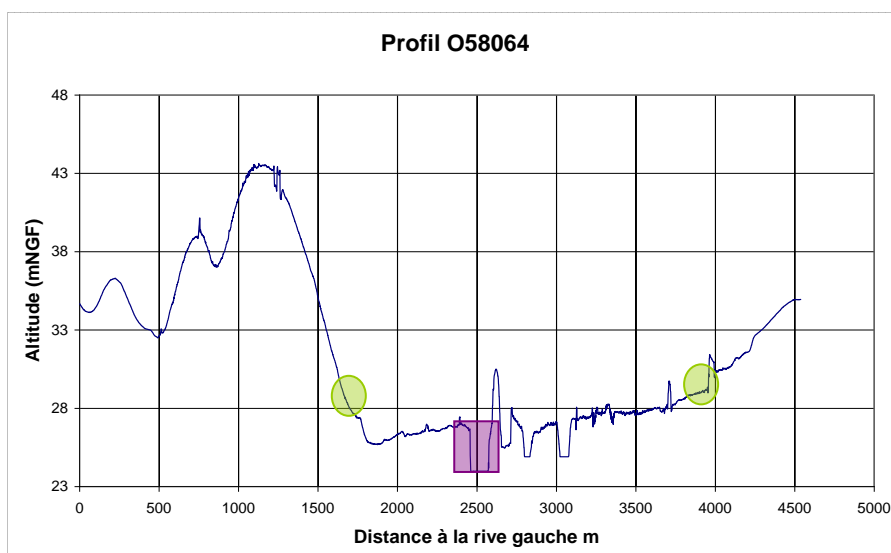
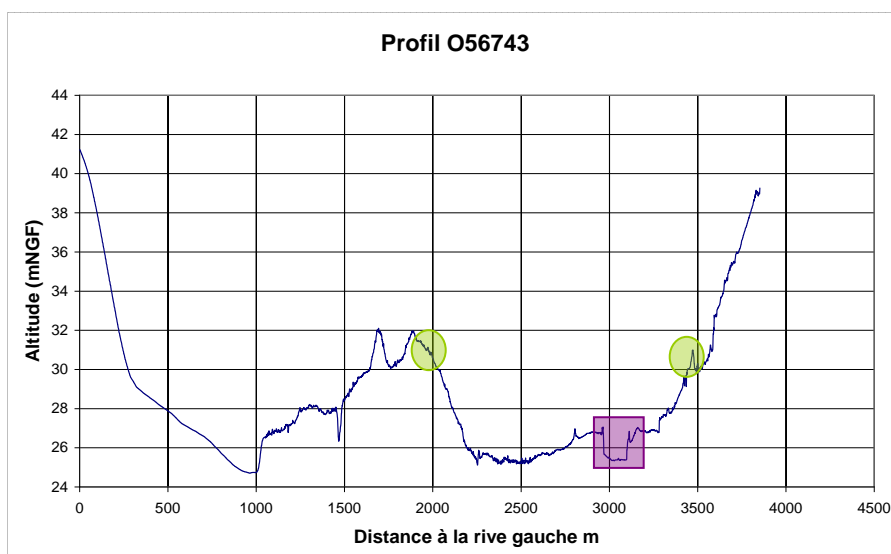
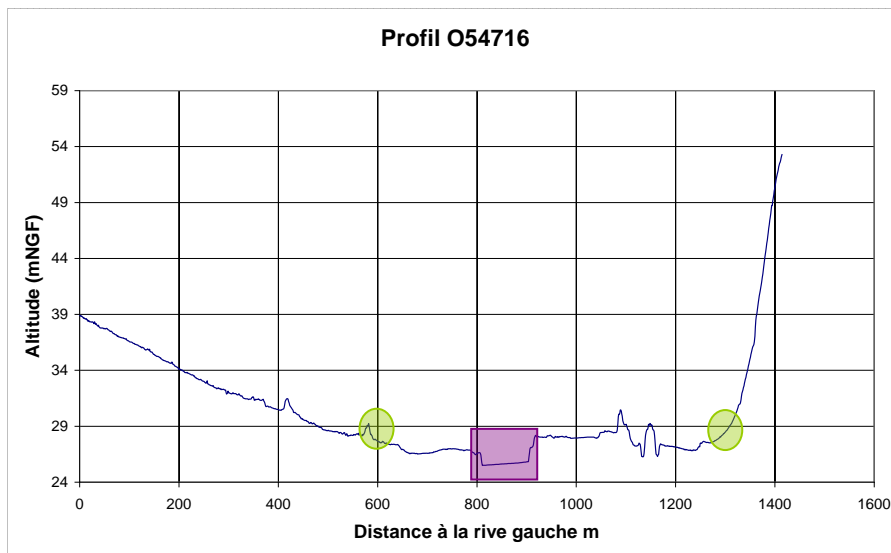










