

Directive inondation

Bassin Rhin-Meuse

RAPPORT DE PRESENTATION

**Cartographie du risque inondation sur le
Territoire à Risque Important d'inondation (TRI)
de METZ - THIONVILLE - PONT-à-MOUSSON**

***Inondation par débordement
de la Moselle***

Version approuvée par arrêté SGAR N°2014-178

En date du : 13 Juin 2014



Sommaire

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Contexte | 4 |
| 2. | Principes généraux d'élaboration des cartes des surfaces inondables et des risques..... | 6 |
| 3. | Présentation du TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson | 7 |
| 3.1. | Présentation de la rivière Moselle | 8 |
| 3.2. | Historique des crues de la Moselle sur le secteur de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson | 10 |
| 3.3. | Etude hydraulique de référence sur la Moselle | 13 |
| 4. | Cartes des surfaces inondables sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson | 14 |
| 4.1. | Débits de la crue fréquente, la crue moyenne et la crue extrême..... | 15 |
| 4.2. | Modélisation hydraulique et cartographie des aléas | 15 |
| 4.3. | Traitement des ouvrages de protection (digues) | 15 |
| 4.3.1. | Traitement des ouvrages de protection (digues) pour les crues moyenne et fréquente | 16 |
| 4.3.2. | Traitement des ouvrages de protection (digues) pour la crue extrême | 17 |
| 4.4. | Limites et incertitudes des résultats obtenus | 17 |
| 5. | Cartes des risques sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson | 20 |
| 5.1. | Enjeux représentés..... | 20 |
| 5.1.1. | Bases de données mobilisées..... | 20 |
| 5.1.2. | Limites et incertitudes | 22 |
| 5.2. | Analyse des enjeux..... | 22 |
| 5.3. | Enjeux non cartographiés | 23 |

ANNEXES

Annexe 1 : Rapport du CETE de l'Est "Cartographie de la crue extrême pour les TRI de la rivière Moselle" (juillet 2013)

Annexe 2 : Méthodes d'estimation de la population et du nombre d'emplois en zone inondable

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Synthèse des principes d'élaboration des cartes des surfaces inondables pour les débordements de cours d'eau (extrait de la circulaire du 16 juillet 2012)..... | 6 |
| Tableau 2: Liste des communes du TRI Metz/Thionville/Pont-à-Mousson | 8 |
| Tableau 3 : hypothèse de débits de l'étude hydrologique de SOGREAH (2000) | 13 |
| Tableau 4 : Synthèse des hypothèses prises pour la cartographie des 3 scénarios de crue sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson | 14 |
| Tableau 5 : Synthèse des hypothèses de débits prises pour la cartographie des 3 scénarios de crue sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson | 15 |

Liste des cartes

| | |
|--|----|
| Carte 1 : Cartes des communes du TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson | 7 |
| Carte 2 : Relief du bassin versant de la Moselle | 10 |

1. Contexte

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

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

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

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

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

L'ensemble des productions établies pour cette directive, devra être à nouveau réalisé 6 ans plus tard. Cependant, les cartes pourront être modifiées de manière anticipée si nécessaire.

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

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

Cette liste comprend 12 TRI, dont le **TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson, identifié au regard des inondations par la Moselle.**

La qualification d'un territoire en TRI implique une nécessaire réduction de son exposition au risque d'inondation, et engage l'ensemble des pouvoirs publics concernés territorialement dans la recherche de cet objectif. A cette fin, une stratégie locale de gestion du risque d'inondation sera élaborée sur chaque TRI ou par groupe de TRI. Ses objectifs ainsi que le délai d'élaboration de la stratégie seront arrêtés par le Préfet Coordonnateur de Bassin d'ici

décembre 2014 en tenant compte des priorités de la Stratégie Nationale de Gestion du Risque d'Inondation et de sa déclinaison dans le Plan de Gestion du Risque d'Inondation (PGRI) du bassin Rhin et dans le PGRI du bassin Meuse.

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

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

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

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



30 Décembre 1947



14 Janvier 1955



9-11 Novembre 1910

Repères de crues de la Moselle à Metz-57 (Photographies Acthys-Diffusion)

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

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

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

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

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

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

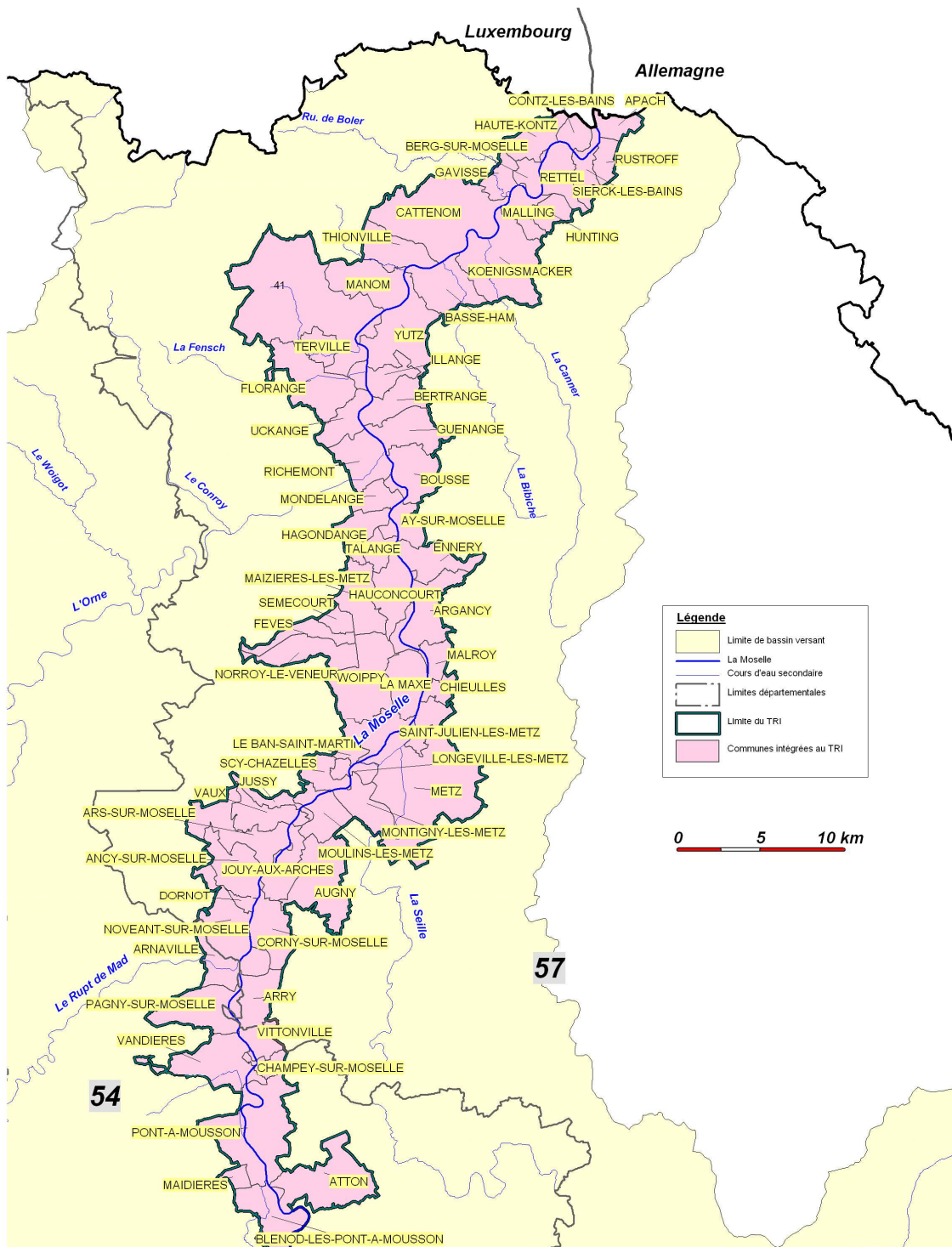
- 1 carte des surfaces inondables pour chacun des 3 scénarios (probabilité forte-le cas échéant¹, probabilité moyenne et probabilité faible) ;
- 1 carte de synthèse des surfaces inondables de l'ensemble des scénarios avec l'indication des limites des surfaces inondables,
- 1 seule carte des risques comportant les enjeux ajoutés sur la carte de synthèse des surfaces inondables.

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

¹ Si des enjeux sont impactés par la crue de forte probabilité

3. Présentation du TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson

Les communes qui font partie du TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson sont au nombre de 65. Le TRI s'étend d'Apach (57) à Blénod-les-Pont-à-Mousson (54) (cf. Carte 1).



Carte 1 : Cartes des communes du TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson

| Code INSEE | Nom de la commune | Code INSEE | Nom de la commune |
|------------|---------------------------|------------|-----------------------|
| 54022 | ARNAVILLE | 57341 | HUNTING |
| 54027 | ATTON | 57343 | ILLANGE |
| 54079 | BLENOD-LES-PONT-A-MOUSSON | 57350 | JOUY-AUX-ARCHES |
| 54114 | CHAMPEY-SUR-MOSELLE | 57352 | JUSSY |
| 54332 | MAIDIÈRES | 57370 | KOENIGSMACKER |
| 54415 | PAGNY-SUR-MOSELLE | 57371 | HAUTE-KONTZ |
| 54431 | PONT-A-MOUSSON | 57412 | LONGEVILLE-LES-METZ |
| 54546 | VANDIÈRES | 57433 | MAIZIÈRES-LES-METZ |
| 54589 | VITTONVILLE | 57437 | MALLING |
| 57021 | ANCY-SUR-MOSELLE | 57438 | MALROY |
| 57026 | APACH | 57441 | MANOM |
| 57028 | ARGANCY | 57452 | LA MAXE |
| 57030 | ARRY | 57463 | METZ |
| 57032 | ARS-SUR-MOSELLE | 57474 | MONDELANGE |
| 57039 | AUGNY | 57480 | MONTIGNY-LES-METZ |
| 57043 | AY-SUR-MOSELLE | 57487 | MOULINS-LES-METZ |
| 57049 | LE BAN-SAINT-MARTIN | 57511 | NORROY-LE-VENEUR |
| 57062 | BERG-SUR-MOSELLE | 57515 | NOVEANT-SUR-MOSELLE |
| 57067 | BERTRANGE | 57576 | RETTTEL |
| 57102 | BOUSSE | 57582 | RICHEMONT |
| 57124 | CATTENOM | 57604 | RUSTROFF |
| 57142 | CHIEULLES | 57616 | SAINT-JULIEN-LES-METZ |
| 57152 | CONTZ-LES-BAINS | 57642 | SCY-CHAZELLES |
| 57153 | CORNY-SUR-MOSELLE | 57645 | SEMECOURT |
| 57184 | DORNOT | 57650 | SIERCK-LES-BAINS |
| 57193 | ENNERY | 57663 | TALANGE |
| 57211 | FEVES | 57666 | TERVILLE |
| 57221 | FLORANGE | 57672 | THIONVILLE |
| 57245 | GAVISSE | 57683 | UCKANGE |
| 57269 | GUENANGE | 57701 | VAUX |
| 57283 | HAGONDANGE | 57751 | WOIPPY |
| 57287 | BASSE-HAM | 57757 | YUTZ |
| 57303 | HAUCONCOURT | | |

Tableau 2: Liste des communes du TRI Metz/Thionville/Pont-à-Mousson

3.1. Présentation de la rivière Moselle

La rivière Moselle, d'une longueur totale de 520 km, est un affluent du Rhin confluant à Coblenche, en Allemagne. Elle s'inscrit dans un bassin versant d'une superficie de 28 000 km² dont 11 500 km² en France (hors Sarre et Nieders). Le cours français de la Moselle représente un linéaire 300 km.

Le bassin versant français de la Moselle s'étend sur les départements des Vosges, de la Meurthe-et-Moselle, de la Meuse et de la Moselle. Outre son affluent principal, la Meurthe, la Moselle est également alimentée par plusieurs cours d'eau importants : le Madon, la Seille et l'Orne.

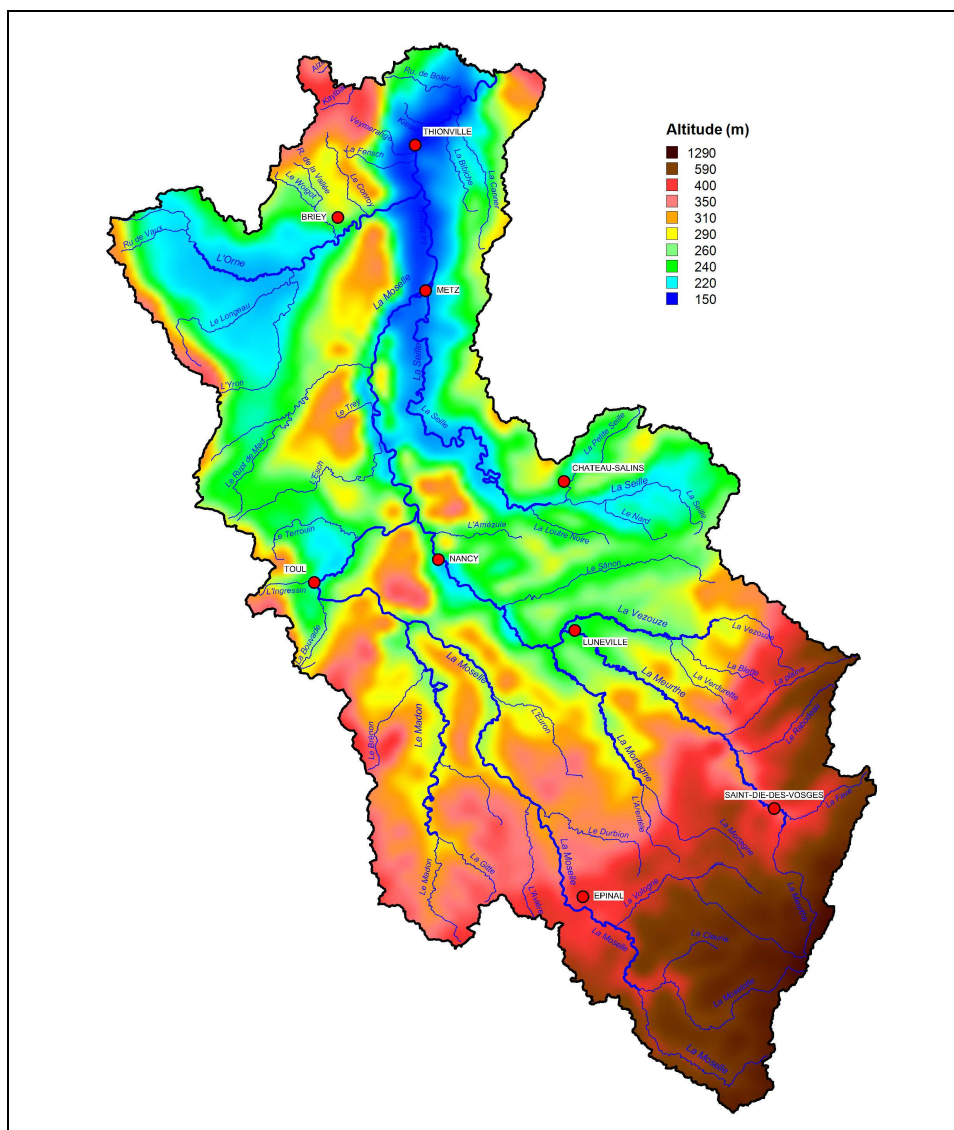
La Moselle prend sa source dans les Vosges à Bussang (731 m), sur les flancs ouest du Ballon d'Alsace (1 247 m), et quitte le territoire français à Apach, à la frontière franco-germano-luxembourgeoise, à une altitude de 145 m. Sa pente moyenne est de 2 ‰, soit 2 m/km.

Les cours d'eau principaux et leurs vallées se caractérisent par une succession de morphologies assez différenciées pour permettre d'identifier de grands tronçons aux comportements hydrologiques et hydrauliques homogènes.

- **La Moselle amont**, située dans le département des Vosges, est composée de vallées de transit rapide, à pente marquée. Les principaux affluents sont la Moselotte et la Vologne.
- Dans le secteur de la **Moselle médiane** (département de Meurthe-et-Moselle à l'amont de la confluence avec la Meurthe), le transit de la Moselle se ralentit et les crues sont grossies par les apports du Madon, affluent rive gauche à réaction rapide. Le Madon draine un bassin versant de 1 032 km².
- **La Meurthe** est le principal affluent de la Moselle dans sa partie française. Son tronçon amont, ainsi que ses deux principaux affluents, la Vezouze et la Mortagne, sont caractérisés par une pente relativement importante et des vallées réactives. A l'aval de Lunéville et jusqu'à la confluence, la Meurthe aval traverse des vallées à pente plus faible et à transit plus lent.
- **A l'aval de la confluence avec la Meurthe**, dans les reliefs en cuesta du plateau lorrain, la Moselle adopte un comportement plus méandreux, dans un cours à pente relativement faible et au lit majeur large, particulièrement à l'aval de Metz. Elle reçoit dans ce secteur les contributions de deux principaux affluents de plaine, la **Seille** et l'**Orne**.

Les caractéristiques physiques du bassin versant de la **Seille** favorisent toutes dans l'ensemble les phénomènes de ruissellement : ni la géologie, ni l'occupation des sols ne favorisent l'infiltration. Les crues se déroulent en général sur un temps relativement long. La montée des eaux est assez lente, sauf lorsque les sols sont saturés par des épisodes pluvieux précédents.

Sur le bassin de l'**Orne**, les apports des bassins de l'Yron et de l'Orne amont constituent l'essentiel de la crue. Il est important de noter la concomitance des crues de ces deux bassins qui explique l'importance des crues dès Conflans. A l'amont, les terrains sont imperméables et naturellement dépourvus de nappes d'eau importantes. Ils sont donc propices aux crues soudaines.



Carte 2 : Relief du bassin versant de la Moselle

3.2. Historique des crues de la Moselle sur le secteur de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson

Les dernières crues les plus fortes et les plus dévastatrices de la Moselle aval se sont produites en **décembre 1947** ainsi qu'en **avril et mai 1983**.

Crue de décembre 1947

La **crue de décembre 1947** est une crue d'hiver en cas de dégel soudain.

Elle survient après un mois de décembre fortement pluvieux (jusqu'à 3 fois les normales) avec des chutes de neiges importantes sur les Vosges. Un redoux généralisé (on dépasse les 10°C) associé à des pluies diluviennes, sont à l'origine de cet événement hydrologique exceptionnel.

La crue de décembre 1947, rapide, s'est propagée d'amont en aval de la Moselle française en une semaine, à partir du 26 décembre. Elle a une période de retour au moins centennale sur certains secteurs, notamment à Hauconcourt en Moselle.

Les dégâts et pertes liés à cette crue sont exceptionnels.



Destruction de route à Ay et passage à Metz Nord

(Source : site *Pluies Extrêmes de Météo France* <http://pluiesextremes.meteo.fr>)

Crue d'avril 1983

Le total des pluies d'avril 1983 est à peu près le triple de la normale. Le résultat en est une crue très forte dans les Vosges, bien alimentée par les bassins lorrains. La période de retour de **la crue d'avril 1983** à Hauconcourt est estimée à 40 ans. Le secteur de Pont-à-Mousson est touché, notamment les entreprises situées le long de la Moselle.

Crue de mai 1983

La **crue de mai 1983** est due à un épisode de fortes pluies survenu principalement entre le 22 et le 26 mai 1983. Tout comme en avril 1983, le total des pluies de mai 1983 est à peu près le triple de la normale. La période de retour de **la crue de mai 1983** est de l'ordre de la trentennale. La Moselle sort de son lit et envahit plusieurs quartiers à Metz, notamment au hameau Bas-Chênes à Saint-Julien-lès-Metz où une soixantaine de personnes est évacuée par les sapeurs-pompiers.



*La Moselle à Metz - campus du Saulcy (57), 11 avril 1983 13h
(Source : site CARMEN de la DREAL Lorraine)*



*La Moselle à Metz et Saint Julien-les-Metz (57), 28 mai 1983 13h
(Source : site CARMEN de la DREAL Lorraine)*

3.3. Etude hydraulique de référence sur la Moselle

L'étude de référence sur le bassin de la Moselle est l'étude de l'atlas des zones inondables de la Moselle et de la Meurthe (SOGREAH, 2000).

Dans le cadre de cette étude, les cartographies des crues décennale, trentennale et de la crue de référence ont été réalisées au 1/5 000, sur la base d'une modélisation hydraulique ("Atlas des Zones Inondables de la Moselle et de la Meurthe", SOGREAH, février 2000).

Hypothèses hydrologiques

La crue de référence est basée sur les débits de la crue de décembre 1947 reconstitués. La crue de décembre 1947 est centennale ou légèrement supérieure à la centennale selon les secteurs (cf. Tableau 3).

| TEMPS DE RETOUR (ANS) ==> | | 2 | 10 | 100 | 1947 | Temps de base |
|---------------------------|----------|-----|------|-------------|-------|------------------|
| RIVIERE et LIEU | BV (km2) | | | | | (heures) |
| Moselle à Rupt | 153 | 76 | 135 | 280 | - | 75 |
| Moselle à Epinal | 1220 | 330 | 580 | 900 | 900 | 100 |
| Moselle à Toul | 3350 | 625 | 900 | 1250 | 1300 | 125 |
| Moselle à Custines | 6830 | 910 | 1420 | 1890 à 2010 | 2100 | 150 (6jours 1/4) |
| Moselle à Metz | 7880 | - | 1440 | 2100 à 2450 | 2400* | 150 |
| Moselle à Hauconcourt | 9387 | 960 | 1580 | 2200 à 2460 | 2400* | 150 |
| Moselle à Uckange | 10770 | - | - | 2430 | - | 150 |
| Madon à Pulligny | 940 | 159 | 238 | 337 | - | |
| Meurthe à Nancy | 2930 | 295 | 550 | 860 | 860* | 150 |
| Seille à Metz | 1280 | - | 136 | 212 | - | |
| Orne à Rosselange | 1226 | - | 259 | 367 | - | |

(*) Les débits réels de la crue de 1947 sont à augmenter de 140 m³/s du fait d'une rupture de digue du canal à l'amont de Nancy.

Tableau 3 : hypothèse de débits de l'étude hydrologique de SOGREAH (2000)

MNT² utilisé pour la réalisation de la cartographie

A l'exception du secteur de Thionville (levés topographiques de 1995) et de l'amont de Noircieux (levés du contournement de Remiremont et photogrammétrie de 2001), les levés topographiques pour la réalisation du MNT ont été effectués entre 1998 et 2000 par photogrammétrie (échelle des prises de vue au 1/8 000, photographies effectuées en mai 1998).

² MNT : Modèle Numérique de Terrain

4. Cartes des surfaces inondables sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson

La qualification des inondations par la Moselle sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson a été basée sur la cartographie obtenue dans le cadre de l'étude SOGREAH de 2000 :

- la cartographie de la crue trentennale a été utilisée pour la crue fréquente,
- la cartographie de la crue de référence a été utilisée pour la crue moyenne au sens de la Directive Inondation.

La cartographie de la crue extrême a été conduite par le CETE de l'Est pour le compte de la DREAL Lorraine, pour les 2 TRI de la Moselle (TRI d'Epinal et TRI de Metz/Thionville/Pont-Saint-Vincent). Un comité technique de suivi composé de la DDT54, la DDT88, la DDT57 et de la DREAL Lorraine a validé les différentes hypothèses prises en compte et les résultats obtenus.

Le principe retenu pour cartographier la crue extrême a été de réutiliser le modèle hydraulique construit en 2000 par SOGREAH. Il s'agit d'un modèle hydraulique 1D à casiers (logiciel CARIMA).

Les hypothèses retenues sont résumées dans le tableau ci-dessous :

| Aléa | Modèle utilisé | MNT utilisé | Réalisation de la cartographie |
|-----------------------|---|----------------------------|--------------------------------|
| Crue fréquente | Utilisation de la cartographie existante de la crue trentennale | Photogrammétrie (cf. §3.3) | SOGREAH (2000) |
| Crue moyenne | Utilisation de la cartographie existante de la crue de référence crue de 1947 | Photogrammétrie (cf. §3.3) | SOGREAH (2000) |
| Crue extrême | Cartographie de la crue de temps de retour 1000 ans Utilisation du modèle hydraulique de la Moselle (modèle construit à partir de CARIMA) mis au point par SOGREAH en 2000 | Lidar 2012 ³ | CETE de l'Est (juillet 2013) |

Tableau 4 : Synthèse des hypothèses prises pour la cartographie des 3 scénarios de crue sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson

Le rapport du CETE de l'Est "Cartographie de la crue extrême pour les TRI de la rivière Moselle" (juillet 2013) est joint en annexe 1 du présent rapport.

Il détaille en particulier :

- la détermination des débits de la crue extrême,
- la modélisation hydraulique de la crue extrême et la cartographie des aléas obtenue,

³ Le LIDAR de 2012 est issu du marché national passé par le Ministère de l'Ecologie avec l'IGN

- les limites et incertitudes de l'étude.
- Ces différents points sont résumés ci-dessous.

4.1. Débits de la crue fréquente, la crue moyenne et la crue extrême

Les hypothèses suivantes ont été utilisées :

| | Débit de la Moselle à Custines | Débit de la Moselle à Hauconcourt |
|-----------------------|---|---|
| Crue fréquente | $Q_{30\text{ans}} = 1680 \text{ m}^3/\text{s}$ (SOGREAH, 2000) | $Q_{30\text{ans}} = 1980 \text{ m}^3/\text{s}$ (SOGREAH, 2000) |
| Crue moyenne | $Q_{\text{ref}} (\text{crue de 1947}) = 2100 \text{ m}^3/\text{s}$ (SOGREAH, 2000) | $Q_{\text{ref}} (\text{crue de 1947}) = 2480 \text{ m}^3/\text{s}$ (SOGREAH, 2000) |
| Crue extrême | $Q_{1000\text{ans}} = 2800 \text{ m}^3/\text{s}$ (CETE, juil. 2013) | $Q_{1000\text{ans}} = 3150 \text{ m}^3/\text{s}$ (CETE, juil. 2013) |

Tableau 5 : Synthèse des hypothèses de débits prises pour la cartographie des 3 scénarios de crue sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson

4.2. Modélisation hydraulique et cartographie des aléas

Le modèle hydraulique utilisé est basé sur CARIMA (modèle 1D à casiers). Il a été développé dans le cadre de l'étude : "Atlas des Zones Inondables de la Moselle et de la Meurthe", (SOGREAH, fév. 2000).

Les calculs de simulation de crues ont été réalisés sous CARIMA en régime transitoire pour les occurrences décennale, trentennale et la crue de référence.

Compte tenu de la complexité de l'étude et du linéaire à couvrir (env. 250 km), le secteur d'étude a été découpé en cinq sous modèles distincts et consécutifs.

- MOSELLE1 : de Bussang à Golbey (pk 0 à 81,87).
- MOSELLE2 : de Golbey à Tonnoy (pk 81,87 à 133,91).
- MOSELLE3 : de Tonnoy à Custines (pk 133,91 à 202,64).
- MOSELLE4 : de Custines à Uckange (pk 202,4 à 278,4).
- MOSELLE5 : d'Uckange à la frontière luxembourgeoise (pk 276,85 à 313,75).

Le modèle hydraulique a été calé principalement avec les crues de 1982-83 sur l'aval et avec les crues d'octobre 1986 et de février 1990 sur l'amont.

4.3. Traitement des ouvrages de protection (digues)

Sur l'emprise des TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson, la liste des digues recensées dans la base de données SIOUH est la suivante :

- Digue du boulevard de Riolle (Pont-à-Mousson)

- Digue de l'ancien canal de Pont-à-Mousson
- Digue de la déviation d'Ars
- Digue dite du "canal de Jouy"
- Digue du Ban-Saint-Martin
- Digue du nouveau port de Metz
- Digue de Ay-sur-Moselle
- Digue du Malambas (Hauconcourt – Raffinerie)
- Digue de Hauconcourt
- Digue du port de Thionville

4.3.1. Traitement des ouvrages de protection (digues) pour les crues moyenne et fréquente

Lors de la réalisation du modèle hydraulique de la Moselle par SOGREAH, l'hypothèse retenue a été celle de **la résistance de toutes les digues aux crues** en particulier la crue de référence (crue moyenne).

Les caractéristiques géométriques des digues ont donc été prises en compte dans le modèle hydraulique.

Le SNNE (Service Navigation Nord-Est) en accord avec les DDE (services réalisant les PPRi) a complété l'Atlas des Zones Inondables de SOGREAH **pour la crue de référence** en cartographiant les zones protégées par certaines digues. La méthode utilisée a été celle décrite dans la circulaire du 16 juillet 2012 consistant à projeter horizontalement le niveau d'eau du lit mineur ou majeur devant la digue vers l'arrière de la digue. L'enveloppe ainsi obtenue ("zone protégée") a été divisée en deux : une zone dite "Zone de proximité immédiate" arbitrairement fixée jusqu'à 100 m derrière la digue et une "Zone d'expansion" pour le reste de l'enveloppe.

Les "zones protégées" sont équivalentes à la zone soustraite à l'inondation au sens de la Directive Inondation et dans ce cas la digue est considérée comme résistante à la crue. Ces zones sont représentées dans l'atlas cartographique jointe pour la crue moyenne.

Les digues pour lesquelles une "zone protégée" a été calculée pour la crue moyenne sont les suivantes, pour le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson :

- **Digue de Ay-sur-Moselle**
- **Digue du Malambas à Hauconcourt**
- **Digue du canal de Jouy**

Il convient de préciser que :

- la digue d'Hauconcourt construite ultérieurement à 2002 n'est prise en compte ni dans le modèle hydraulique ni dans la cartographie des zones inondables.
- La digue du boulevard de Riolle à Pont-à-Mousson a été construite au 16ème et 17ème siècle, elle est très large et surmontée d'une voie de circulation, elle est contournée en crue entre la crue décennale et la crue trentennale. Sa défaillance est donc très peu probable et son impact simplement limitant sur l'inondabilité de la « zone protégée ».

Pour les autres digues (toutes gérées par le SNNE-VNF) aucune cartographie de la « zone protégée » n'a été faite, les enjeux étant essentiellement liés à la navigation et au commerce fluvial (sans intérêt immédiat lors de la réalisation des PPRi à l'époque).

4.3.2. Traitement des ouvrages de protection (digues) pour la crue extrême

D'après l'étude du CETE de l'Est (juillet 2013) :

1. les digues suivantes sont sous le niveau de la crue extrême sur tout ou partie de leur linéaire :
 - Digue du Ban-Saint-Martin
 - Digue de Ay-sur-Moselle
 - Digue du port de Thionville

2. les digues suivantes sont à la limite du niveau de la crue extrême sur tout ou partie de leur linéaire (avec éventuellement une légère surverse sur une section) :
 - Digue de l'ancien canal de Pont-à-Mousson
 - Digue de la déviation d'Ars mais la partie amont de la digue, entre la voie SNCF et la dérivation navigable, est surmontée d'un mur en palplanches qui ne semble pas apparaître sur le LIDAR.
 - Digue dite du "canal de Jouy"
 - Digue du nouveau port de Metz

3. les digues suivantes sont au dessus du niveau de la crue extrême :
 - Digue du boulevard de Riolle (Pont-à-Mousson)
 - Digue du Malambas (Hauconcourt – Raffinerie)
 - Digue de Hauconcourt

Pour la crue extrême, toutes les digues ont été considérées comme défailtantes à l'exception de la digue du boulevard de Riolle et de la digue de l'ancien canal à Pont-à-Mousson (digues contournées en crue, cf. rapport du CETE, juillet 2013, en annexe 1). Les zones derrière digue ont été cartographiées en utilisant la méthode décrite dans la circulaire du 16 juillet 2012.

4.4. Limites et incertitudes des résultats obtenus

Le rapport du CETE de l'Est (joint en annexe 1) liste l'ensemble des limites et incertitudes de cette étude. Il s'agit des incertitudes dans l'ensemble de la chaîne de production des cartes des zones inondables, à savoir : hydrologie, hydraulique, MNT.

En particulier, la réutilisation dans cette phase de cartographie de MNT de différentes époques donc de différentes précisions, met en lumière les évolutions technologiques de représentation cartographiques intervenues depuis une dizaine d'années, ainsi que les limites de ce premier exercice.

A titre d'illustration, les figures suivantes montrent sur le secteur de Pont-à-Mousson les différences de densité (Figure 1) et d'altitude (Figure 2) entre les MNT issus de la photogrammétrie de 2000 et du Lidar 2012.

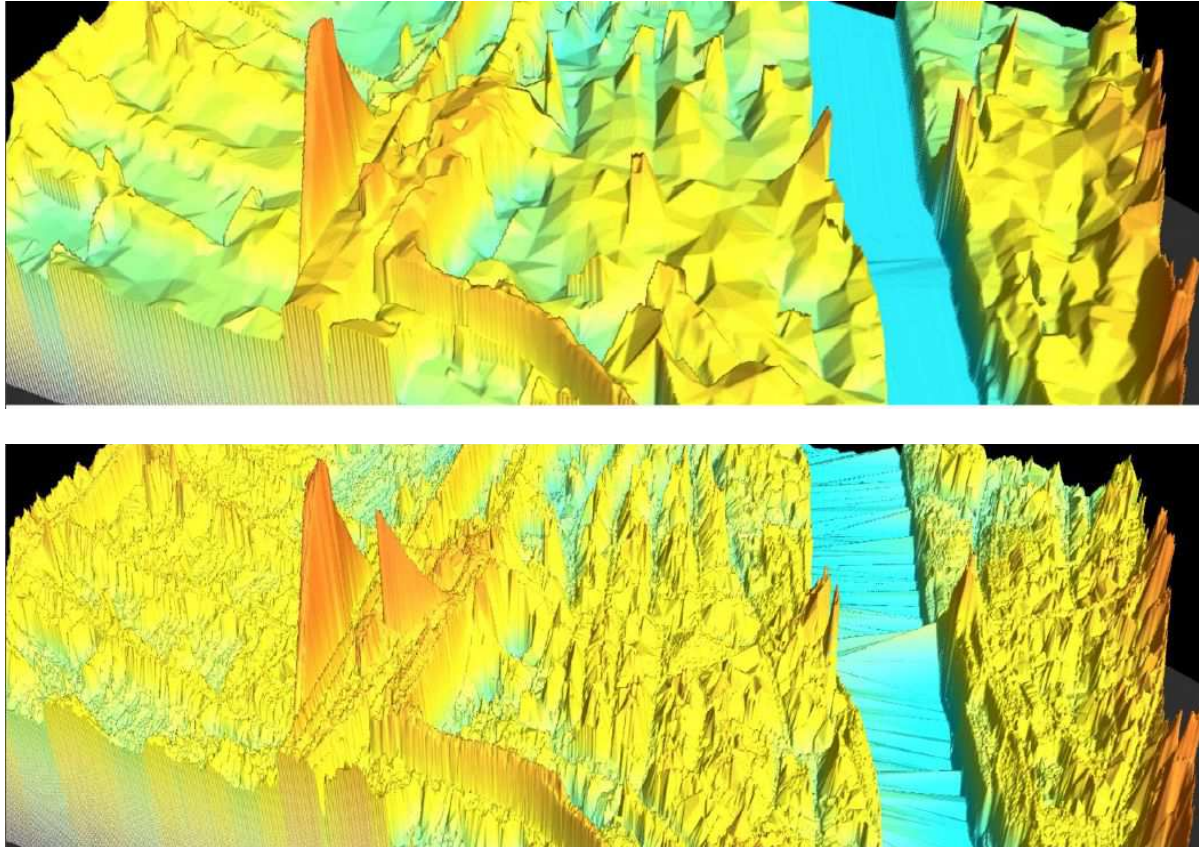


Figure 1 : Comparaison du MNT issu de la photogrammétrie de 2000 (figure du haut) et du LIDAR de 2012 (figure du bas) : différence de densité

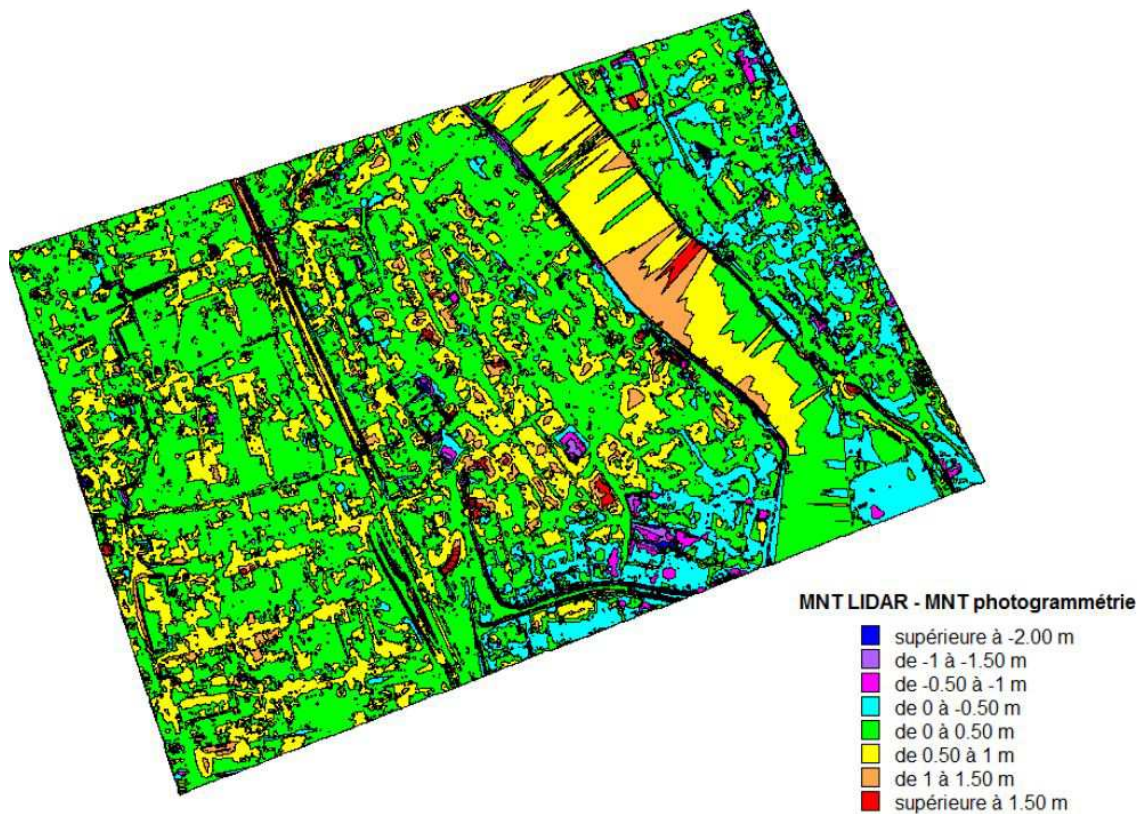


Figure 2 : Comparaison du MNT issu de la photogrammétrie de 2000 et du LIDAR de 2012: différence d'altitude entre les MNT

Ainsi, lors du report des cotes de zones inondables sur ces différents fonds topographiques, des singularités peuvent apparaître en limite de zone inondable (cf. Figure 3) : pour une cote plus importante, la crue extrême peut apparaître moins étendue que la crue moyenne (profils P1 et P2) du simple fait d'un MNT plus haut.

En pratique, ces singularités sont d'ampleur faible (quelques dizaines de mètres) au regard de l'échelle globale de la carte et des emprises de zones inondables. Elles sont une illustration des incertitudes inhérentes au MNT sous-jacent.

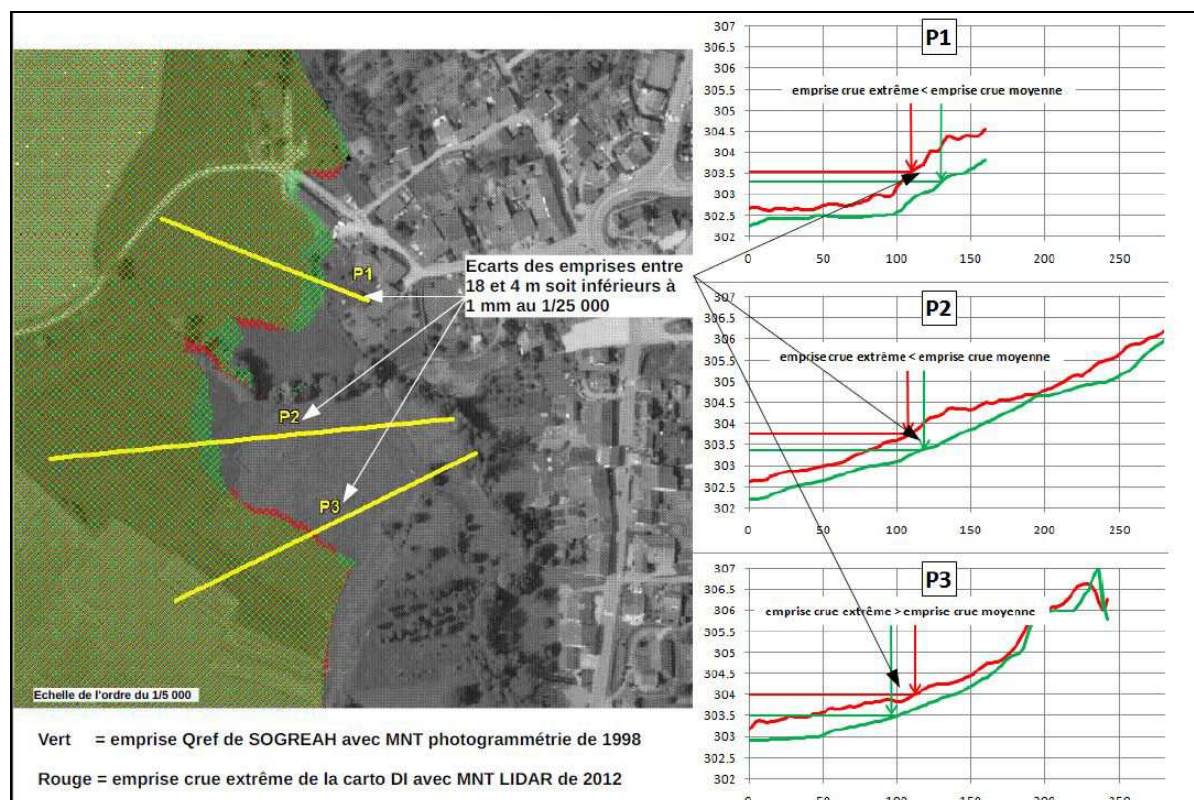


Figure 3: Conséquence de l'utilisation de différents MNT pour la cartographie des zones inondables dans le cadre de la Directive Inondation

Ce type d'incohérence est mis en avant par la carte des risques, la limite de la zone inondable de la crue moyenne peut être légèrement plus large que la limite de la zone inondable de la crue extrême.

Les calculs de population et d'emplois en zones inondables peuvent aussi mettre ce type d'incohérence en avant, avec des chiffres pour la crue extrême légèrement inférieurs à ceux de la crue moyenne. C'est le cas pour les communes de Mondelange, Champéy-sur-Moselle et Blénod-les-Pont-à-Mousson.

5. Cartes des risques sur le TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson

5.1. Enjeux représentés

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

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

5.1.1. Bases de données mobilisées

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

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

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

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

Il en résulte la représentation des enjeux suivants :

1. Estimation de la population permanente en zone inondable

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

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

2. Estimation des emplois en zone inondable

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

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

3. Bâtiments dans la zone inondable

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

Ils tiennent compte de l'ensemble des bâtiments de plus de 20m² (habitations, bâtiments industriels, bâtis remarquables, ...).