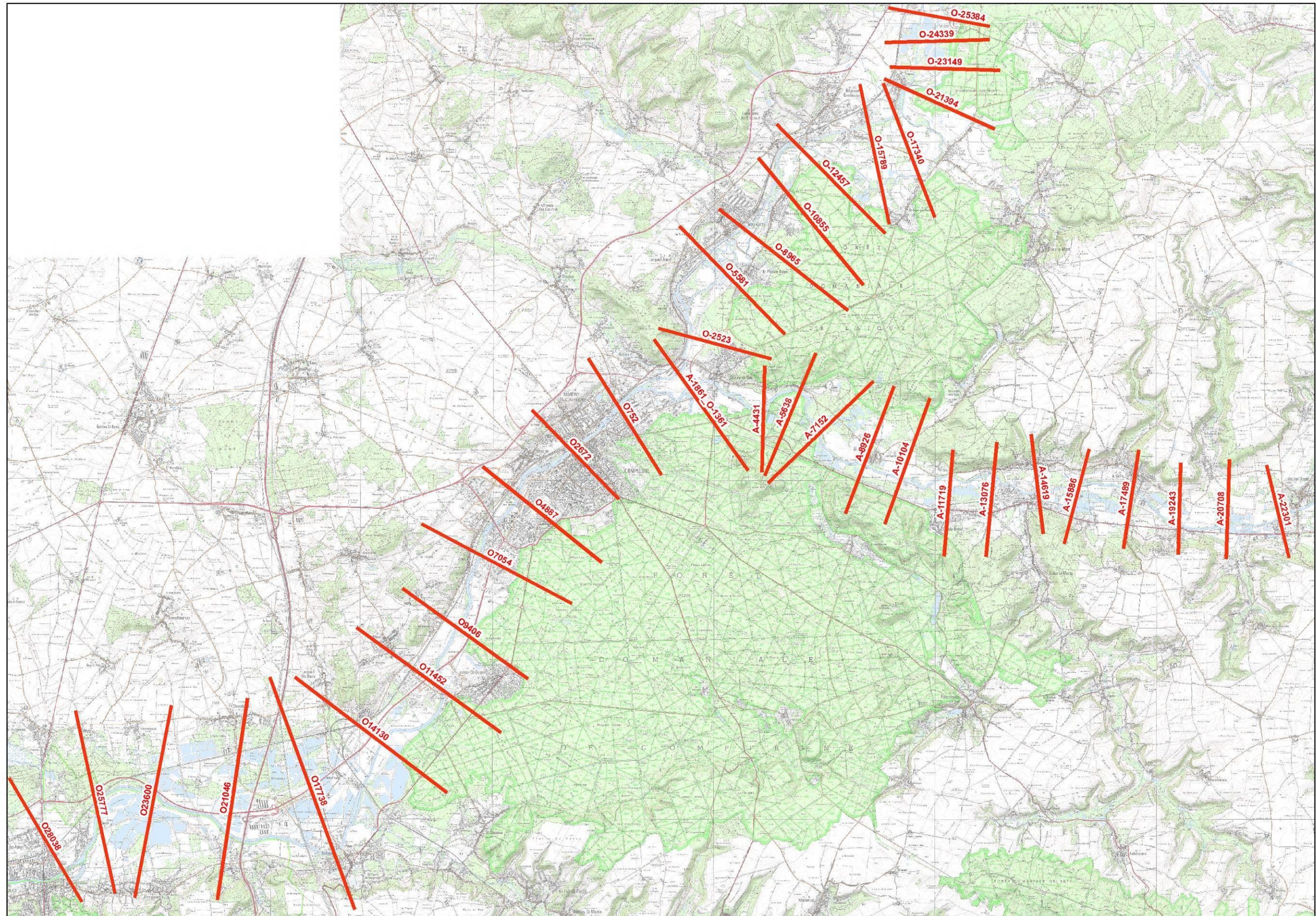


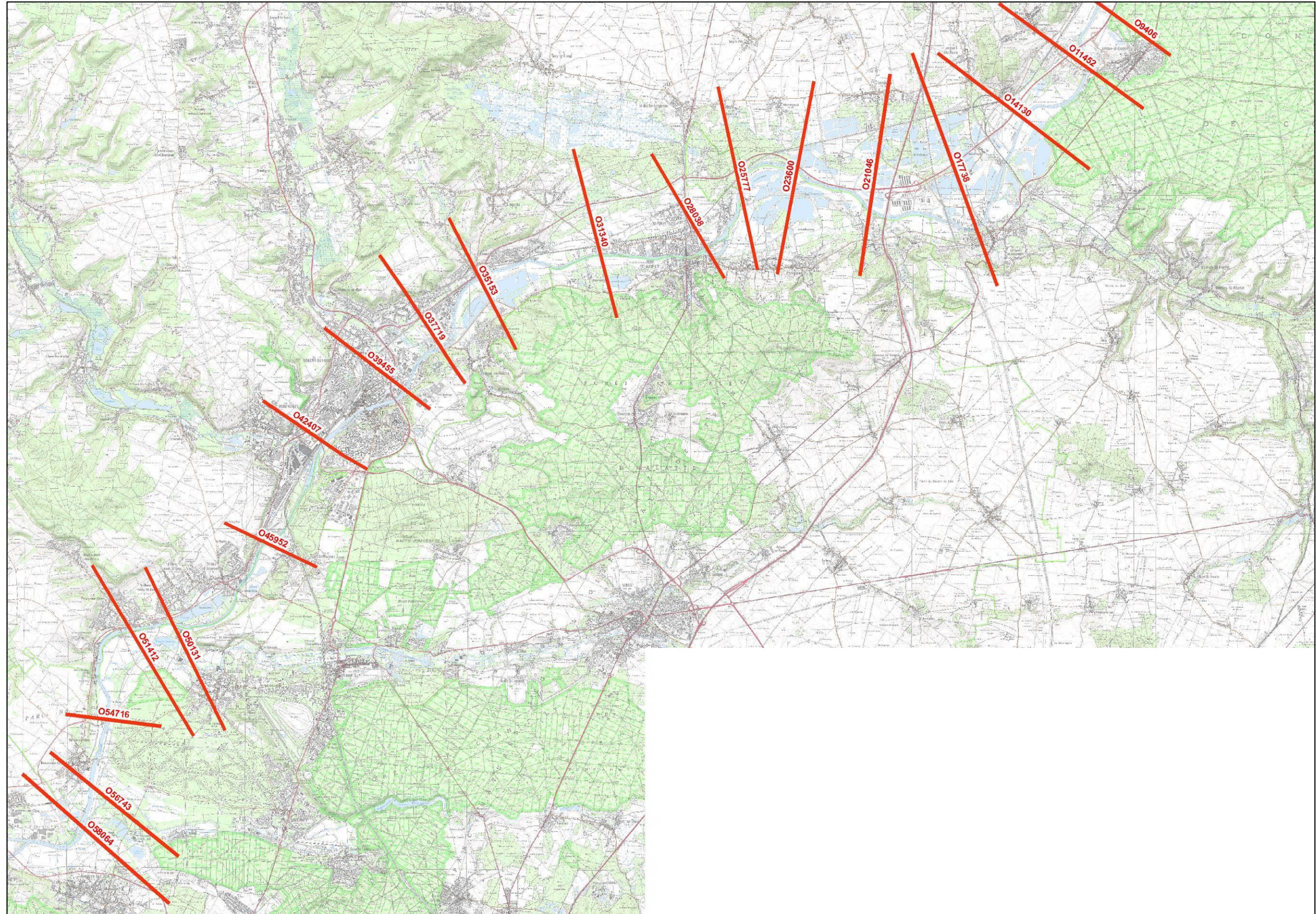
**ANNEXE 2**  
**PROFILS EN TRAVERS EXTRAITS DU**  
**MNT**

---









## ANNEXE 3

# **EMPRISE ET STRUCTURE DU MODELE**

---