4. Types d'activités économiques dans la zone inondable

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

5. Installations polluantes

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

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

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

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

Ils ont été divisés en plusieurs catégories :

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

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

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

5.1.2. Limites et incertitudes

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

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

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

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

5.2. Analyse des enjeux

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

- Estimation de la population en zone inondable (nombre d'habitants arrondi à la dizaine)

| | Crue fréquente | Crue moyenne | Crue extrême |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|
| Débordement de la Moselle | 19 230 | 56 550 | 93 280 |

- Estimation du nombre d'emplois en zone inondable (arrondi à la dizaine) :

| | Crue fréquente | Crue moyenne | Crue extrême |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|
| Débordement de la Moselle | 11 960 | 32 150 | 58 630 |

5.3. Enjeux non cartographiés

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

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

Annexe 1 : Rapport du CETE de l'Est "Cartographie de la crue extrême pour les TRI de la rivière Moselle" (juillet 2013)

CETE de l'Est

Groupe SOLEO



Réseau
Scientifique et
Technique

Cartographie de la crue « extrême » pour les TRI de la rivière Moselle

Rapport d'étude

Dossier n°2012-D65-048
Juillet 2013

Présent
pour
l'avenir



Centre d'Études techniques de l'Équipement de l'Est
Groupe SOLEO

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Références de la commande

| |
|--------------------------|
| DREAL Lorraine |
| Mme Anne WEISSE |
| Affaire N° 2012-D65-0048 |

Historique des versions du document

| Version | Date | Commentaires |
|---------|------------|--|
| V1 | 31/03/13 | Première rédaction Philippe GASTAUD |
| V2 | 28/05/13 | Transmission rapport complet carto TRI Moselle |
| V3 | 17/06/2013 | Rapport final (Hydrologie par P Gastaud et Cartographie par T Devillard) |
| | | |

Affaire suivie par

| |
|---|
| Philippe GASTAUD – LRPC de Nancy, Groupe SOLEO Thierry DEVILLARD – LRPC de Nancy, Groupe SOLEO |
| Tél. 03 83 18 41 18 (Gastaud) - 03 83 18 31 47 (Devillard)/ fax 03 83 18 41 00 |
| Mél. Philippe.Gastaud@developpement.durable.gouv.fr Thierry.devillard@developpement.durable.gouv.fr |

Référence Intranet

| |
|---|
| http://intra.cete-est.i2/ |
|---|

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1 Contexte de l'étude..... | 5 |
| 1.1 Périmètre d'étude..... | 5 |
| 2 Analyse hydrologique..... | 6 |
| 2.1 Spécifications attendues..... | 6 |
| 2.2 Scénario de la crue extrême sur le TRI d'Épinal pour la rivière Moselle..... | 7 |
| 2.2.1 Analyse des données existantes..... | 7 |
| 2.2.2 Recherche historique, crues et études antérieures..... | 8 |
| 2.2.3 Analyse probabiliste des débits à Épinal..... | 11 |
| 2.2.4 Autres méthodes de détermination du Q1000 à Épinal..... | 16 |
| 2.2.5 Conclusions pour la crue extrême sur le TRI d'Épinal..... | 19 |
| 2.3 Scénario de la crue extrême sur le TRI de Metz / Thionville / Pont-à-Mousson pour la rivière Moselle..... | 20 |
| 2.3.1 Analyse des données existantes..... | 20 |
| 2.3.2 Recherche historique, crues et études antérieures..... | 21 |
| 2.3.3 Analyse probabiliste des débits à Hauconcourt..... | 24 |
| 2.3.4 Autres méthodes de détermination du Q1000 à Hauconcourt..... | 26 |
| 2.3.5 Conclusions pour la crue extrême sur le TRI de Metz / Thionville / Pont-a-Mousson..... | 27 |
| 2.4 Conclusion de l'analyse hydrologique..... | 28 |
| 3 Cartographie de la crue extrême | 29 |
| 3.1 Modèle hydraulique existant de la Moselle de SOGREAH..... | 29 |
| 3.2 Hydrogrammes injectés dans le modèle CARIMA pour la crue extrême..... | 32 |
| 3.3 Traitement des ouvrages de protection (Digues)..... | 36 |
| 3.3.1 Inventaire des digues..... | 36 |
| 3.3.2 Cote des digues vis à vis de la crue extrême..... | 36 |
| 3.3.3 Prise en compte des digues dans la cartographie de la crue extrême..... | 37 |
| 3.4 Cartographie..... | 37 |
| 3.5 Rendu SIG..... | 38 |
| 3.6 Conclusion cartographie..... | 40 |
| 4 Limites et incertitudes sur les résultats obtenus..... | 41 |
| 4.1 Hydrologie..... | 41 |
| 4.2 Hydraulique..... | 41 |
| 4.3 Modèle numérique de terrain..... | 42 |
| 4.4 Conclusion limites et incertitudes des résultats..... | 42 |

Index des illustrations

| | |
|---|----|
| Illustration 1: Les TRI de « Metz – Thionville - Pont-a-Mousson » et « Épinal » dans le bassin Rhin-Meuse..... | 6 |
| Illustration 2: Points hydrologiques du TRI d'Épinal pour le modèle Carima..... | 8 |
| Illustration 3: Début XXe, Épinal, le Pont de Pierre (ou Pont du 170e R.I.) vu depuis la rive gauche. Au fond la basilique St Maurice..... | 9 |
| Illustration 4: Épinal, le Pont du 170e R.I. de nos jours, avec la passerelle couverte en face amont..... | 10 |
| Illustration 5: Épinal, l'échelle actuelle du pont Patch, vue vers l'amont depuis la rive droite..... | 10 |
| Illustration 6: Épinal, échantillon reconstitué des crues historiques (1859 – 2012)..... | 11 |
| Illustration 7: Épinal, résultats des tests d'indépendance et de stationnarité pour l'échantillon des max annuels..... | 12 |
| Illustration 8: Épinal, ajustement des max annuels par lois continues..... | 13 |
| Illustration 9: Épinal, ajustement des max annuels par lois de type valeurs extrêmes..... | 13 |
| Illustration 10: Épinal, résultats des tests d'indépendance et de stationnarité pour l'échantillon dépassant le seuil 200 m ³ /s..... | 14 |
| Illustration 11: Épinal, ajustement à une loi de Weibull des crues dépassant le seuil 200 m ³ /s..... | 15 |
| Illustration 12: Épinal, Distribution des débits réduits selon la méthode Speed..... | 16 |
| Illustration 13: Larsim, scénario de pluies « extrêmes »..... | 18 |
| Illustration 14: Larsim, résultat des simulations issues du scénario de pluies « extrêmes »..... | 18 |
| Illustration 15: Épinal, comparaison des méthodes de calcul du débit extrême..... | 19 |
| Illustration 16: Points hydrologiques du TRI de Metz / Thionville / Pont-a-Mousson pour les modèles Carima..... | 20 |
| Illustration 17: Metz-pont-des-morts, repères de crues historiques..... | 21 |
| Illustration 18: Metz-pont-des-morts, zoom sur la localisation..... | 22 |
| Illustration 19: Hauconcourt, échantillon reconstitué des crues historiques (1919 – 2012)..... | 23 |
| Illustration 20: Hauconcourt, résultats des tests d'indépendance et de stationnarité pour l'échantillon dépassant le seuil 200 m ³ /s..... | 24 |
| Illustration 21: Hauconcourt, ajustement des max annuels par lois continues..... | 25 |
| Illustration 22: Hauconcourt, ajustement des max annuels par lois de type valeurs extrêmes..... | 25 |
| Illustration 23: Hauconcourt, comparaison des méthodes de calcul du débit extrême..... | 27 |
| Illustration 24: Enchaînement des sous modèles CARIMA de la Moselle..... | 30 |
| Illustration 25: Hydrogrammes des crues caractéristiques issus de CARIMA à l'aval d'Epinal..... | 32 |
| Illustration 26: Hydrogrammes des crues caractéristiques issus de CARIMA à Custines..... | 33 |
| Illustration 27: Hydrogrammes des crues caractéristiques issus de CARIMA à Hauconcourt..... | 33 |
| Illustration 28: TRI Epinal - Ligne d'eau des crues caractéristiques de la Moselle..... | 34 |
| Illustration 29: TRI Metz amont - Ligne d'eau des crues caractéristiques de la Moselle..... | 35 |
| Illustration 30: TRI Metz aval - Ligne d'eau des crues caractéristiques de la Moselle..... | 35 |
| Illustration 31: Modèle numérique de terrain LIDAR (vue 3D Epinal)..... | 38 |

Annexe 1 : Liste des débits maximum instantanés à Épinal entre 1859 et 2012

Annexe 2 : Liste des débits maximum instantanés à Hauconcourt entre 1919 et 2012

Annexe 3 : Carte des stations hydrométriques de la Moselle, situation en Juin 2010 (source : DREAL Lorraine)

Annexe 4 : Bibliographie et références

1 Contexte de l'étude

La directive européenne du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation a été transposée en droit français par l'article 221 de la LENE du 12 juillet 2010 et par le décret n°2011-227 du 2 mars 2011, qui modifient le code de l'environnement.

La mise en œuvre comporte les étapes suivantes :

- évaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI), arrêtée par le Préfet coordonnateur du bassin Rhin-Meuse le 22 décembre 2011 ;
- identification des territoires à risque important d'inondation (TRI), arrêtée par le Préfet coordonnateur du bassin Rhin-Meuse le 18 décembre 2012 ;
- **élaboration, pour trois niveaux d'inondation (événements fréquent, moyen et extrême), des cartes des surfaces inondables et des cartes des risques d'inondation dans les TRI, pour le 22 décembre 2013 ;**
- élaboration des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI), à achever pour le 22 décembre 2015.

L'étape actuellement en cours est l'élaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes de risques d'inondation dans les TRI pour fin 2013.

Le CETE de l'Est / LRN apporte un appui méthodologique et une expertise sur l'ensemble des cartographies établies sur les TRI des districts hydrographiques du Rhin et de la Meuse. En particulier, sur les deux TRI de la Moselle : « Metz – Thionville - Pont-a-Mousson » et « Épinal », il est chargé d'élaborer les cartes de l'aléa correspondant à un événement « extrême » ou événement de faible probabilité, objet de la présente étude.

1.1 Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude est constitué des deux TRI « Metz – Thionville – Pont-a-Mousson » et « Épinal », composés respectivement de 65 et 6 communes. S'agissant d'étudier les débordements de la rivière Moselle dans ces territoires, consécutivement à une crue « extrême », l'ensemble du bassin de la Moselle sera examiné hydrologiquement. La cartographie de l'aléa ne sera réalisée que sur le périmètre des TRI.

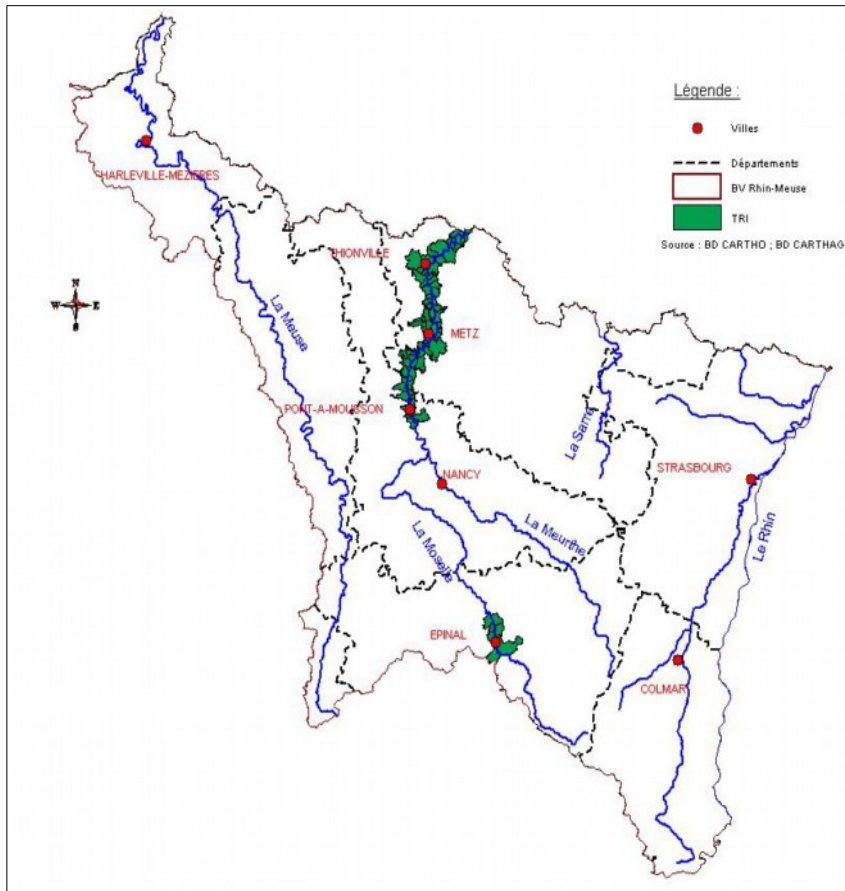


Illustration 1: Les TRI de « Metz – Thionville - Pont-a-Mousson » et « Épinal » dans le bassin Rhin-Meuse.

2 Analyse hydrologique

2.1 Spécifications attendues

Au niveau national, l'aléa de faible probabilité (dénommé parfois événement extrême) est défini de la manière suivante : « Phénomène d'inondation exceptionnel inondant toute la surface de la plaine alluviale fonctionnelle (lit majeur) pouvant être estimé comme un maximum à prendre en compte pour la gestion d'un territoire (hors aménagements spécifiques : centrales nucléaires, grands barrages), et pour lequel les éventuels systèmes de protection mis en place ne sont plus efficaces. A titre indicatif, une période de retour d'au moins 1000 ans sera recherchée. »

La circulaire du 16 juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « Cartographie » de la directive européenne préconise dans son annexe 3 « Recommandations techniques pour l'élaboration de la cartographie des surfaces inondables et des risques » les éléments suivants :

- faire une analyse critique des résultats des études hydrologiques recensées,
- faire l'analyse probabiliste des débits de crues évalués aux stations hydrométriques, en affichant clairement les débits maxima jaugés,
- rechercher des informations sur les crues historiques antérieures aux mesures hydrométriques

continues et incorporer ces informations et les évaluations des débits associées dans l'analyse,

- rechercher des informations disponibles sur des événements historiques extrêmes ayant touché les bassins proches et de caractéristiques comparables et analyser leur impact potentiel,
- compléter par des méthodes d'analyse qui prennent en compte les observations pluviométriques :
 - Gradex et variantes, Schadex, Shypre,
 - pour les bassins versants non jaugés d'une superficie comprise entre 10 et 1000 km², par les résultats Shyreg qui seront fournis par la DGPR accompagnés d'une notice d'utilisation, en vérifiant au niveau local la qualité des estimations Shyreg pour des probabilités fortes sur des bassins jaugés dans le secteur.

Il s'agit donc de définir cet aléa au niveau hydrologique en des points caractéristiques des TRI que l'on choisira en fonction des stations hydrologiques les plus représentatives du secteur (historique, pérennité) mais aussi en fonction des besoins d'entrée dans le modèle hydraulique utilisé pour calculer le MNSLE.

2.2 Scénario de la crue extrême sur le TRI d'Épinal pour la rivière Moselle

2.2.1 Analyse des données existantes

Sur le secteur d'Épinal, il apparaît que le point hydrologique de référence est la station d'Épinal, qui draine un bassin versant de 1217 km² à une altitude de 324m. Elle a été mise en service le 31/10/1951 avec des données en débit disponibles depuis 1970¹. Pour mémoire, ses principales caractéristiques sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

| Débits caractéristiques | Module | Qi2 | Q vigilance orange (indicatif) | Qi10 ² | Q vigilance rouge (indicatif) | Qi50 | Qmax mesuré 15/02/1990 | Qmax jaugé ³ 15/02/1990 |
|-------------------------|--------|------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|------------------------------------|
| Valeur à Épinal (m3/s) | 38 | 380 [350;410] | 590 | 610 [560;690] | 800 | 820 [740;940] | 805 | 756 |

1 Source : Banque Hydro

2 Loi de Gumbel, septembre à août, intervalle de confiance à 95%

3 Source : Base Barème de la DREAL Lorraine

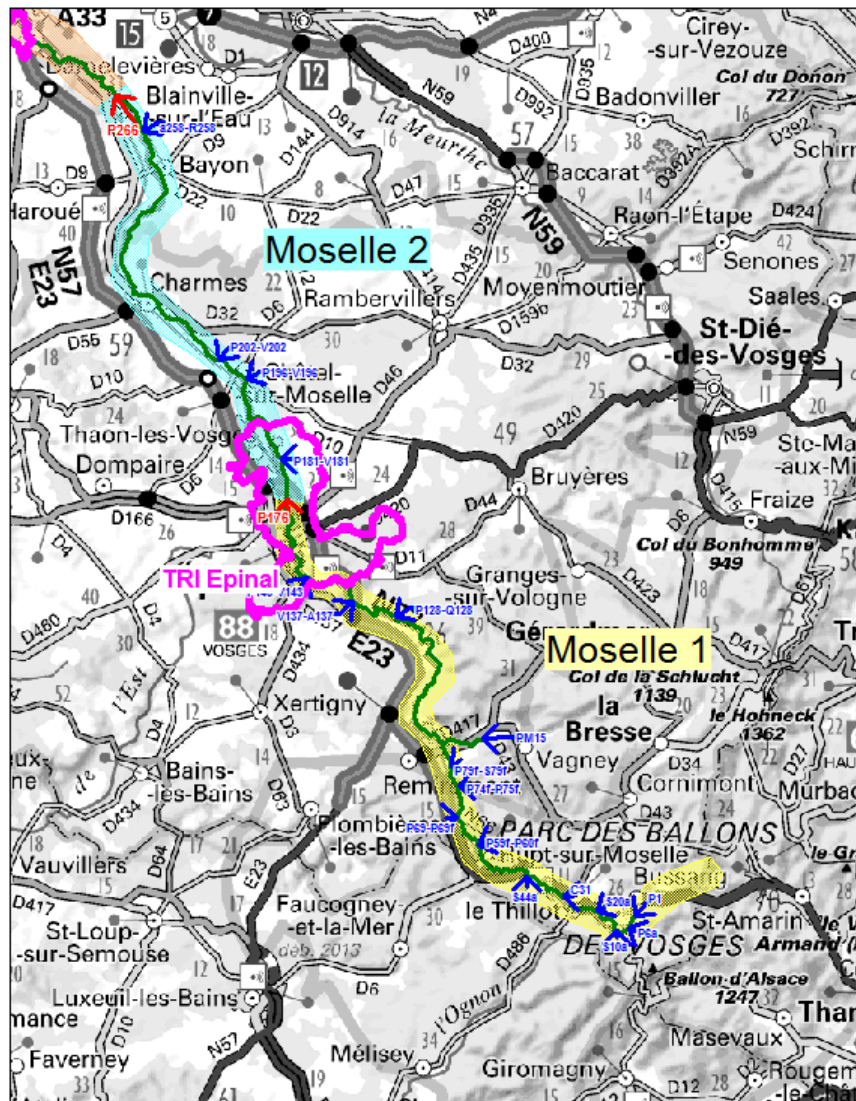


Illustration 2: Points hydrologiques du TRI d'Épinal pour le modèle Carima

2.2.2 Recherche historique, crues et études antérieures

L'étude hydrologique la plus récente et la plus complète sur l'ensemble du bassin de la Moselle est l'étude de l'atlas des zones inondables de la Moselle et de la Meurthe, sous maîtrise d'ouvrage Service de la Navigation du Nord-Est, menée par le bureau d'études Sogreah et datée de février 2000⁴.

Dans son rapport d'étude hydrologique (volume 2), Sogreah indique avoir utilisé les données historiques du document « MOSELLA » pour reconstituer un fichier de 80 crues correspondant à la période 1854-1998 (145 ans) à Épinal, soit « toutes les crues supérieures à 2,80 m ». Malheureusement, ce fichier n'est pas disponible tel quel dans l'étude et ne figurent en annexe que les résultats des ajustements.

Nous nous sommes procurés la revue « MOSELLA »⁵ qui, dans deux articles rédigés suite aux crues de 1983, effectue l'analyse critique des longues séries de hauteurs de crue aux échelles d'Épinal, Toul et Metz sur la Moselle et Malzéville sur la Meurthe, valide des séries homogènes et reconstitue les séries de débits puis estime des durées de récurrence des principales crues observées de 1919 à 1984 sur ces

4 Atlas des Zones Inondables de la Moselle et de la Meurthe (SOGREAH, février 2000), Volume 2 : Étude Hydrologique et ses annexes

5 Revue du Centre d'Etudes Géographiques de l'Université de Metz, Tome XV (numéro spécial annuel), Crues de 1983 en Alsace et Lorraine – 1985

mêmes stations.

En annexe 1 figurent les valeurs maximales de crue à Épinal Pont-de-Pierre en hauteur et débit de 1854 à 1984. Après avoir saisi les informations issues des archives du Service de la Navigation de Nancy ainsi que de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, les auteurs ont analysé l'homogénéité des séries de hauteurs par la méthode du « simple cumul ». La série à Épinal est non homogène au seuil d'acceptation de 99% et deux sous-séries s'individualisent : 1854-1860 (7 ans), moyenne = 1,86m et 1861-1984 (124 ans), moyenne = 2,58m. Devant l'impossibilité d'expliquer cette discontinuité, il convient d'écarter les premières mesures et de ne traiter que la période 1859-1984. Après un nouvel ajustement de +0,31m pour les valeurs antérieures à 1895, la série devient homogène au seuil d'acceptation de 90% avec une moyenne de 2,58m et un écart-type de 0,553m.

Les hauteurs ont ensuite été transformées en débit à l'aide de deux courbes de tarage historiques (cf. §III.B.2 du document). Au final, les auteurs de l'étude considèrent que leurs séries devraient être considérées comme « information de base » pour toute étude ultérieure, ce que Sogreah confirme implicitement en 2000.



Illustration 3: Début XXe, Épinal, le Pont de Pierre (ou Pont du 170e R.I.) vu depuis la rive gauche. Au fond la basilique St Maurice.

Nota : les valeurs de hauteur et débits données dans l'étude « MOSELLA » font référence à l'échelle du Pont-de-Pierre. Ce pont fut détruit pendant la guerre et s'appelle aujourd'hui pont du 170e R.I. Lors de la crue de 1947, un pont provisoire était en place donnant lieu à des incertitudes sur la hauteur atteinte. L'étude de 1984 retient la hauteur de 2,99m à l'échelle du Pont-de-Pierre pour un débit de 900m³/s. Cependant, aucun nivellement du zéro de cette échelle n'a pu être trouvé dans la littérature. Sur le terrain, il ne reste pas de trace sur le nouveau pont de cette échelle ou d'éventuelles hauteurs de crues historiques. Aussi, nous nous attacherons dans la suite de l'étude aux débits de l'étude « MOSELLA », considérant que l'échelle actuelle du pont Patch (du nom du général américain qui entra le premier dans la ville à la libération) n'est que 1km en amont et que les variations de débits entre les deux stations sont négligeables.



Illustration 4: Épinal, le Pont du 170e R.I. de nos jours, avec la passerelle couverte en face amont.



Illustration 5: Épinal, l'échelle actuelle du pont Patch, vue vers l'amont depuis la rive droite.

Les données de débits récupérées ont ensuite été complétées par celles de la Banque Hydro jusqu'en 2012 en choisissant toutes les crues supérieures à 300 m³/s, à défaut la plus grande crue de l'année, et en écartant les multi-pics source de dépendance des échantillons.

La série de débits finalement reconstituée couvre 154 années : de 1859 à 2012, pour 210 valeurs.

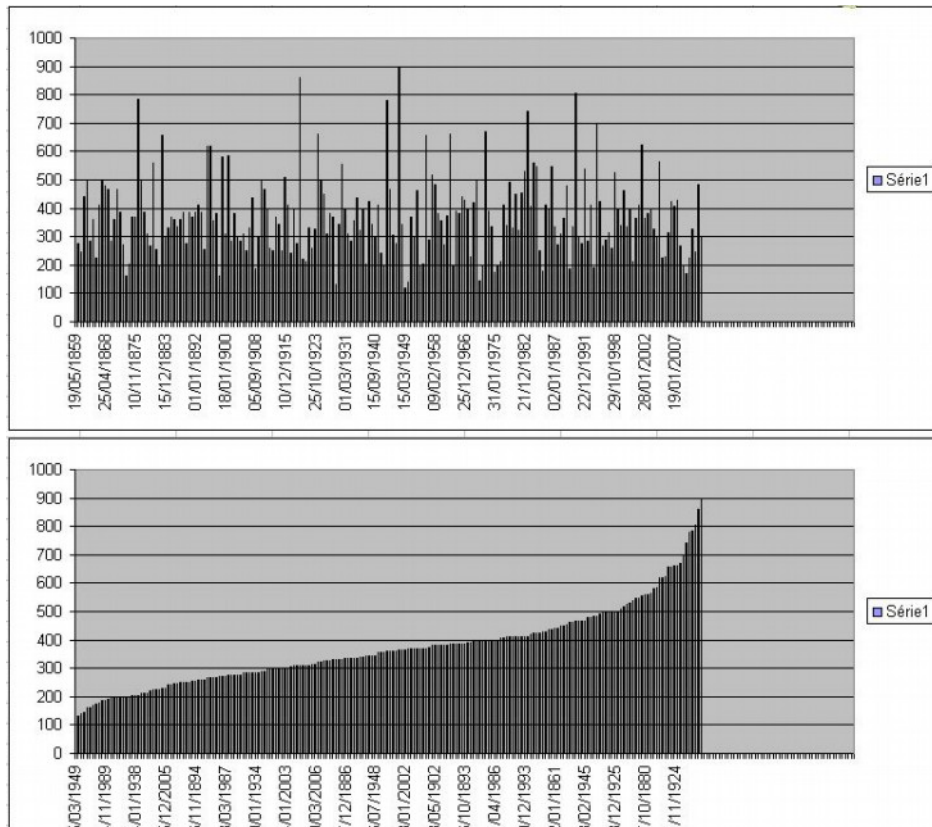


Illustration 6: Épinal, échantillon reconstitué des crues historiques (1859 – 2012).

2.2.3 Analyse probabiliste des débits à Épinal

Depuis l'échantillon ainsi constitué, on peut extraire les 5 plus grandes crues connues à Épinal, par ordre décroissant :

- 29/12/1947 pour 900 m³/s
- 24/12/1919 pour 860 m³/s
- 15/02/1990 pour 805 m³/s
- 13/03/1876 pour 785 m³/s
- 25/11/1944 pour 780 m³/s

Citons également dans les crues « récentes » celle du 10/04/1983 (740 m³/s) et celle du 26/01/1995 (700 m³/s)⁶

⁶ Le tableau des seuils vigilance et crues historiques du SPC Meuse-Moselle présente à ce sujet une incohérence, plaçant la crue de janvier 1995 au dessus de celle d'avril 1983.

2.2.3.1 Méthode des max annuels à Épinal

La première méthode de prédétermination des débits de crue utilisée est classiquement utilisée, il s'agit de la méthode de type « Maxima annuels » continue qui décrit la probabilité de l'amplitude du débit de crue, soit de type Normale ou Lognormale, soit de type valeurs extrêmes.

L'échantillon de base a été traité pour constituer une série continue de 154 valeurs pour 154 ans entre 1859 et 2012 (valeurs max annuelles sur une année calendaire).

On postule que l'échantillon est homogène, c'est à dire qu'il provient bien d'une même population correspondant à un même processus physique, en l'occurrence la formation des crues de la Moselle amont et leur écoulement jusqu'à l'exutoire d'Épinal. On vérifie que l'échantillon réduit est également stationnaire (test des moyennes) et indépendant (cf. illustration ci-dessous).

| | | | |
|--|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nombre de crues | 154 | | |
| Moyenne des débits (m3/s) | 392 | | |
| Ecart-type des débits (m3/s) | 150 | | |
| Test de l'hypothèse d'Indépendance | | | |
| Variable de Student associée T1 = | 0.92 | | |
| Valeur acceptable à 5% (2 fois 2,5%) pour T1 = | 1.98 | | |
| Le test d'indépendance est favorable | | | |
| Test de l'hypothèse de stationnarité (Moyennes) | | | |
| | Echantillon Complet | 1 ^{ère} partie | 2 ^{ème} partie |
| moyenne | 392.4 | 381.9 | 397.5 |
| ecart-type | 150.3 | 132.7 | 158.4 |
| nombre | 154 | 50 | 104 |
| Ecart des moyennes (m3/s) | 15.6 | | |
| Variable de Student associée | 0.60 | | |
| Nombre de degrés de liberté | 152.00 | | |
| Valeur acceptable à 5% (2 fois 2,5%) | 1.98 | | |
| Le test des moyennes est favorable | | | |

Illustration 7: Épinal, résultats des tests d'indépendance et de stationnarité pour l'échantillon des max annuels

Les différents ajustements sont présentés page suivante. Le test du χ^2 est défavorable pour les lois de Gumbel et Fréchet. Graphiquement, c'est la loi lognormale qui s'ajuste le mieux à l'échantillon.

Les valeurs obtenues sont les suivantes avec la loi lognormale [intervalle de confiance à 70%] :

Q1000 (lognormale) = 1201 m3/s [1112 ; 1296]

Q100 (lognormale) = 895 m3/s [841;995]

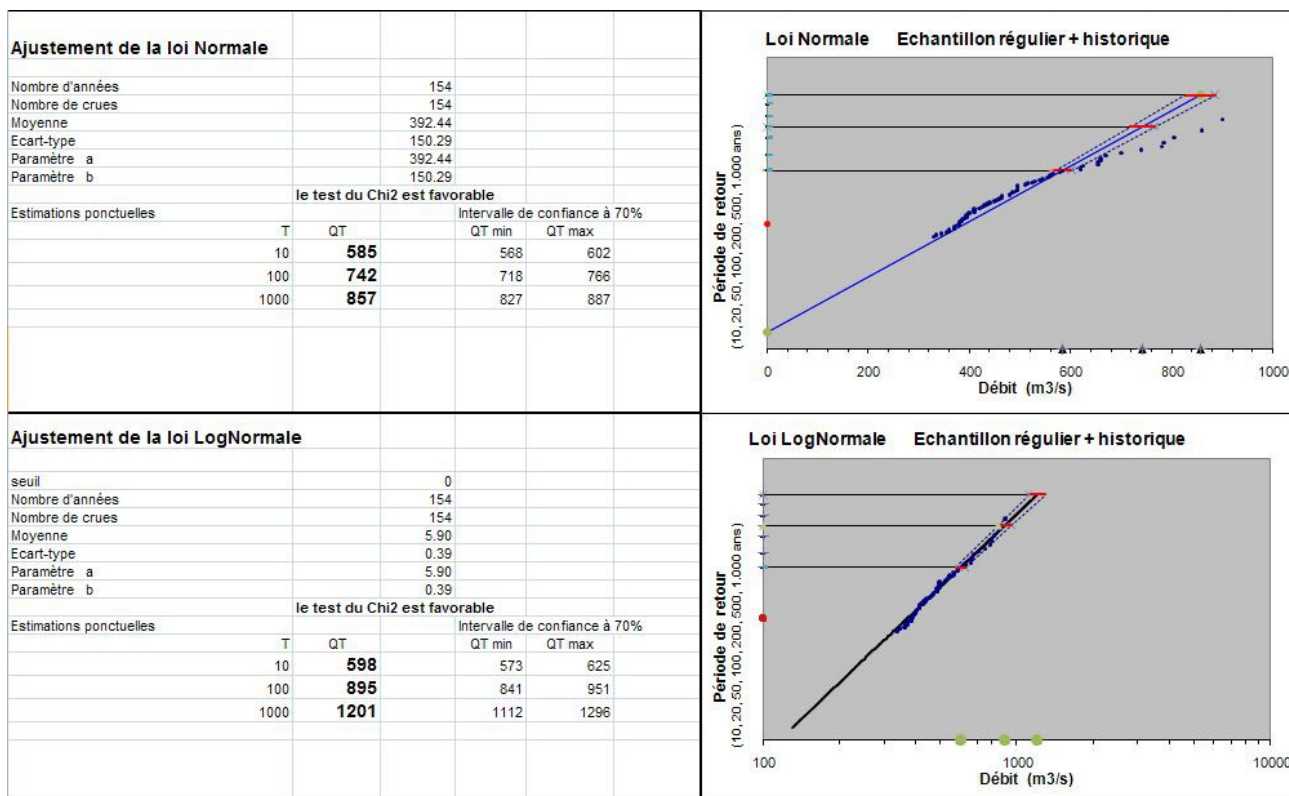


Illustration 8: Épinal, ajustement des max annuels par lois continues.

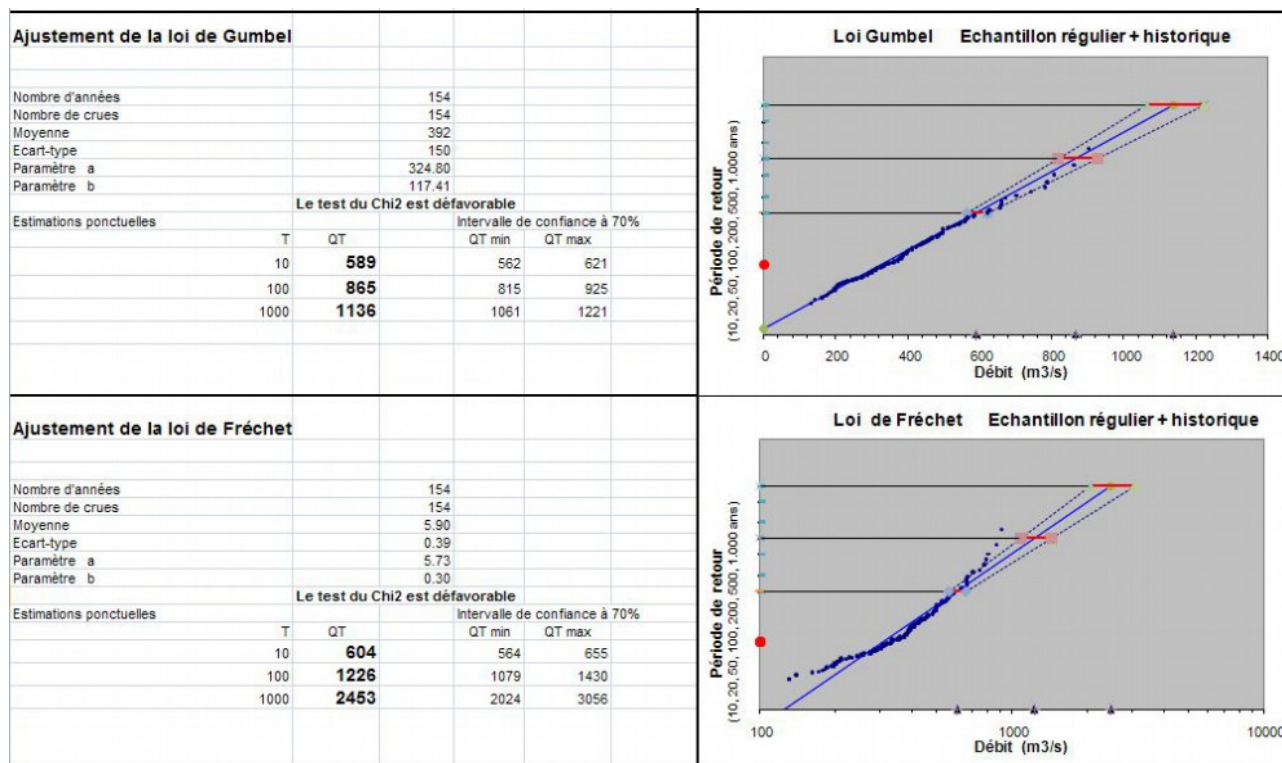


Illustration 9: Épinal, ajustement des max annuels par lois de type valeurs extrêmes.

2.2.3.2 Méthode du renouvellement à Épinal

Compte tenu de l'historique très riche sur Epinal (210 valeurs pour 154 années), nous nous sommes également intéressé aux lois de type « dépassement de seuil », en reconstituant un échantillon des 191 valeurs de débits de crue sur 154 années dépassant le seuil des 200m³/s.

Comme pour les maxima annuels, nous vérifions que hypothèses d'indépendance et de stationnarité sont valables :

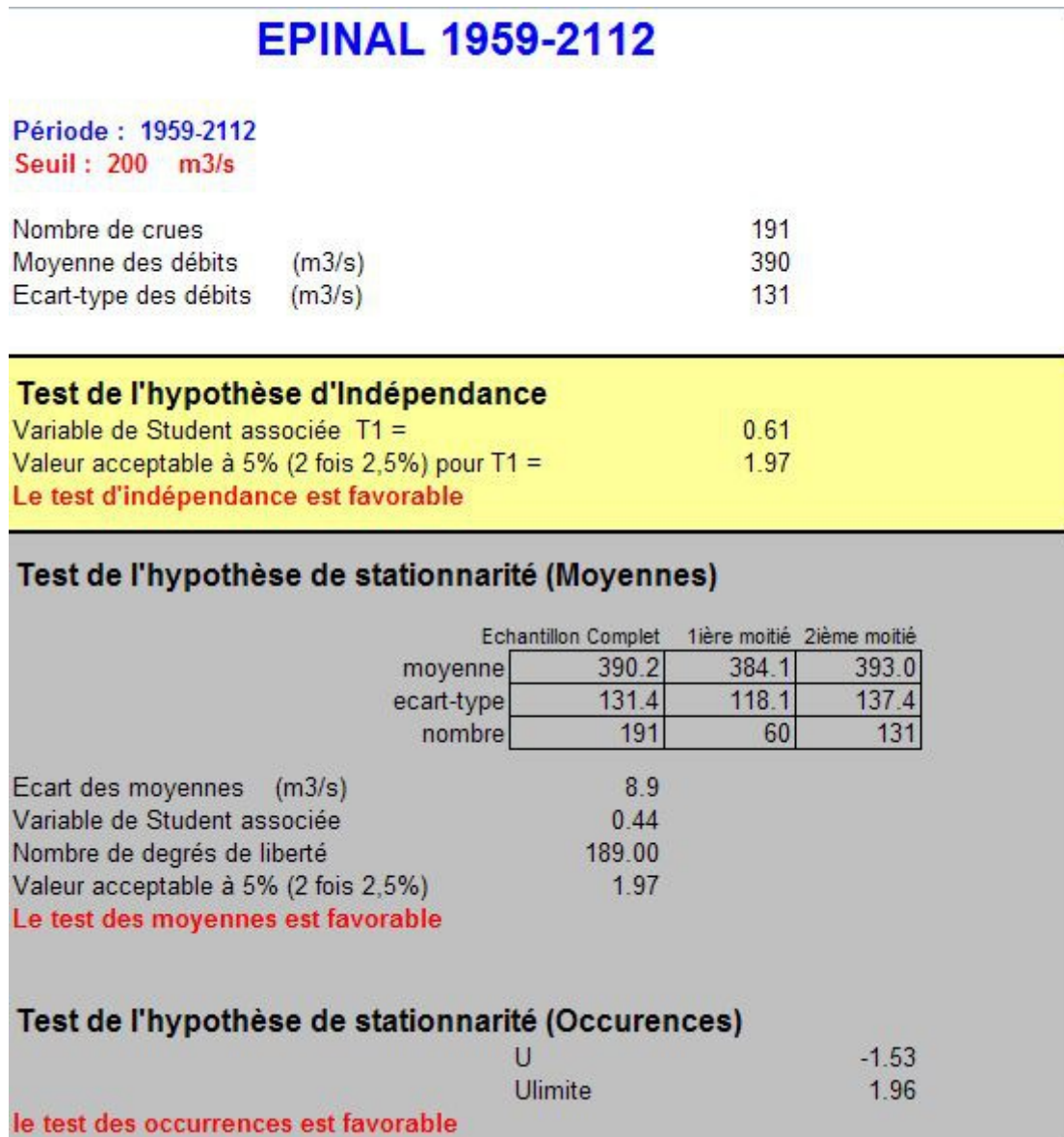


Illustration 10: Épinal, résultats des tests d'indépendance et de stationnarité pour l'échantillon dépassant le seuil 200 m³/s

Les ajustements à la loi de Poisson ne fonctionnent pas (le test du χ^2 est défavorable)

En revanche l'ajustement à une loi de Weibull donne de bons résultats, le test du χ^2 est favorable et le contrôle graphique également.

Les valeurs obtenues sont les suivantes avec la loi de Weibull [intervalle de confiance à 70%] :

Q1000 (Weibull) = 1118 m³/s [1032 ; 1204]

Q100 (Weibull) = 880 m³/s [825;935]

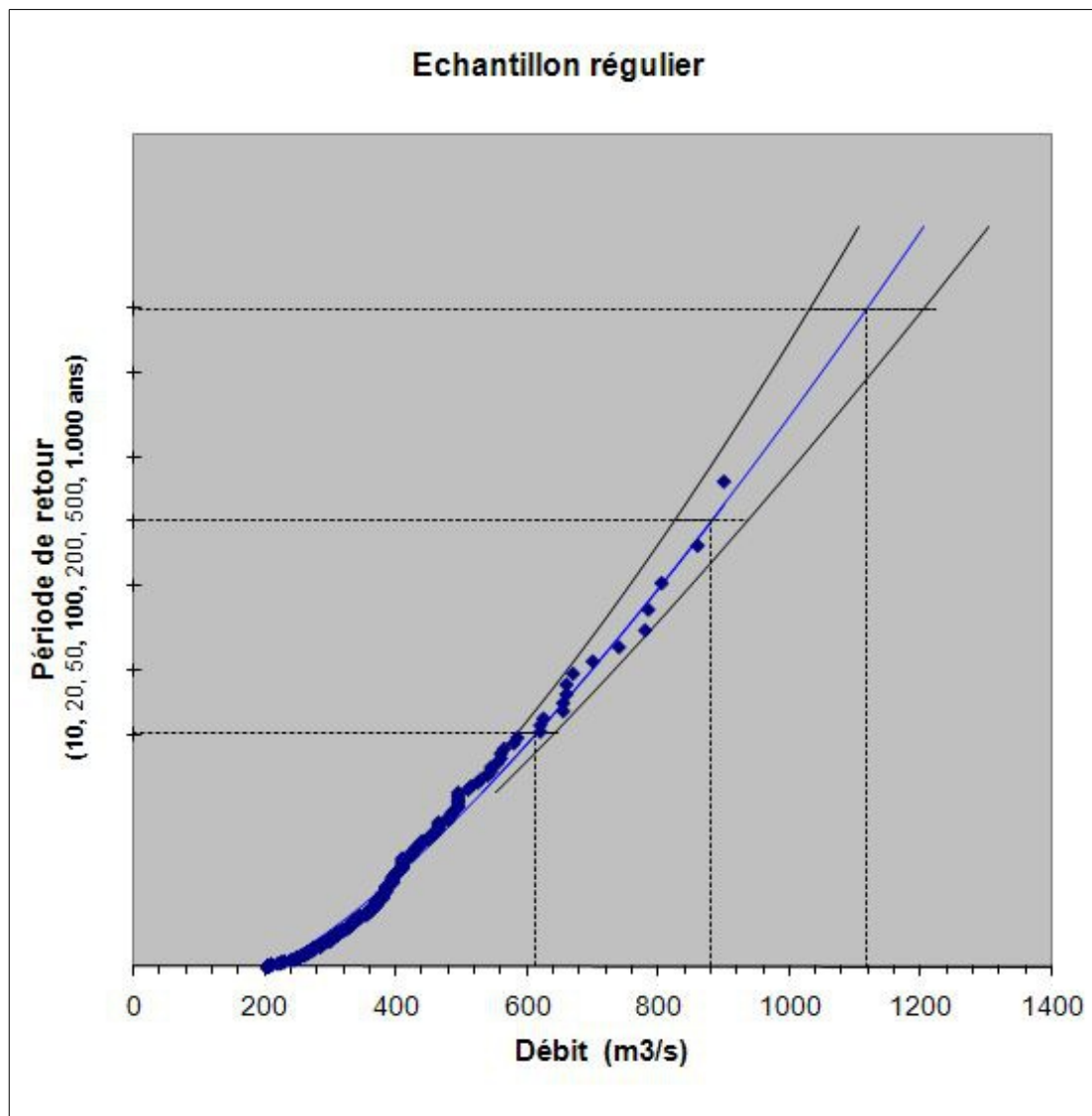


Illustration 11: Épinal, ajustement à une loi de Weibull des crues dépassant le seuil 200 m³/s

2.2.4 Autres méthodes de détermination du Q1000 à Épinal

Comme préconisé par la circulaire relative à la mise en œuvre de la phase « Cartographie » pour la Directive Inondation, nous avons également recherché d'autres méthodes d'analyse prenant en compte les observations pluviométriques.

2.2.4.1 Méthode SPEED

Ainsi, la méthode Speed⁷ mise en œuvre par SOGREAH en 2000 dans le cadre de l'atlas des zones inondables de la Moselle s'appuie sur les pluies journalières mesurées sur le bassin concerné et régionalisées (cf. Présentation synthétique de la méthode Speed p2 et Synthèse régionale des pluies journalières P20-22 de l'Étude Hydrologique pour l'atlas des zones inondables de la Moselle).

Nous avons procédé à une extrapolation de cette méthode sur la base des débits réduits utilisés par So-greah en 2000, le débit réduit millénal ainsi obtenu est de 70 m³/s, soit pour un bassin versant à Épinal de 1220 km² :

Q1000 (Speed) = 1204 m³/s

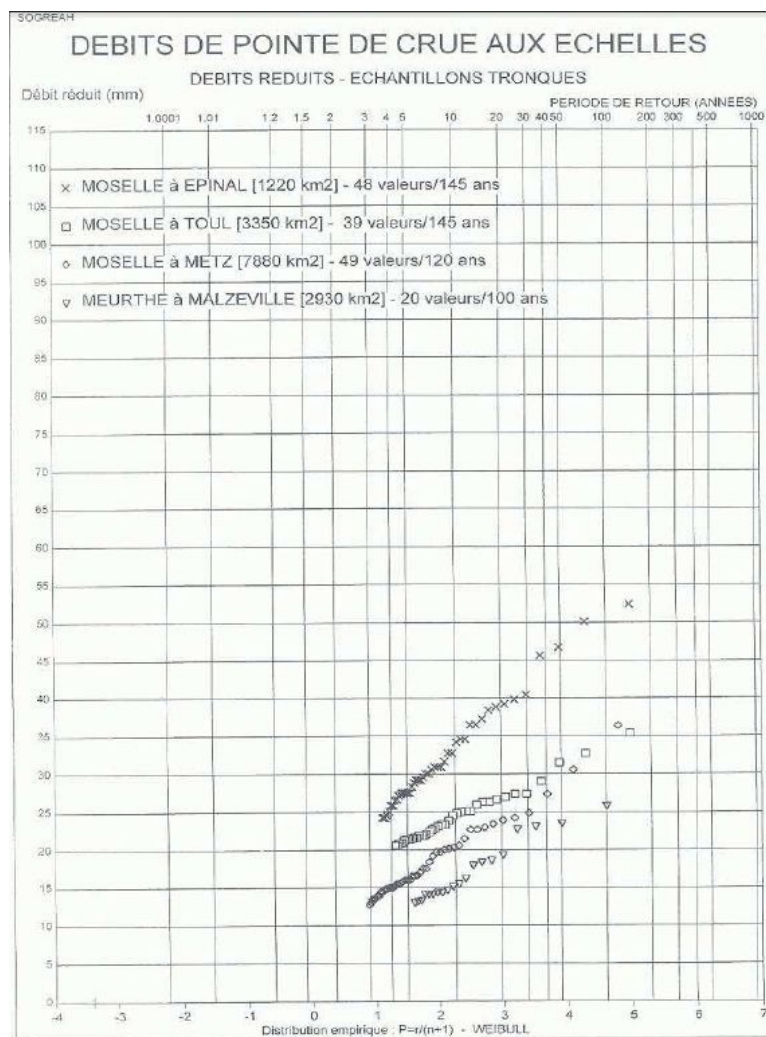


Illustration 12: Épinal, Distribution des débits réduits selon la méthode Speed

7 Système Probabiliste d'Études par Événements Discrets (SOGREAH, 2000)

2.2.4.2 Méthode SHYREG-DEBIT

De la même manière, nous avons exploité les données SHYREG fournies par l'IRSTEA⁸ (méthode également basée sur les pluies) pour obtenir la valeur à Épinal.

Rappelons que la méthode SHYREG est une méthode d'estimation de l'aléa hydrologique, basée sur la régionalisation (prise en compte homogénéisée des caractéristiques locales) de paramètres de modèle (générateur de pluie et modélisation hydrologique). Cette régionalisation implique la prise en compte de variables locales pouvant influencer le régime hydrologique naturel de surface et consécutif à une précipitation. Par contre, la présence d'éléments perturbateurs au ruissellement de surface comme des ouvrages de type barrages, le karst, l'influence de la fonte nivale ou d'un bassin versant particulièrement urbain peut faire baisser la fiabilité de la donnée.

Les débits de pointe cumulés sont fournis le long du réseau hydrographique (pour les bassins versants > 5 km²) pour les périodes de retour 10, 30, 100, 300, 1000 ans et représentés sous forme d'information géographique selon un maillage du territoire (pixel de 50 x 50 m).

Sur le pixel correspondant à la station d'Épinal :

Q1000 (SHYREG) = 1434 m³/s

Q100 (SHYREG) = 900 m³/s

2.2.4.3 Méthode « LARSIM »

Enfin, il existe sur le bassin versant de la Moselle un modèle de prévision des crues utilisé par les SPC français, luxembourgeois et allemands, nommé LARSIM⁹.

Le modèle utilisé dans LARSIM est un modèle pluie-débit spatialisé et continu. Il est basé sur une représentation vectorisée du réseau hydrographique générée à partir d'un modèle numérique de terrain. Le bassin est découpé en « raster » de 1 km² représentant chacun un vecteur d'écoulement (géométrie et relief). Il comprend un modèle pluie/débit et un modèle à propagation, calcul sur chaque cellule raster.

Bien que non calé au départ pour une crue extrême au sens de la Directive Inondation, il nous a semblé intéressant de pousser les limites de ce modèle en y injectant un scénario de pluie « extrême ». Le scénario proposé après ajustements avec le SPC Meuse-Moselle est un cumul de 150mm en aval et de 300mm sur la partie amont pendant 2,5 jours, sous l'action d'une pluie uniforme et continue comprise entre 2,5 et 5 mm/h. Les isohyètes des moyennes annuelles de pluie couvrent généralement un quart de cercle orienté sud-ouest / nord-est, suivant en cela les altitudes. Ce scénario est basé également sur l'analyse des crues historiques menée par SOGREAH dans son étude de février 2000. Pour mémoire, lors de la crue de décembre 1947, on estime entre 100 et 200mm en 2j la quantité de pluie tombée, à laquelle il faut ajouter la fonte d'une couche de neige de 50cm¹⁰.

L'hydrogramme à Épinal (courbe rouge foncé) montre un débit de pointe d'environ 1300m³/s, avec un temps de réponse de 24h. L'ensemble de l'épisode dure 4.5j (prise en compte du volume écoulé entre le 02/01 06h et le 06/01 12h). Le temps de concentration à Épinal est d'environ 48h, ce qui est cohérent avec les études existantes sur le sujet. En théorie, sous l'action d'une pluie constante et uniforme et au delà du temps de concentration, la pluie n'augmenterait plus le débit de pointe mais prolonge la durée du pic de crue. Il semble que l'on ait atteint avec l'épisode pluvieux extrême cette saturation à Épinal.

8 Institut National de Recherches en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

9 Large Area Runoff Simulation Model, cf. <http://www.iksms-cipms.org/servlet/is/3181/>

10 SOGREAH, AZI Moselle, Étude Hydrologique p8, février 2000

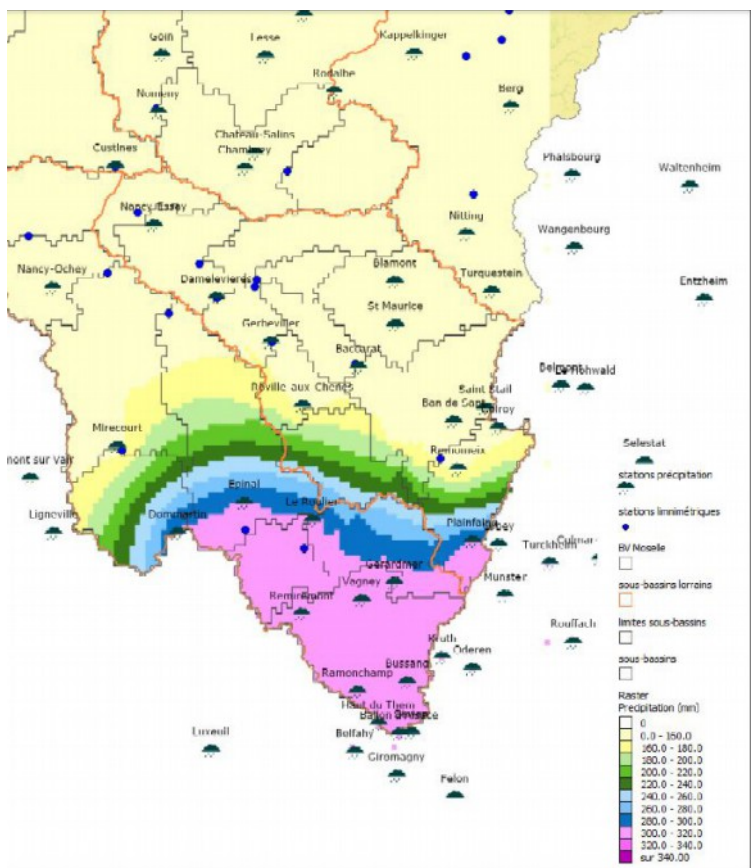


Illustration 13: Larsim, scénario de pluies « extrêmes »

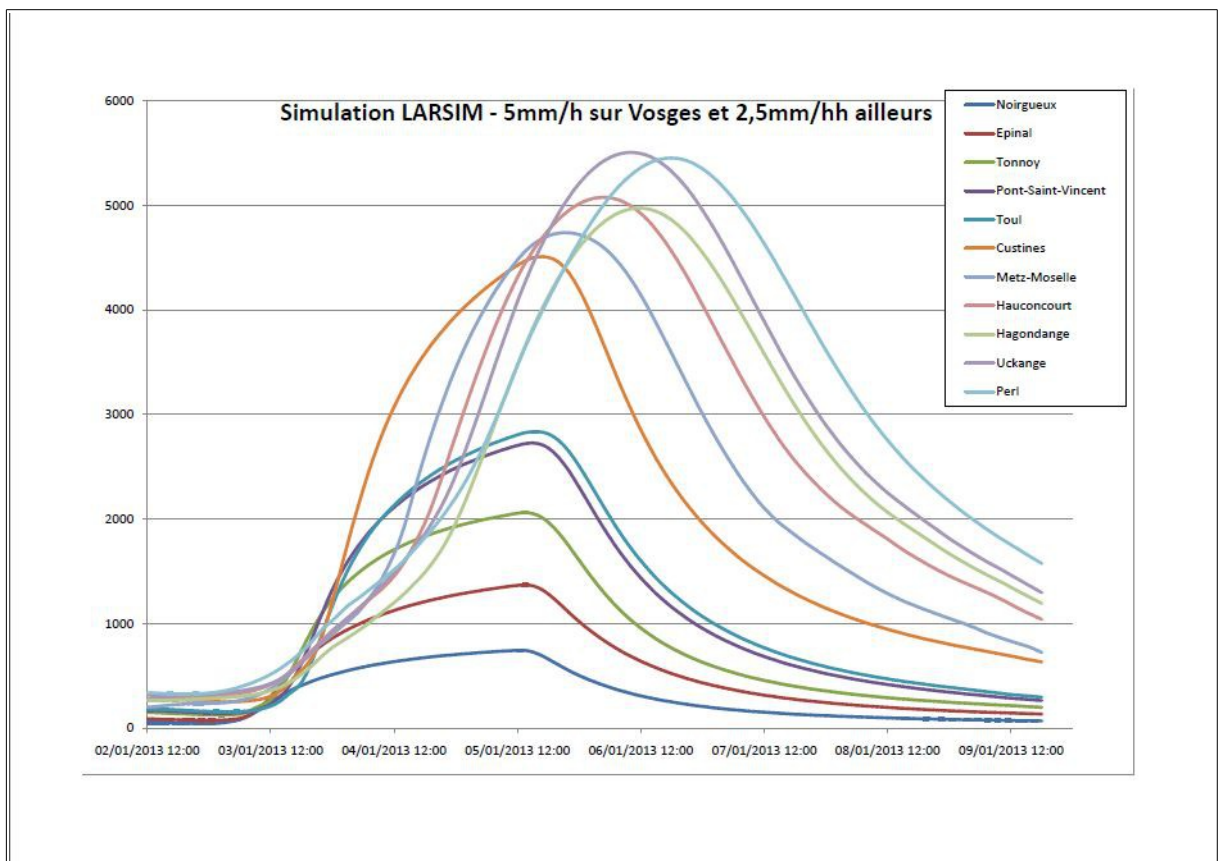


Illustration 14: Larsim, résultat des simulations issues du scénario de pluies « extrêmes »

2.2.5 Conclusions pour la crue extrême sur le TRI d'Épinal

La synthèse des valeurs de débits extrêmes et de référence à Épinal est illustrée par l'histogramme ci-dessous. On peut voir que les estimations de la crue centennale concordent pour se fixer aux alentours de la valeur de 900 m³/s. Pour le débit millénal, les valeurs s'échelonnent entre 1118 m³/s et 1434 m³/s, pour une moyenne aux alentours de 1200 m³/s.

Compte-tenu de l'exceptionnel historique de données de débits de crue sur Épinal, il a été décidé de donner la priorité aux ajustements statistiques dont en particulier la loi lognormale qui donne un **débit millénal de 1200 m³/s, l'intervalle de confiance à 70% étant compris entre 1100 et 1300 m³/s.**

Les autres méthodes, bien que parfois légèrement divergentes, confortent dans l'ensemble ce résultat.

Cette proposition a été validée par le comité technique de suivi des études le 12/03/2013

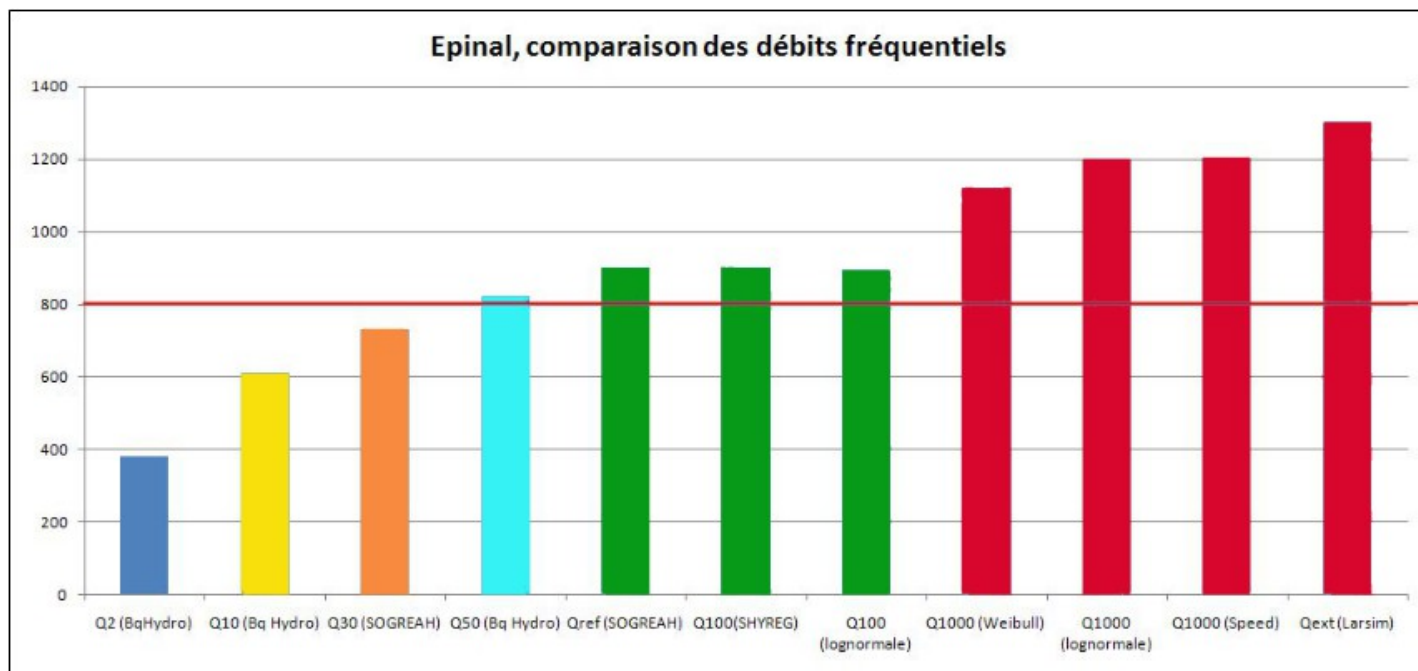


Illustration 15: Épinal, comparaison des méthodes de calcul du débit extrême

2.3 Scénario de la crue extrême sur le TRI de Metz / Thionville / Pont-à-Mousson pour la rivière Moselle

2.3.1 Analyse des données existantes

Le secteur du TRI de Metz/Thionville/Pont-à-Mousson est plus étendu que celui d'Épinal et caractérisé par plusieurs stations hydrométriques de l'amont vers l'aval : Custines, Metz-pont-des-morts et Hauconcourt.

Le point hydrologique le plus documenté et qui dispose du plus grand historique est la station d'Hauconcourt, qui draine un bassin versant de 9387 km² à une altitude de 155m. Mise en service le 14/03/1955, ses données en débit sont disponibles depuis 1987 dans la Banque Hydro¹¹. Pour mémoire, ses principales caractéristiques sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

| Débits caractéristiques | Module | Qi2 | Qi10 ¹² | Q vigilance rouge (indicatif) | Qi50 | Qmax mesuré et jaugé le 11/04/1983 |
|-----------------------------|--------|------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Valeur à Hauconcourt (m3/s) | 130 | 900 [840;980] | 1500 [1400;1700] | 2000 | 2000 [1800;2300] | 2080 |

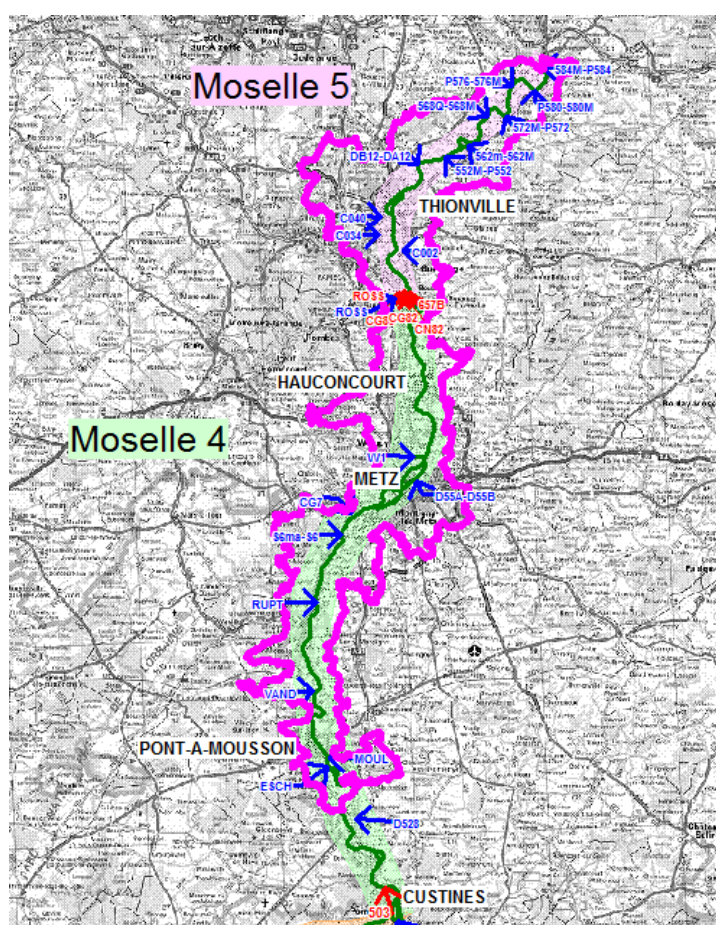


Illustration 16: Points hydrologiques du TRI de Metz / Thionville / Pont-a-Mousson pour les modèles Carima

11 Source : Banque Hydro

12 Loi de Gumbel, septembre à août, intervalle de confiance à 95%

2.3.2 Recherche historique, crues et études antérieures

Comme pour Épinal, c'est la revue « MOSELLA »¹³ qui fournit les séries de données reconstituées les plus longues. Cependant à Metz, la période est beaucoup plus courte : 1919-1984. Il y a en outre 10 valeurs annuelles manquantes. Historiquement, la station de Metz -pont-des-morts, située en aval du pont rive droite au centre de Metz ne mesure et ne donne des indications qu'en hauteur de crue, compte tenu de son emplacement qui ne prend pas en compte le bras secondaire du Pontiffroy ni la dérivation possible par le canal, et est de plus sous influence du barrage de la Pucelle. Les valeurs de débits ne sont donc pas mesurées en ce point, ce qui était déjà le cas en 1985 lors de l'étude « MOSELLA ».



Illustration 17: Metz-pont-des-morts, repères de crues historiques

13 Revue du Centre d'Etudes Géographiques de l'Université de Metz, Tome XV (numéro spécial annuel), Crues de 1983 en Alsace et Lorraine – 1985

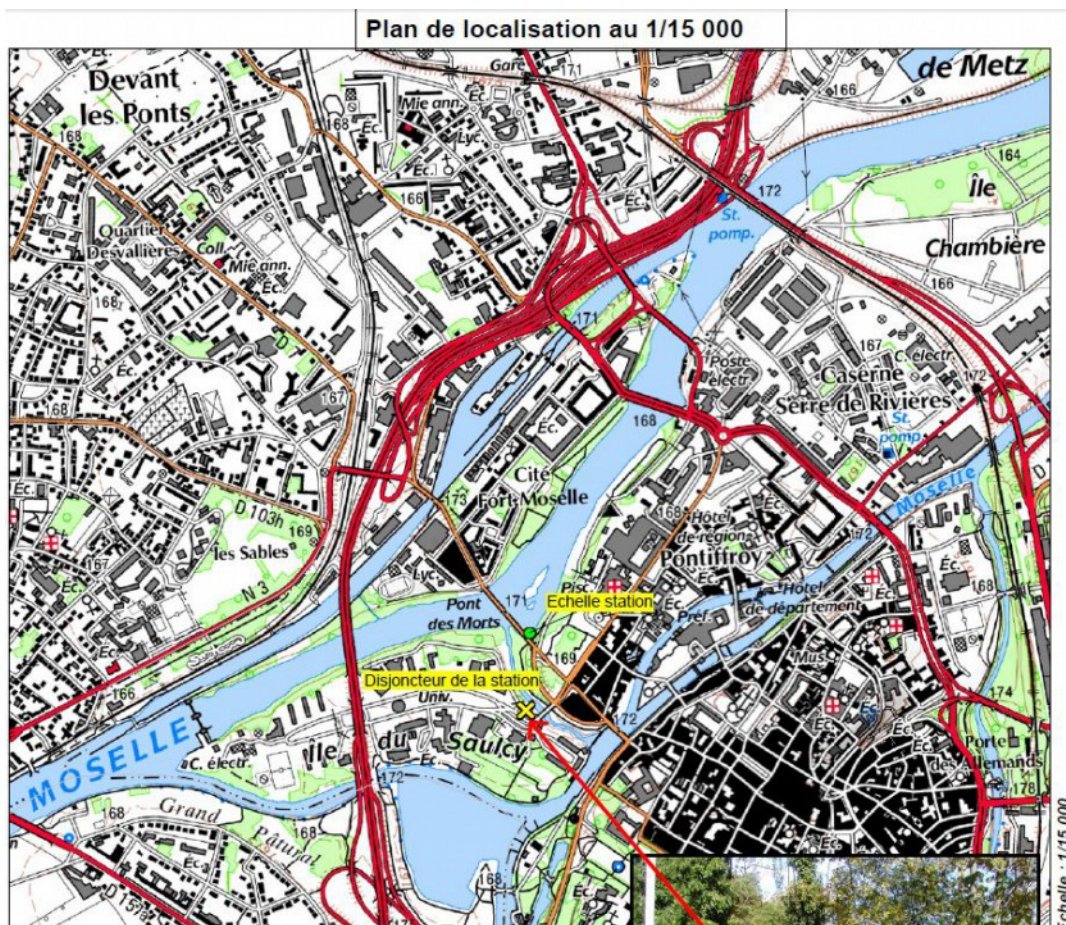


Illustration 18: Metz-pont-des-morts, zoom sur la localisation

La station la plus proche de Metz a été installée en aval, au-delà de la confluence avec la Seille, à Hauconcourt. Les débits historiques ont donc été reconstitués à Hauconcourt à partir d'une corrélation par anamorphose logarithmique¹⁴. Les valeurs manquantes ont été reconstitués à partir des débits de Toul et de Malzéville¹⁵ pour fournir un historique de débits de crue complet entre 1919 et 1984. Cet historique a été complété par les données de la Banque Hydro jusqu'à nos jours.

La série de débits finalement reconstituée sur Hauconcourt et qui constitue l'échantillon de travail couvre 94 années : de 1919 à 2012, pour 119 valeurs.

Notons enfin que la station de Custines est plus récente en comparaison d'Epinal et d'Hauconcourt (en considérant la reconstitution des débits grâce à Metz) : création en 1973 et débits validés à partir de 1978. Il n'en est pas fait mention dans l'étude CEGUM de 1985. SOGREAH, dans son Atlas des Zones Inondables de la Moselle en février 2000, conclue sur les temps de retour à ces trois stations les valeurs suivantes (suivant la méthode SPEED) :

| Station | BV (km ²) | Q100 | Q1947 |
|-------------|-----------------------|-------------|--------------------|
| Custines | 6830 | 1890 à 2010 | 2100 |
| Metz | 7880 | 2100 à 2450 | 2400 ¹⁶ |
| Hauconcourt | 9387 | 2200 à 2460 | 2400 |

14 Revue du CEGUM, 1985, Analyse critique des longues séries de hauteurs de crue, p225 et p227

15 cf. Carte des stations hydro de la Moselle en Annexe 3 et Revue du CEGUM, 1985, Analyse critique des longues séries de hauteurs de crue, p231

16 Les débits réels de la crue de 1947 sont augmentés de 140 m3/s du fait d'une rupture de digue du canal à l'amont de Nancy

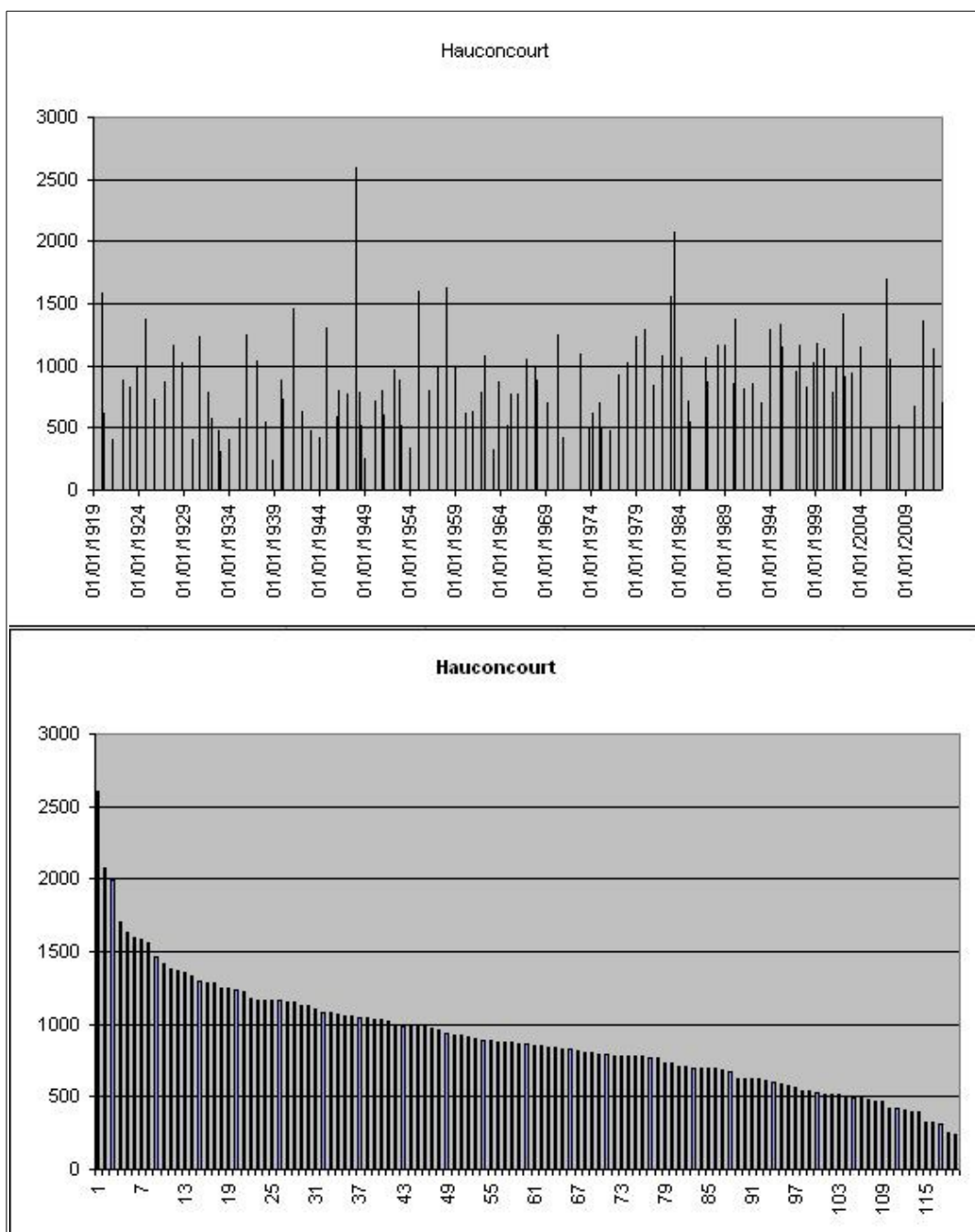


Illustration 19: Hauconcourt, échantillon reconstitué des crues historiques (1919 – 2012).

Depuis l'échantillon ainsi constitué, on peut extraire les 5 plus grandes crues connues à Hauconcourt, par ordre décroissant :

- 30/12/1947 pour 2600 m³/s
- 11/04/1983 pour 2080 m³/s
- 28/05/1983 pour 1990 m³/s
- 05/10/2006 pour 1700 m³/s
- 10/02/1958 pour 1630 m³/s

2.3.3 Analyse probabiliste des débits à Hauconcourt

L'échantillon de base a été traité pour constituer une série continue de 94 valeurs pour 94 ans entre 1919 et 2012 (valeurs max annuelles sur une année calendaire).

| RESULTATS | | | | |
|--|--------|---------------------|-------------|--------------|
| Hauconcourt | | | | |
| Période : 1919-2012 | | | | |
| Nombre de crues | | | 94 | |
| Moyenne des débits | (m3/s) | | 943 | |
| Ecart-type des débits | (m3/s) | | 387 | |
| Test de l'hypothèse d'Indépendance | | | | |
| Variable de Student associée T1 = | | | 0.14 | |
| Valeur acceptable à 5% (2 fois 2,5%) pour T1 = | | | 1.99 | |
| Le test d'indépendance est favorable | | | | |
| Test de l'hypothèse de stationnarité (Moyennes) | | | | |
| | | Echantillon Complet | 1ère partie | 2ième partie |
| moyenne | | 942.7 | 863.7 | 989.6 |
| ecart-type | | 387.5 | 450.2 | 340.4 |
| nombre | | 94 | 35 | 59 |
| Ecart des moyennes | (m3/s) | 125.9 | | |
| Variable de Student associée | | 1.54 | | |
| Nombre de degrés de liberté | | 92.00 | | |
| Valeur acceptable à 5% (2 fois 2,5%) | | 1.99 | | |
| Le test des moyennes est favorable | | | | |

Illustration 20: Hauconcourt, résultats des tests d'indépendance et de stationnarité pour l'échantillon dépassant le seuil 200 m3/s

Les tests d'hypothèse d'indépendance et de stationnarité sont favorables. Comme précédemment, nous avons alors testé plusieurs lois d'ajustement.

Les tests du χ^2 sont favorables pour les lois normale, lognormale et Gumbel et défavorable pour la loi de Fréchet.

On constate une plus grande hétérogénéité dans les résultats à Q1000 due à l'incertitude sur l'échantillon de base reconstitué (en particulier la valeur max de 1947 entre 2450 et 2600 m3/s) et l'ampleur des débits elle-même qui fait que l'intervalle de confiance grandit mathématiquement avec les débits. Graphiquement, c'est la loi lognormale qui s'ajuste le mieux à l'échantillon.

Les valeurs obtenues sont les suivantes avec la loi lognormale [intervalle de confiance à 70%] :

Q1000 (lognormale) = 3160 m3/s [2840 ;3510]

Q100 (lognormale) = 2300 m3/s [2100 ;2500]

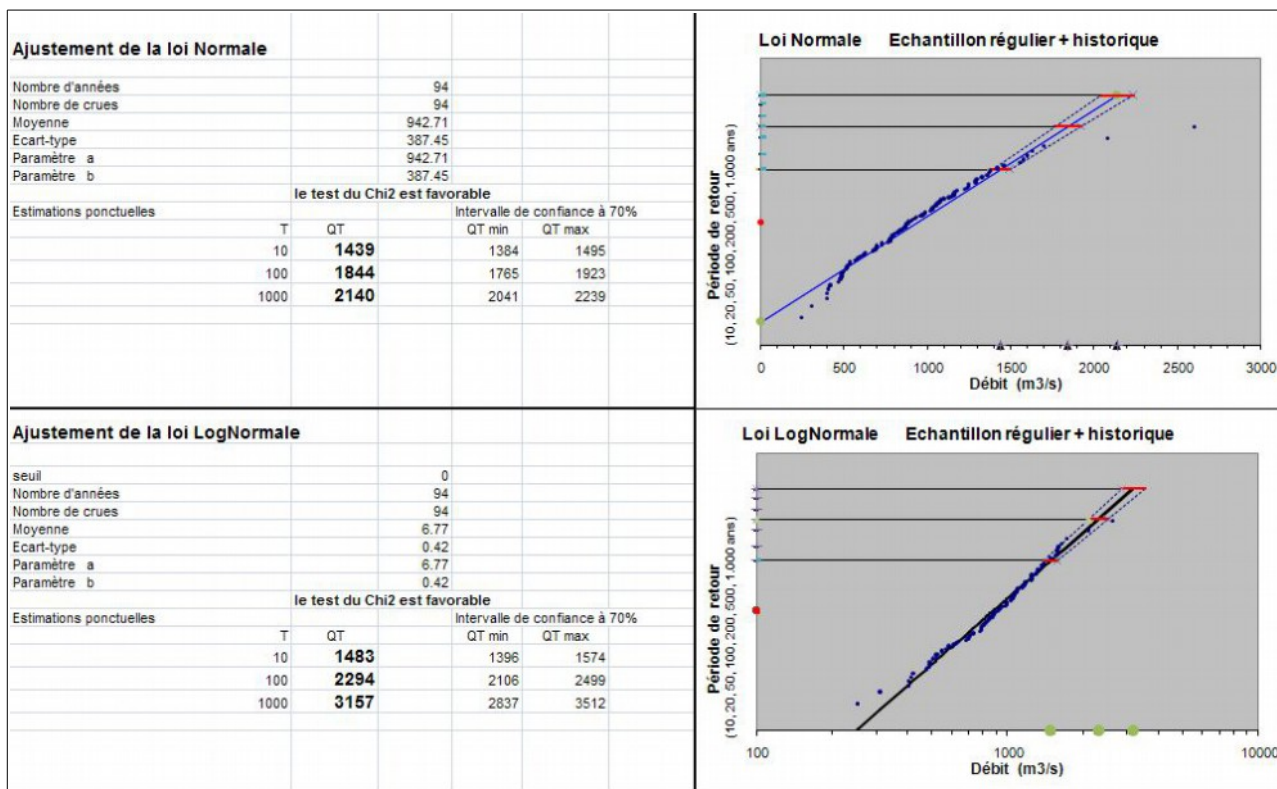


Illustration 21: Hauconcourt, ajustement des max annuels par lois continues.

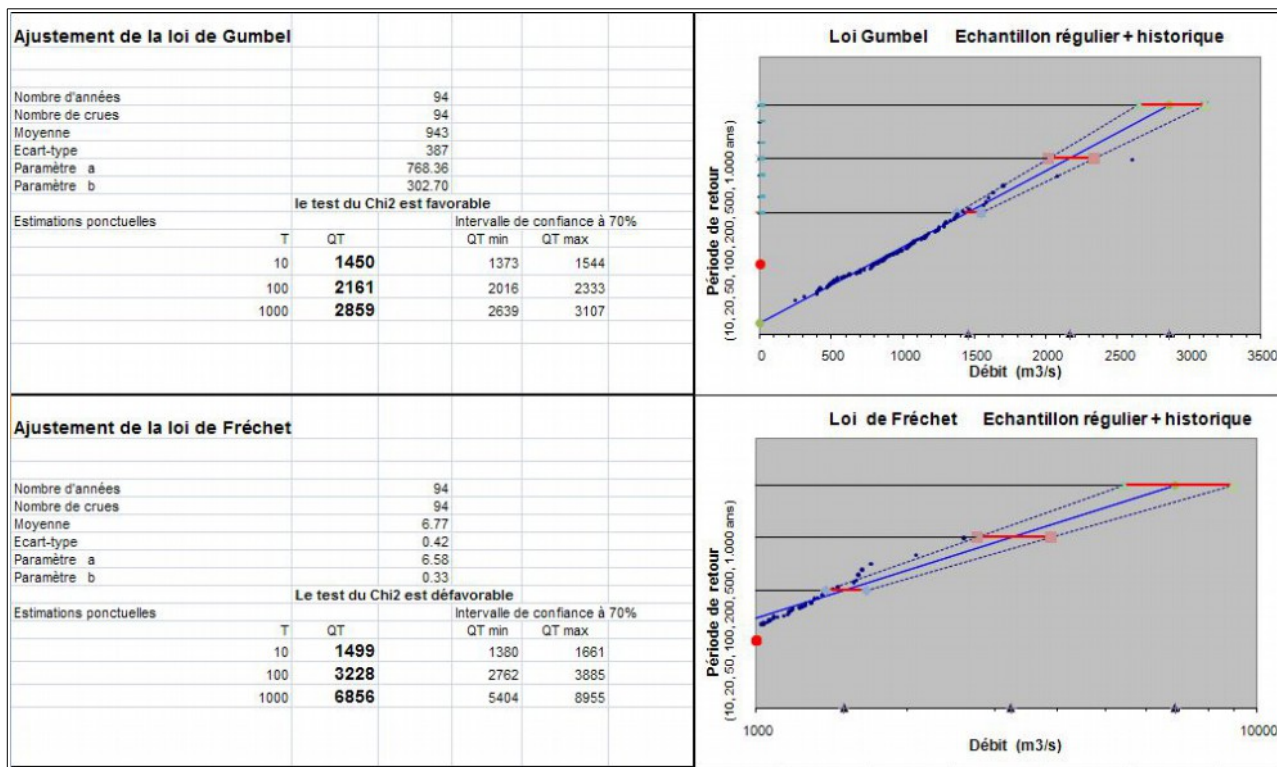


Illustration 22: Hauconcourt, ajustement des max annuels par lois de type valeurs extrêmes.

2.3.4 Autres méthodes de détermination du Q1000 à Hauconcourt

Comme pour le TRI d'Épinal, nous avons utilisé les autres méthodes à notre disposition pour évaluer un débit millénal à Hauconcourt, suivant la méthode Speed extrapolée et les données SHYREG. Les valeurs issues du modèle Larsim suite à l'épisode de pluie extrême ont été jugées irréalistes à partir de la confluence avec la Meurthe (pour mémoire, 5000 m³/s à Hauconcourt).

Nous avons également élargi dans cette partie le champ d'investigations à la station de Custines dont le débit extrême est nécessaire en entrée du modèle pour le TRI de Metz / Thionville / Pont-a-Mousson. Cette vision globale permet également d'avoir une vue d'ensemble d'une crue extrême sur le bassin versant de la Moselle et de rechercher une certaine cohérence amont-aval avec le TRI d'Épinal.

Les valeurs obtenues sont récapitulées dans le tableau suivant :

| Station | S (km ²) | Q réduit T 1000 ans (SPEED) | Q1000 (SPEED) | Q1000 (SHYREG-DEBIT) |
|----------------------|----------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------|
| Épinal | 1120 | 70 | 1200 | 1434 |
| Toul | 3350 | 45 | 1650 | |
| Malzéville (Meurthe) | 2930 | 40 | 1330 | |
| Custines | 6830 | 40 | 2500 | 2826 |
| Metz | 7880 | 42 | 2930 | 2966 |
| Hauconcourt | 9387 | 36 – 40 | 2860 – 3180 | 3115 |

2.3.5 Conclusions pour la crue extrême sur le TRI de Metz / Thionville / Pont-a-Mousson

A Hauconcourt, les trois méthodes utilisées convergent vers une valeur moyenne de 3150 m³/s pour une crue millénaire. Il faut cependant garder en mémoire l'incertitude relative des ajustements et des méthodes basées sur les pluies pour fixer un intervalle de confiance à +/- 10% de cette valeur.

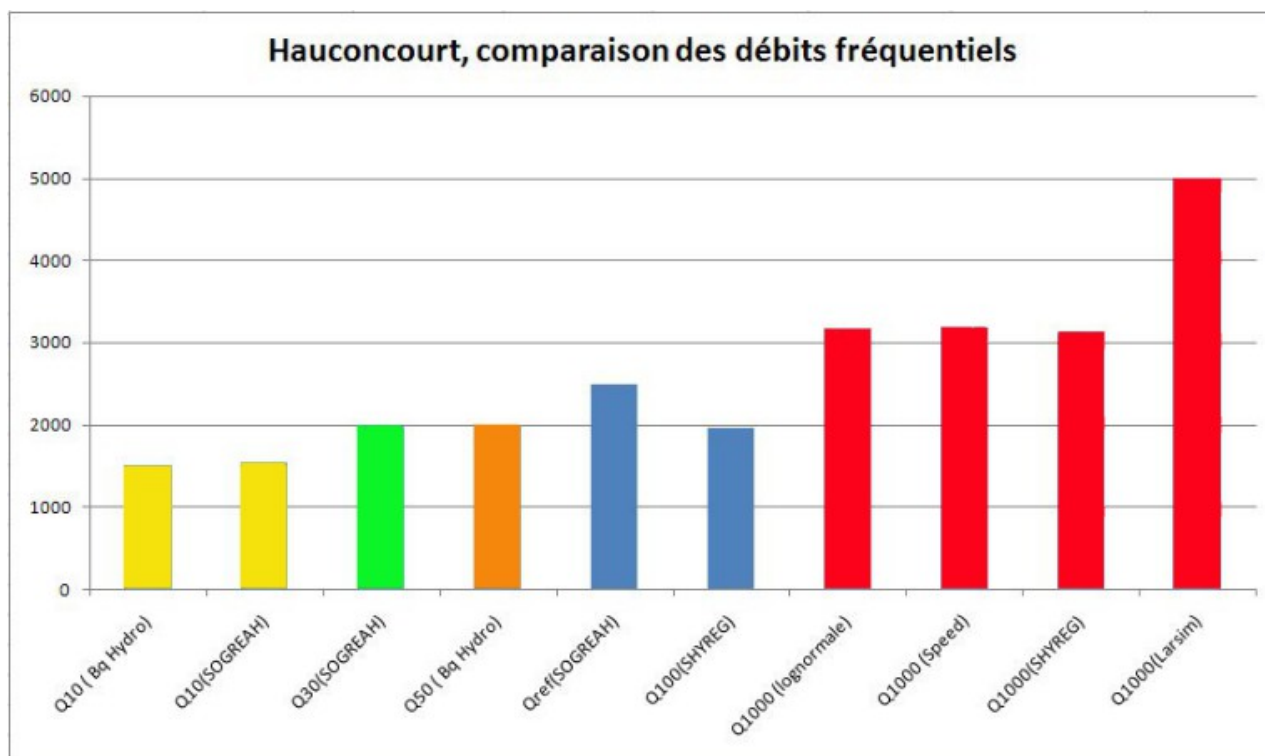


Illustration 23: Hauconcourt, comparaison des méthodes de calcul du débit extrême

A Custines, la valeur finalement proposée est de 2800 m³/s, à la fois dans un souci de cohérence avec les valeurs estimées à Epinal/Toul (Moselle) et Malzéville (Meurthe) et par la moyenne des estimations données par les méthodes Shyreg-débit et Speed.

Ces valeurs ont été proposées et validées par le groupe de suivi des TRI de la Moselle en mai 2013.

2.4 Conclusion de l'analyse hydrologique

A partir du cadrage national donné par la circulaire du 16 juillet 2012 relative à la mise en œuvre de la phase « Cartographie » de la directive européenne inondations, nous avons tout d'abord déterminé les points hydrologiques « clé » de la rivière Moselle, puis chercher à croiser le maximum d'informations et de méthodologies différentes afin de proposer un scénario global d'une crue extrême de la Moselle.

Au cours des recherches, il est apparu l'existence d'un historique de crues très riche sur le secteur d'Épinal, permettant de caractériser avec une certaine confiance la valeur du débit millénal en ce point. L'analyse plus complexe sur la Moselle aval est issue d'un croisement avec d'autres méthodes telles que l'extrapolation du Speed ou l'utilisation des données Shyreg-débit.

Les valeurs finalement retenues pour la crue extrême de la Moselle, après consultation et validation du groupe technique de suivi des TRI de la Moselle, sont les suivantes :

Épinal : 1200 m³/s

Custines : 2800 m³/s

Hauconcourt : 3150 m³/s

Il faut rappeler à ce stade que les valeurs maximales effectivement mesurées à ce jour en ces points sont nettement inférieures, pour mémoire :

Épinal : 800 m³/s le 15/02/1990

Custines : 1860 m³/s le 10/04/1983

Hauconcourt : 2080 m³/s le 11/04/1983

et l'incertitude importante à associer aux ajustements statistiques de tels événements.

3 Cartographie de la crue extrême

3.1 Modèle hydraulique existant de la Moselle de SOGREAH

L'atlas actuel des zones inondables de la Moselle a été réalisé par le bureau d'étude SOGREAH entre 1999 et 2002 par exploitation du modèle hydraulique global de la Moselle.

L'étude hydraulique de la Moselle est relativement complexe, en effet, le secteur d'étude est très vaste, près de 250 km pour la Moselle, et la morphologie du lit est très variée.

Le modélisateur a choisi de découper le secteur d'étude en cinq modèles distincts et consécutifs.

Chacun de ces cinq modèles est délimité par son pk amont et son pk aval, c'est à dire par son abscisse kilométrique dont l'origine est prise arbitrairement tout à l'amont de la Moselle, à Saint-Maurice-sur-Moselle.

Le découpage retenu pour couvrir l'ensemble de la Moselle est le suivant : (cf illustration 24)

- MOSELLE1 : de Bussang à Golbey (pk 0 à 81,87).
- MOSELLE2 : de Golbey à Tonnoy (pk 81,87 à 133,91).
- MOSELLE3 : : de Tonnoy à Custines (pk 133,91 à 202,64).
- MOSELLE4 : de Custines à Uckange (pk 202,4 à 278,4).
- MOSELLE5 : d'Uckange à la frontière luxembourgeoise (pk 276,85 à 313,75).

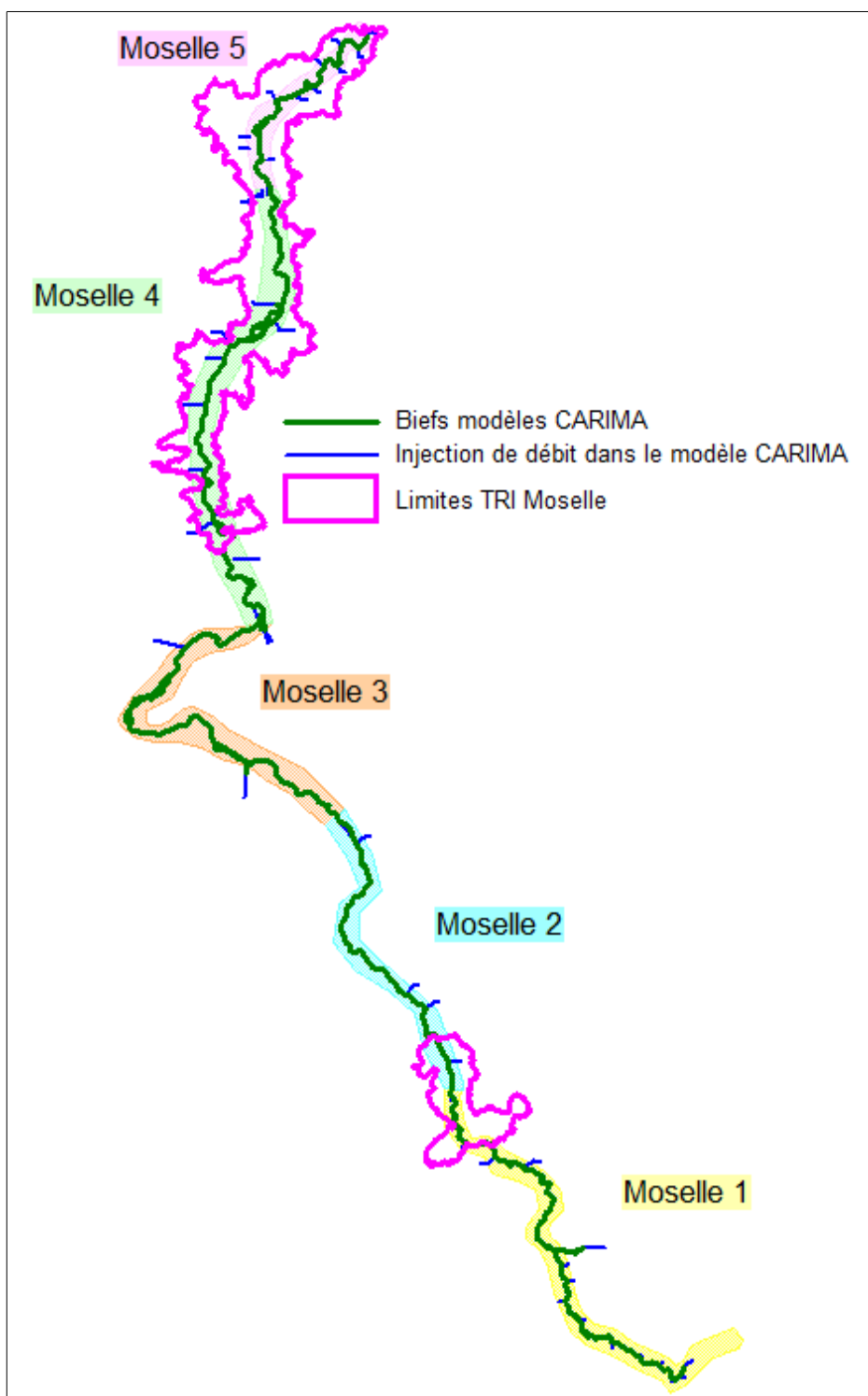


Illustration 24: Enchaînement des sous modèles CARIMA de la Moselle

L'outil utilisé pour la modélisation et le calcul est le logiciel CARIMA conçu et développé par SOGREAH. Il permet la modélisation de réseaux maillés ou ramifiés de cours d'eau, canaux et champs d'inondation. Il assure le calcul des écoulements à surface libre en régime graduellement varié et transitoire ou permanent (variabilité dans l'espace et dans le temps). Les points de calcul en lit mineur sont définis à l'aide de profils en travers, ceux-ci pouvant s'étendre en lit majeur si le « tube de courant » modélisé en intègre une partie. Pour différencier les écoulements du lit majeur de ceux du lit mineur, il faut définir d'autres points de calculs par l'intermédiaire de casiers situés en lit majeur.

Les échanges entre différents points de calcul font appel aux lois de l'hydraulique :

- Equation complète de Barré de Saint-Venant pour les phénomènes de frottement et d'inertie.
- Lois d'écoulement particulières sur les ouvrages ponctuels tels que seuils, barrages, orifices etc...

Ils s'effectuent par le biais de liaisons entre deux points de calculs.

Les simulations s'effectuent en introduisant les hydrogrammes des crues caractéristiques de la Moselle et de ses affluents dans le modèle.

Les affluents de la Moselle pris en compte pour le calcul des écoulements sont les suivants :

- Affluents de Moselle1 : le ruisseau du Ménil, la Colline, le ruisseau des Charbonniers, la Moselotte, la Vologne, et des apports intermédiaires divers ou diffus.
- Affluents de Moselle2 : le St Oger, le Durbion, l'Avière et l'Euron.
- Affluents de Moselle3 : le Madon, les affluents à l'amont de Toul, le Terrouin et enfin la Meurthe.
- Affluents de Moselle4 : Natagne, L'Esch, Rupt de Pont-à-Mousson, Trey, Rupt de Mad, Mance, Montvaux, Seille, Orne et Woippy.
- Affluents de Moselle5 : Orne, Fensch, Canner, Veymerange, Kieselbach, Boler, Altbach, See, Bibiche, Oudrennbach, Montenach, Ruisseau de Manderen.

A l'issue de l'étude, SOGREAH a fourni un outil informatique (G_Moselle) sous MapInfo permettant l'assemblage des différents modèles. Cette plate-forme informatique permet de propager une crue soit sur l'ensemble des cinq modèles enchaînés, soit sur un modèle en particulier. L'outil fourni est développé sous Map Info, logiciel de système d'information géographique, et permet la visualisation des résultats sous Ophyca, outil de gestion et de cartographie des résultats de modèles hydrauliques.

Les résultats des simulations donnent en tout point de calcul et à chaque pas de temps, le débit, la vitesse moyenne sur la section et la cote. L'exploitation des résultats consiste pour une simulation à extraire pour chaque point de calcul, la cote maximale atteinte. Cette cote sera ensuite utilisée pour la cartographie de la zone inondable correspondante.

Lors de la réalisation de l'atlas des zones inondables de la Moselle, trois crues avaient été simulées et cartographiées.

- **crue décennale**
- **crue trentennale**
- **crue de référence** correspondant au débit de la crue de décembre 1947 reconstitué (crue centennale ou supérieure à la centennale selon les secteurs).

Les cartographies des crues trentennale et de référence ont été retenues pour les cartographies de la crue fréquente et de la crue moyenne dans le cadre de la directive sur les inondation.

Pour la cartographie de la crue extrême de la directive inondation, nous allons utiliser le modèle hydraulique de la Moselle sous CARIMA en simulant la crue millénaire avec l'outil 'G_Moselle'. Le modèle hydraulique a été calé principalement sur la crue de février 1990 pour l'amont et sur les crues d'avril et mai 1983 pour l'aval. Ces crues de calage sont inférieures mais assez proches de la crue de référence de l'atlas des zones inondables. L'utilisation du modèle pour simuler la crue millénaire, crues supérieures de 30 à 40 % aux crues de calage, offre une précision moindre.

3.2 Hydrogrammes injectés dans le modèle CARIMA pour la crue extrême

L'analyse hydrologique a donné les débits de pointe suivants pour la crue extrême :

- Epinal : 1 200 m³/s
- Custines : 2 800 m³/s
- Hauconcourt : 3 150 m³/s

Le modèle hydraulique CARIMA de la Moselle a été établi en régime transitoire, les débits en entrée du modèle sont donc des hydrogrammes. Pour obtenir les hydrogrammes en entrée du modèle pour la crue extrême, nous avons utilisé les hydrogrammes de la crue de référence auxquelles nous avons appliqué un coefficient multiplicateur (de l'ordre de 1,3) permettant après simulation d'avoir au point de référence le débit de pointe défini par l'étude hydrologique.

Pour le secteur aval, le transfert de la crue par le modèle hydraulique ne permettait pas d'obtenir pour Custines et Hauconcourt les débits de pointe voulus pour un même coefficient multiplicateur, nous avons donc calé le coefficient multiplicateur pour Custines puis nous avons retiré un débit constant de l'ordre de 10 % à tous les affluents pour obtenir le débit de pointe voulu à Hauconcourt.

Les hydrogrammes résultant après simulations sont présentés sur les illustrations 25, 26 et 27 ci-après.

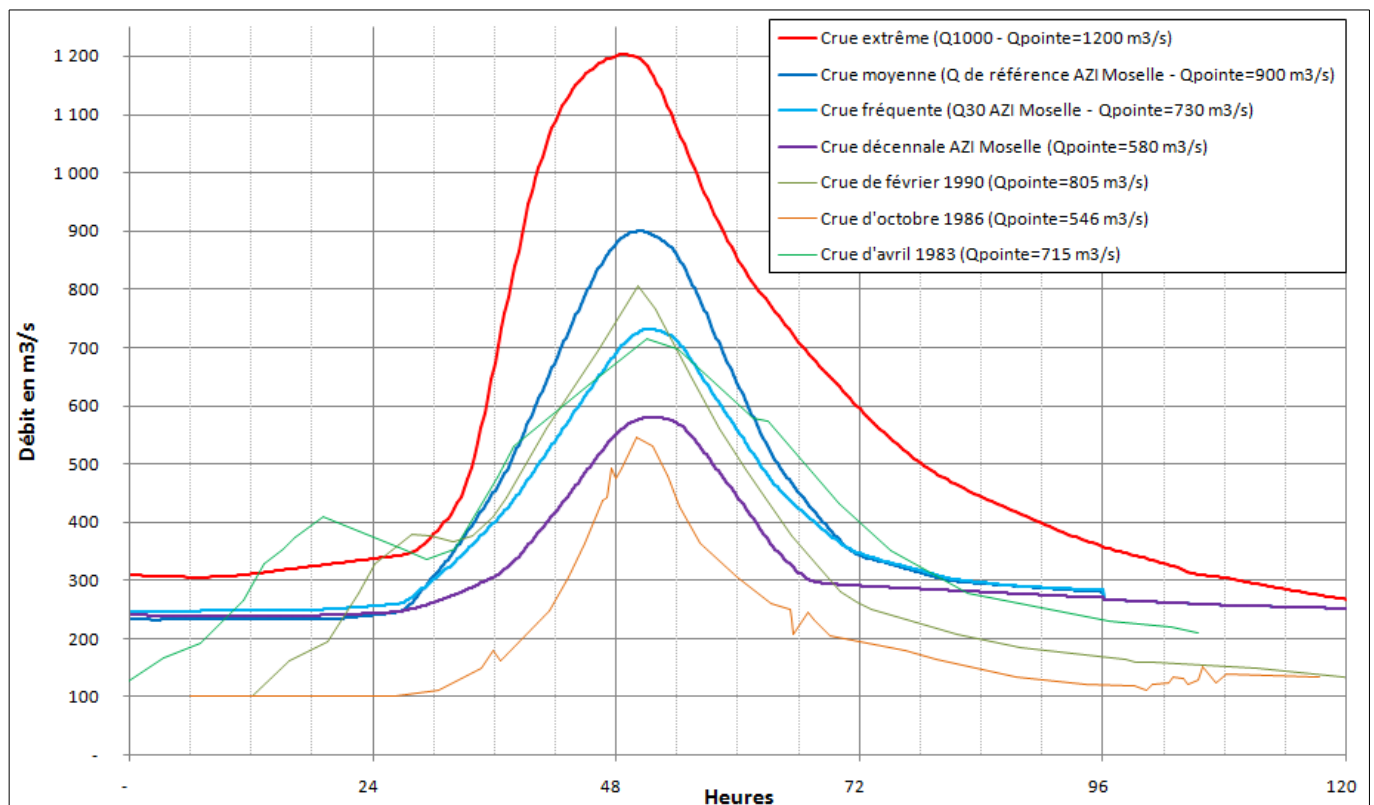


Illustration 25: Hydrogrammes des crues caractéristiques issues de CARIMA à l'aval d'Epinal

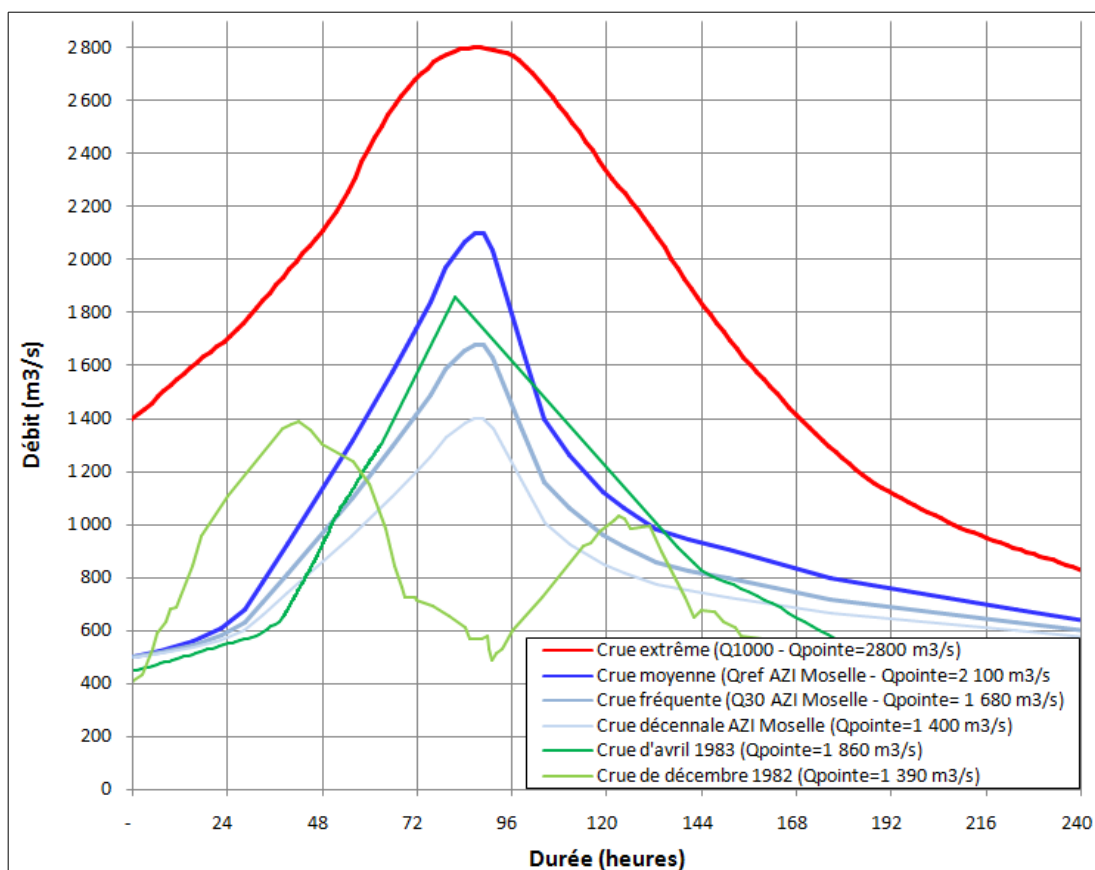


Illustration 26: Hydrogrammes des crues caractéristiques issus de CARIMA à Custines

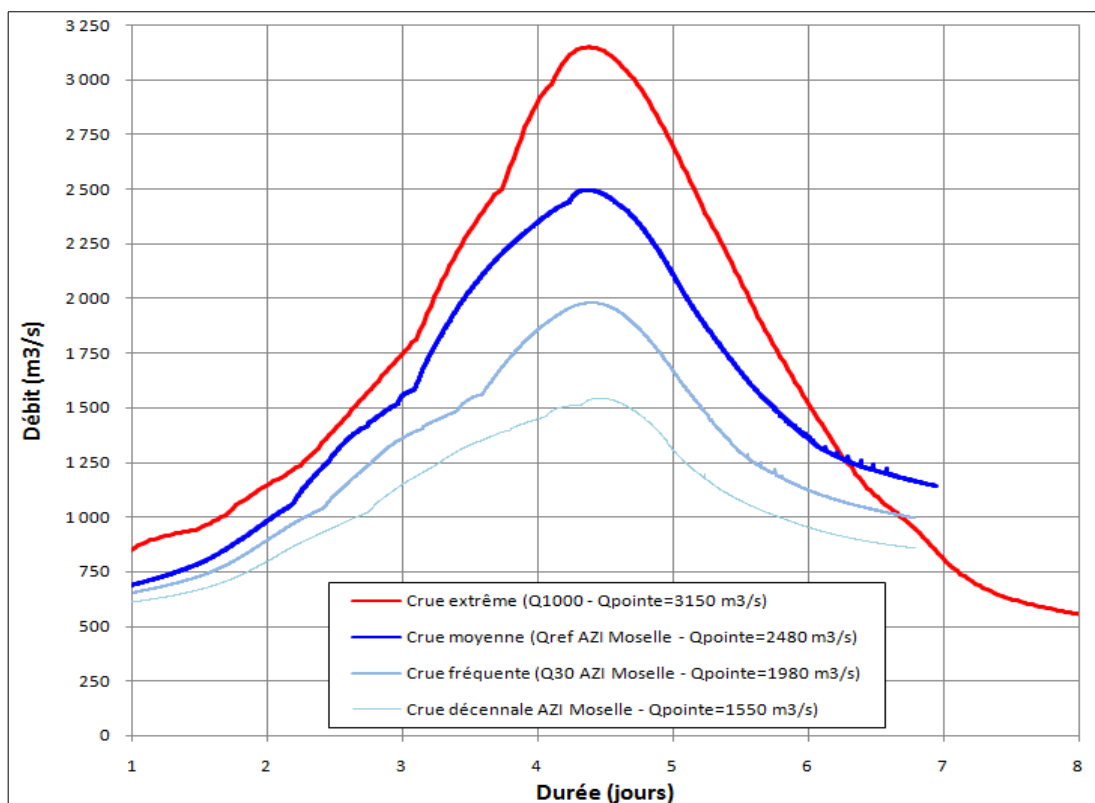


Illustration 27: Hydrogrammes des crues caractéristiques issus de CARIMA à Hauconcourt

L'exploitation des résultats de CARIMA par Ophyca permet d'obtenir en tout point de calcul la cote maximale atteinte qui sera utilisée pour la cartographie de la zone inondable.

Nous avons repris les résultats de l'étude SOGREAH pour faire figurer sur les profils en long des illustrations 28, 29 et 30 les lignes d'eau des crues fréquentes, moyenne et extrême.

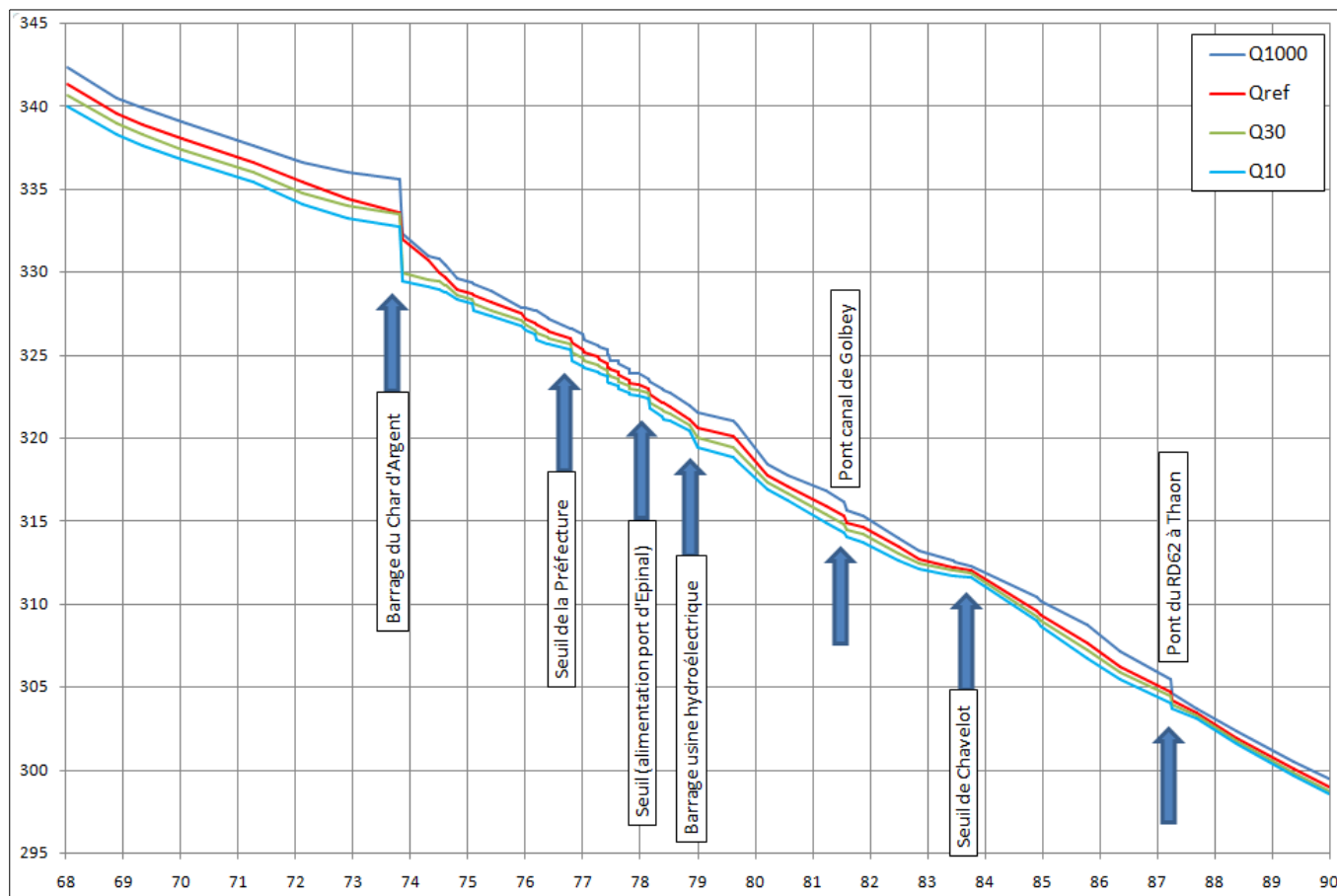


Illustration 28: TRI Epinal - Ligne d'eau des crues caractéristiques de la Moselle

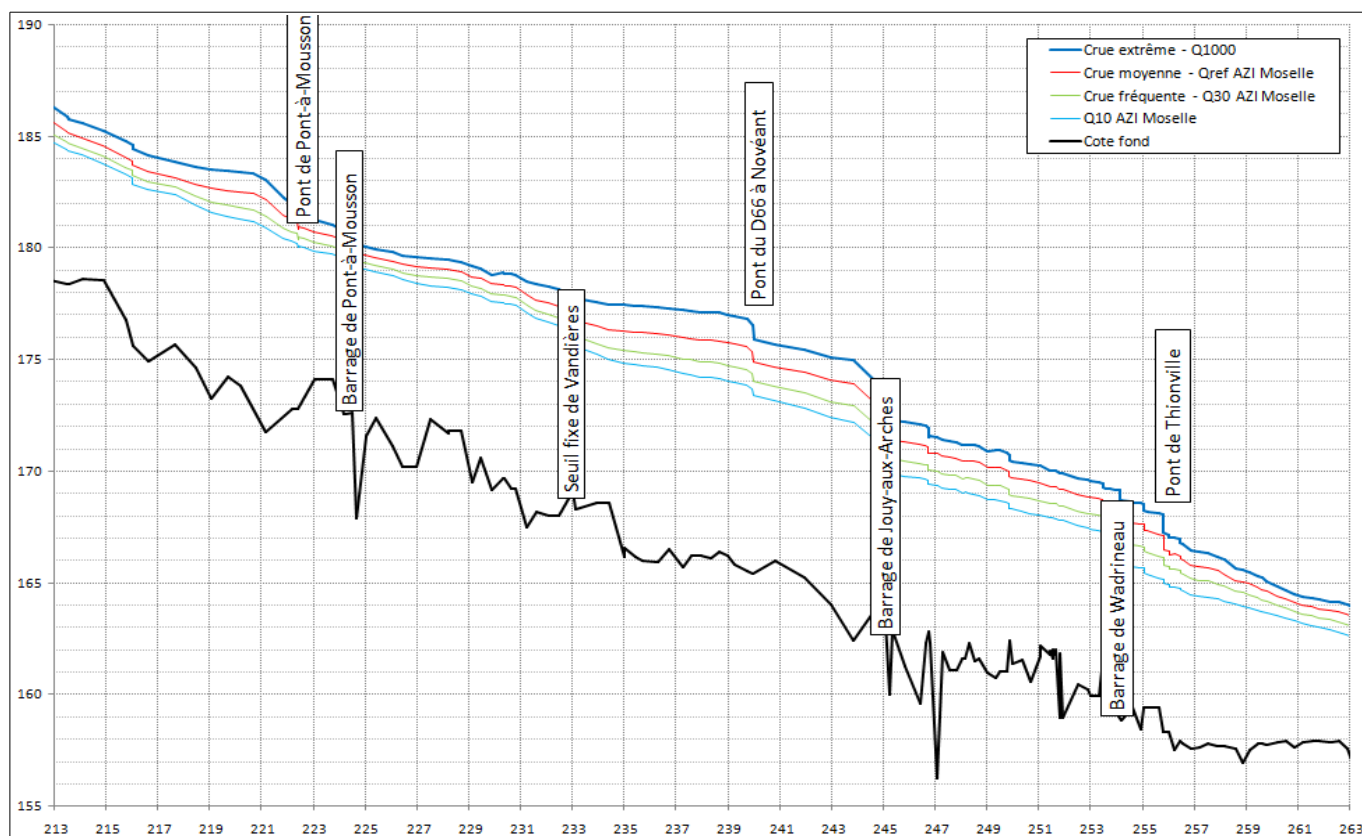


Illustration 29: TRI Metz amont - Ligne d'eau des crues caractéristiques de la Moselle

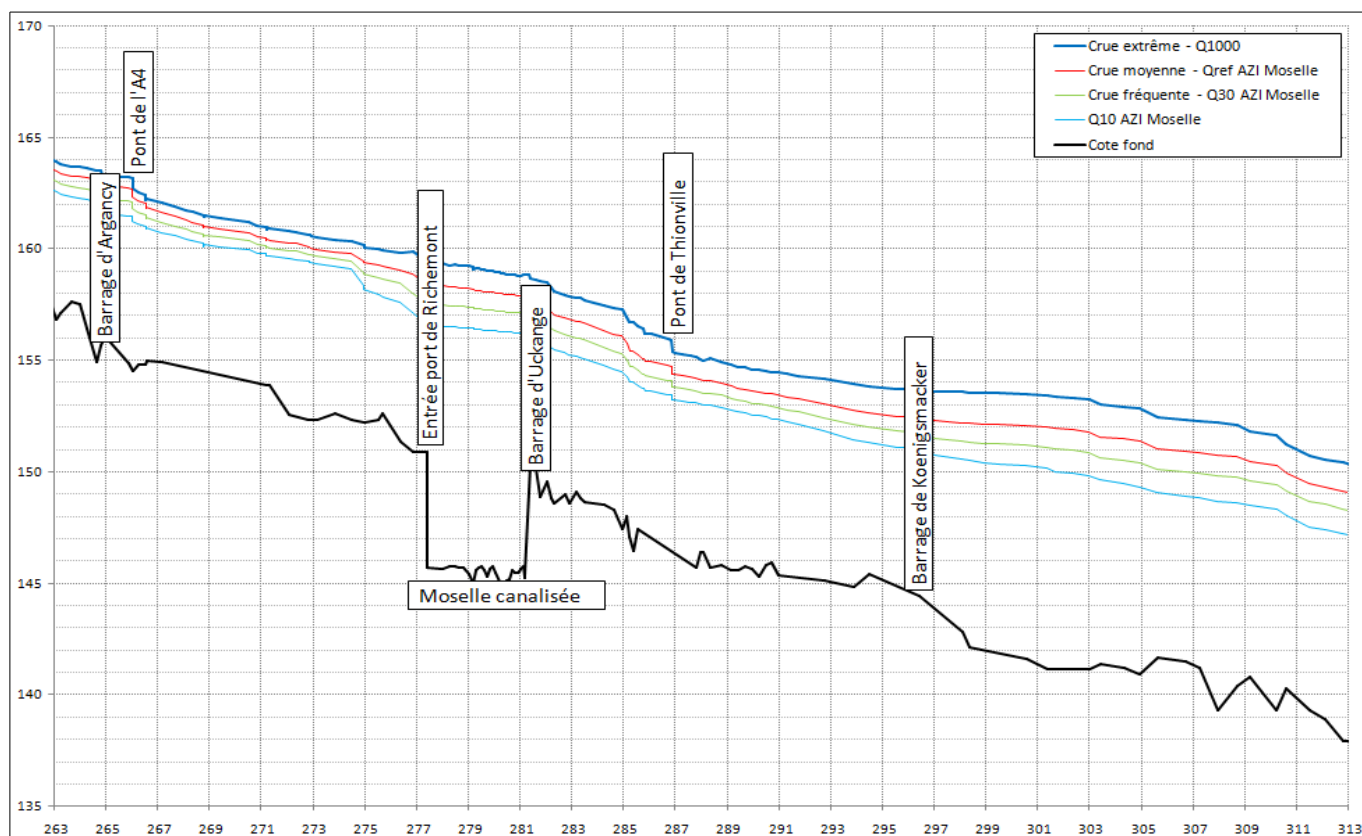


Illustration 30: TRI Metz aval - Ligne d'eau des crues caractéristiques de la Moselle

3.3 Traitement des ouvrages de protection (Digues)

3.3.1 Inventaire des digues

Sur l'emprise des TRI de la Moselle, la liste des digues recensées dans la base de données SIOUH est la suivante :

TRI Metz_Thionville_Pont-à-Mousson:

- Digue du boulevard de Riolle (Pont-à-Mousson)
- Digue de l'ancien canal de Pont-à-Mousson
- Digue de la déviation d'Ars
- Digue dite du "canal de Jouy"
- Digue du Ban-Saint-Martin
- Digue du nouveau port de Metz
- Digue de Ay-sur-Moselle
- Digue du Malambas (Hauconcourt – Raffinerie)
- Digue de Hauconcourt
- Digue du port de Thionville

TRI Epinal:

- Digue de la BTT à Thaon les Vosges
- Digue du canal de l'Est à Thaon (digue en arrière plan de la digue de la BTT).

3.3.2 Cote des digues vis à vis de la crue extrême

Les plans de situation ainsi que les profils en travers montrant la ligne d'eau de la crue extrême figurent en fin de rapport. Les profils en travers sont issus du levé LIDAR, ils ne font donc pas figurer les murs en béton ou les rideaux de palplanches qui pourraient compléter les digues.

Après examen des profils en travers, il apparaît que :

1. les digues suivantes sont sous le niveau de la crue extrême sur tout ou partie de leur linéaire :
 - Digue du Ban-Saint-Martin
 - Digue de Ay-sur-Moselle
 - Digue du port de Thionville
 - Digue de la BTT à Thaon les Vosges
 - Digue du canal de l'Est à Thaon (digue en arrière plan de la digue de la BTT).
2. les digues suivantes sont à la limite du niveau de la crue extrême sur tout ou partie de leur linéaire (avec éventuellement une légère surverse sur une section) :
 - Digue de l'ancien canal de Pont-à-Mousson
 - Digue de la déviation d'Ars mais la partie amont de la digue, entre la voie SNCF et la dérivation navigable, est surmontée d'un mur en palplanches qui ne semble pas apparaître sur le LIDAR.
 - Digue dite du "canal de Jouy"
 - Digue du nouveau port de Metz
3. les digues suivantes sont au dessus du niveau de la crue extrême :
 - Digue du boulevard de Riolle (Pont-à-Mousson)
 - Digue du Malambas (Hauconcourt – Raffinerie)
 - Digue de Hauconcourt

3.3.3 Prise en compte des digues dans la cartographie de la crue extrême

La digue du boulevard de Riolle a été construite au 16ème ou 17ème siècle, sa base est d'environ 20 mètres de largeur pour 3 mètres de hauteur, elle est surmontée d'une voie urbaine. Pour la crue extrême, elle est contournée par l'aval, la différence de niveau de part et d'autre de la digue est inférieure à 1 mètre et elle a une revanche de l'ordre de 50 cm, nous proposons donc de la considérer comme résistante.

La digue de l'ancien canal à Pont-à-Mousson est située entre le lit mineur de la Moselle et l'ancien canal à petit gabarit qui est actuellement utilisé comme port de plaisance. L'amont de cette digue est protégé par une porte de garde. Pour la crue moyenne et pour la crue extrême, cette digue est contournée en rive gauche par les eaux traversant Pont-à-Mousson qui se déversent ensuite dans l'ancien canal puis le canal à grand gabarit et génèrent des inondations plus en aval. La différence de niveau de part et d'autre de la digue pour la crue extrême est inférieure à 1 mètre, en cas de brèche ou de défaillance de la digue, les eaux se déverseraient dans l'ancien canal puis le canal à grand gabarit, nous considérons qu'elles ne pourraient générer qu'une très faible augmentation du niveau sur la rive gauche que nous n'avons pas cartographiée pour la crue extrême.

A l'exception des deux digues citées ci-avant, pour la crue extrême, toutes les autres digues ont été considérées comme défailtantes et nous avons cartographié les zones derrière digue en utilisant la méthode décrite dans la circulaire du 16 juillet 2012. Cette méthode consiste à projeter horizontalement le niveau d'eau du lit mineur ou majeur devant la digue vers l'arrière de la digue puis à calculer les hauteurs de submersion.

Pour le TRI Metz – Thionville - Pont-à-Mousson, il convient d'ajouter les centrales électriques EDF de Richemont à la confluence de la Moselle et de l'Orne et de Blénod-les-Pont-à-Mousson dont le niveau des plate-formes est légèrement inférieur à celui de la crue extrême et qui seraient partiellement inondables. Ces centrales électriques sont protégées par des digues et nous n'avons pas connaissance de l'emplacement des installations sensibles. Une étude spécifique sera nécessaire pour déterminer leur inondabilité.

La plate-forme de la centrale électrique EDF de Lamaxe est au dessus du niveau de la crue extrême.

3.4 Cartographie

La cartographie consiste à déterminer pour la crue extrême les contours des zones inondables ainsi que le tracé des courbes d'équi-profondeur.

La cartographie des zones inondables est réalisée à l'aide d'OPHYCA, MapInfo et Vertical Mapper.

Il s'agit de réaliser un Modèle Numérique de la Surface Libre en Eau à partir des résultats du modèle CARIMA.

Nous disposons du modèle numérique de terrain (MNT), le LIDAR fourni par la DREAL Lorraine issu du marché national passé par la ministère avec l'IGN (cf illustration 31 ci-après). Ce MNT a une définition en XY de 1 mètre et une précision de l'ordre de ± 15 cm. Compte tenu de l'échelle de sortie et pour faciliter le traitement, nous avons redimensionné le MNT à une définition de 5 mètres (0,2 mm au 1/25 000).

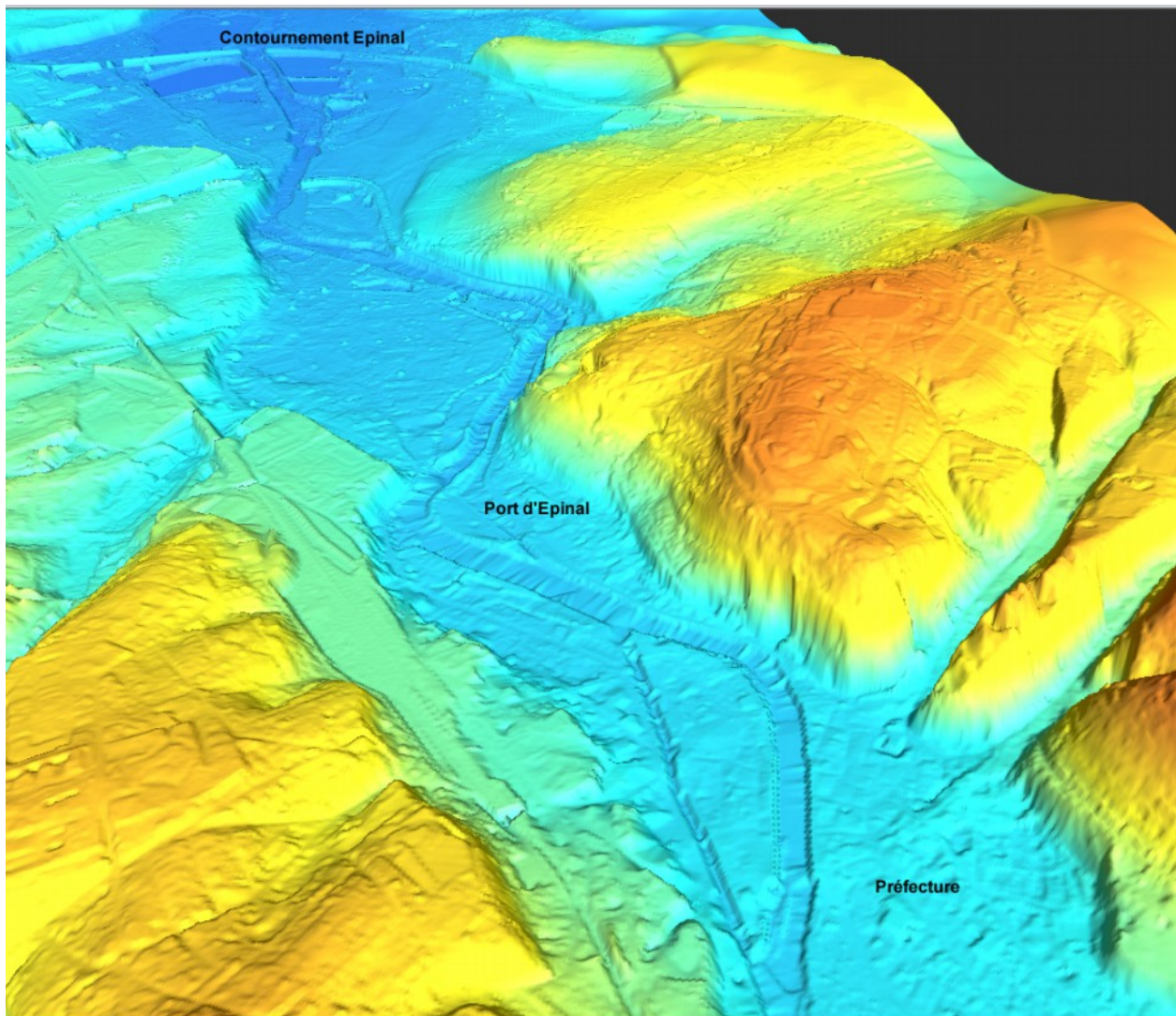


Illustration 31: Modèle numérique de terrain LIDAR (vue 3D Epinal)

Enfin, la confrontation entre ces deux surfaces permet de calculer automatiquement, par différence, les hauteurs d'eau et d'en déduire les contours des zones d'iso-profondeur.

Le rendu des zones inondables se présente en une carte sur laquelle les hauteurs d'eau sont divisées en trois grandes classes :

- de 0 m à 1 m,
- de 1 m à 2 m,
- et enfin les hauteurs d'eau supérieures à 2 m.

Cette cartographie sous la forme de planches A3 au 1/25 000 est annexée au présent rapport. Elle a été établie selon les prescriptions de la note méthodologique du 1er mars 2013 sur la sémiologie de la cartographie Directive Inondation.

3.5 Rendu SIG

Les données SIG sont rendues au format MapInfo et selon le standard de données COVADIS 'Directive inondation' dans sa version corrigée du 12 mars 2013. Les éléments fournis au standard COVADIS sont les suivants :

| Eléments | Type d'objet | Nom des tables |
|---------------------------------|--------------|---|
| Zone inondable | Surfacique | N_[<i>préfix Trij</i>]_INONDABLE_S_ddd.tab |
| Zone d'iso classe de hauteur | Surfacique | N_[<i>préfix Trij</i>]_ISO_HT_S_ddd.tab |
| Point coté du niveau de la crue | Point | N_[<i>préfix Trij</i>]_COTE_VIT_DEB_P_ddd.tab |
| Ouvrage de protection | Linéaire | N_[<i>préfix Trij</i>]_OUV_PROTEC_L_ddd.tab |
| Zone soustraite à l'inondation | Surfacique | N_[<i>préfix Trij</i>]_SOUST_INOND_S_ddd.tab |

[*préfix Trij*] = EPIN pour TRI EPINAL et METZ pour le TRI METZ-THIONVILLE-PONT-A-MOUSSON
ddd = département , 088 pour le TRI EPINAL et 057 pour le TRI Metz

Pour la réalisation des cartes des atlas suivant la sémiologie de la cartographie Directive inondation, nous avons ajouté les éléments suivants :

| Eléments | Type d'objet | Nom des tables |
|---|--------------|---|
| Zone en eau, lit mineur, canaux, lacs, étangs.. | Surfacique | N_[<i>préfix Trij</i>]_SURFACE_EN_EAU_S_ddd.tab |
| Limite de TRI | Surfacique | Limite_TRI_L93.tab |
| Limite de commune du TRI | Surfacique | Limites_Communes_TRI.tab |
| Fond de plan Scan25 IGN | Raster | Nom de la table IGN |

[*préfix Trij*] = EPIN pour TRI EPINAL et METZ pour le TRI METZ-THIONVILLE-PONT-A-MOUSSON
ddd = département , 088 pour le TRI EPINAL et 057 pour le TRI Metz

Les tables MapInfo suivantes sont fournies :

TRI Epinal

| Nom de la Table | Standard COVADIS | Remarques |
|--|------------------|--|
| N_TRI_EPIN_COTE_VIT_DEB_P_088 | oui | Tableau de données complété pour garder le lien avec les points de calcul CARIMA. |
| N_TRI_EPIN_INONDABLE_S_088_Fai N_TRI_EPIN_INONDABLE_S_088_Moy N_TRI_EPIN_INONDABLE_S_088_For | oui | Pour faciliter les traitements et manipulations ultérieures par la DREAL, les tables n'ont pas été assemblées. Le nom des tables est celui défini par le standard COVADIS suivi de « fai », « moy » ou « for » selon la crue considérée. |
| N_TRI_EPIN_ISO_HT_S_088_Fai N_TRI_EPIN_ISO_HT_S_088_Moy N_TRI_EPIN_ISO_HT_S_088_For | oui | Pour faciliter les traitements et manipulations ultérieures par la DREAL, les tables n'ont pas été assemblées. Le nom des tables est celui défini par le standard COVADIS suivi de « fai », « moy » ou « for » selon la crue considérée. |
| N_TRI_EPIN_SURFACE_EN_EAU_S_088 | Non | Représentation selon sémiologie de la cartographie Directive Inondations, table issue de l'AZI Moselle (précision du 1/5 000). |
| N_TRI_EPIN_OUV_PROTEC_L_088 | oui | Table issue de la base de données SIOUH (ex BarDigue) |
| N_TRI_EPIN_SOUST_INOND_S_088 | oui | Table issue de l'AZI Moselle pour la crue moyenne uniquement. |
| Limite_TRI_L93 | Non | Représentation selon sémiologie de la cartographie Directive Inondations, table issue du ftp du CETE d'Aix. |
| Limites_Communes_TRI | Non | Représentation selon sémiologie de la cartographie Directive Inondations, table issue de BD-Carto. |

TRI Metz_Thionville_Pont-à-Mousson

| Nom de la Table | Standard COVADIS | Remarques |
|--|------------------|--|
| N_TRI_METZ_COTE_VIT_DEB_P_057 | oui | Tableau de données complété pour garder le lien avec les points de calcul CARIMA. |
| N_TRI_METZ_INONDABLE_S_057_Fai N_TRI_METZ_INONDABLE_S_057_Moy N_TRI_METZ_INONDABLE_S_057_For | oui | Pour faciliter les traitements et manipulations ultérieures par la DREAL, les tables n'ont pas été assemblées. Le nom des tables est celui défini par le standard COVADIS suivi de « fai », « moy » ou « for » selon la crue considérée. |
| N_TRI_METZ_ISO_HT_S_057_Fai N_TRI_METZ_ISO_HT_S_057_Moy N_TRI_METZ_ISO_HT_S_057_For | oui | Pour faciliter les traitements et manipulations ultérieures par la DREAL, les tables n'ont pas été assemblées. Le nom des tables est celui défini par le standard COVADIS suivi de « fai », « moy » ou « for » selon la crue considérée. |
| N_TRI_METZ_SURFACE_EN_EAU_S_057 | Non | Représentation selon sémiologie de la cartographie Directive Inondations, table issue de l'AZI Moselle (précision du 1/5 000). |
| N_TRI_METZ_OUV_PROTEC_L_057 | oui | Table issue de la base de données SIOUH (ex BarDigue) |
| N_TRI_METZ_SOUST_INOND_S_057 | oui | Table issue de l'AZI Moselle pour la crue moyenne uniquement. |
| Limite_TRI_L93 | Non | Représentation selon sémiologie de la cartographie Directive Inondations, table issue du ftp du CETE d'Aix. |
| Limites_Communes_TRI | Non | Représentation selon sémiologie de la cartographie Directive Inondations, table issue de BD-Carto. |

3.6 Conclusion cartographie

L'atlas des zones inondables de la Moselle réalisé entre 1999 et 2002 a permis de disposer d'une modèle hydraulique de la Moselle de St Maurice à la frontière luxembourgeoise et , en particulier, de l'outil 'G_Moselle' permettant d'effectuer des simulations sur ce modèle.

Nous avons utilisé le modèle en y injectant les débits correspondants à la crue millénale puis exploité les résultats pour réaliser la cartographie de la crue extrême conformément aux prescriptions de la directive inondation.

Nous avons repris et mis en forme la cartographie des crues fréquente et moyenne issue de l'étude SO-GREAH de 1999-2002.

L'atlas joint au rapport présente la cartographie des crues millénale, centennale et trentennale soit les crues extrême, moyenne et fréquente au sens de la directive inondation.

Les données SIG ont été mises au format du standard COVADIS et les cartes sont conformes à la sémiologie graphique de la directive inondation.

4 Limites et incertitudes sur les résultats obtenus

Différentes incertitudes sont attachées à la méthode utilisée pour définir les zones inondables. On peut les

4.1 Hydrologie

Les études hydrologiques ont pour objet de déterminer les débits caractéristiques en chaque point du cours d'eau. Elles sont basées sur des mesures physiques de pluies, de hauteurs d'eau, de débits, toutes données soumises à l'origine à des incertitudes : erreurs sur les hauteurs d'eau enregistrées, erreurs de jaugeages, incertitude de la courbe hauteur-débit notamment dans son extrapolation vers les fortes valeurs, etc...

A cela s'ajoutent les incertitudes sur le choix de la loi théorique, sur le choix du seuil pour la méthode du renouvellement, sur les fréquences empiriques voire sur l'échantillonnage lui-même (incertitude liée au fait que l'on n'a peut être pas observé d'événement majeur dans l'information historique).

Pour nuancer ces incertitudes, rappelons que le travail de critique des données effectué sur les quelques 154 années de valeurs extrêmes à Epinal et 94 années à Hauconcourt, ainsi que les tests d'homogénéité et de stationnarité effectués sur les échantillons de travail restent la meilleure protection contre ces incertitudes. Globalement, les valeurs issues de l'intervalle de confiance à 70%, de l'ordre de ± 10 à 15 % par rapport à la valeur moyenne retenue, doivent être gardées en mémoire même si elle ne reflètent pas l'ensemble des incertitudes liées à la prédétermination des crues. Enfin, l'inter-comparaison des méthodes utilisées pour la prédétermination des débits extrêmes permet également d'obtenir un intervalle de valeurs dont l'homogénéité est un bon indicateur de l'incertitude globale.

Concernant les débits extrêmes, il faut rappeler que la détermination d'un débit millénal n'est pas à considérer seulement à l'échelle des régimes hydrologiques des cours d'eau actuels mais devrait aussi tenir compte des variations dues aux changements climatiques passés. Lors du mini âge glaciaire des 16^{ème} et 17^{ème} siècle ou lors de l'optimum climatique médiéval, le régime hydrologique des rivières et les régimes des précipitations étaient très certainement très différents d'aujourd'hui mais nous sont inconnus.

4.2 Hydraulique

Nous avons réutilisé le modèle hydraulique sous CARIMA élaboré entre 1998 et 2002 par SOGREAH pour l'étude d'atlas des zones inondables de la Moselle. Ce modèle a été calé principalement sur la crue de février 1990 à l'amont (TRI Épinal) dont le débit est proche de la centennale et sur les crues de 1982 et 1983 sur l'aval (TRI Metz) dont les débits sont inférieurs à la centennale. En outre, nous disposions des repères de la crue de décembre 1947 (crue de référence) qui n'étaient plus utilisables tels quels pour le calage du modèle suite au nombreux aménagements du cours de la Moselle (canalisation, exploitation du sable en lit mineur) mais qui permettaient de bien comprendre le fonctionnement hydraulique de la rivière et de modéliser plus finement les écoulements pour cette crue. Le calage du modèle répondait donc bien à l'objectif principal de l'étude qui était la modélisation et la cartographie de la crue de référence pour l'élaboration des PPRi.

Cependant, le modèle ainsi calé ne prend peut être pas toujours bien en compte les particularités des écoulements qui sont rencontrés pour les débits de la crue millénale qui sont de l'ordre de 30 % supérieurs à la crue centennale.

Dans le modèle hydraulique sous CARIMA, nous avons constaté que les tabliers des ponts ne sont pas modélisés (les ponts sont ouverts). Ce qui est valable pour la crue de référence où les ponts ne sont généralement pas en charge ne l'est peut être pas pour la crue millénale où certains ponts pourraient se mettre en charge, augmentant sensiblement le niveau d'eau à l'amont des ouvrages concernés. Ceci n'est pas pris en compte actuellement par le modèle CARIMA.

4.3 Modèle numérique de terrain

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

Pour la cartographie des crues fréquentes et moyennes (Étude SOGREAH de 1998-2002), le MNT avait été extrapolé d'un levé topographique par photogrammétrie dont la précision de chaque point était de l'ordre de 15 à 20 cm mais dont la densité de levé était très faible : un point tous les 50 m en rase campagne et le double dans les secteurs urbanisés complété par les levés des hauts et bas de talus et des courbes de niveau.




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

Enfin, les tabliers des ponts ne sont pas intégrés dans les MNT. Les ponts apparaissent donc systématiquement inondés sur les cartes produites, ce qui n'est généralement pas vérifié sur le terrain.

4.4 Conclusion limites et incertitudes des résultats

Compte tenu des incertitudes difficilement quantifiables à tous les niveaux de la chaîne de production des cartes des zones inondables (hydrologie, hydraulique, MNT), il serait illusoire de donner une précision sur les résultats obtenus tant sur les lignes d'eau que sur la cartographie. L'incertitude globale n'est évidemment pas la somme des incertitudes, leurs caractères systématique ou aléatoire très divers rendent difficile une évaluation globale du risque d'erreur. En revanche, à chaque étape de la démarche, il apparaît important que l'hydrologue, le topographe et le modélisateur puissent expliciter la nature des incertitudes.

Le choix définitif de l'affichage et de la prise en compte des incertitudes revient au maître d'ouvrage, en fonction des objectifs de la cartographie et des enjeux associés (dimensionnement, information, sécurité, etc...).

| | | |
|------------------------|--------------------------|---|
| Rédigé par | P GASTAUD T DEVILLARD |  |
| Visa du chef de Projet | P GASTAUD |  P. Gastaud |
| Visa du Chef de Groupe | F ARKI |  |

Annexe 1 : Liste des débits maximum instantanés à Épi- nal entre 1859 et 2012

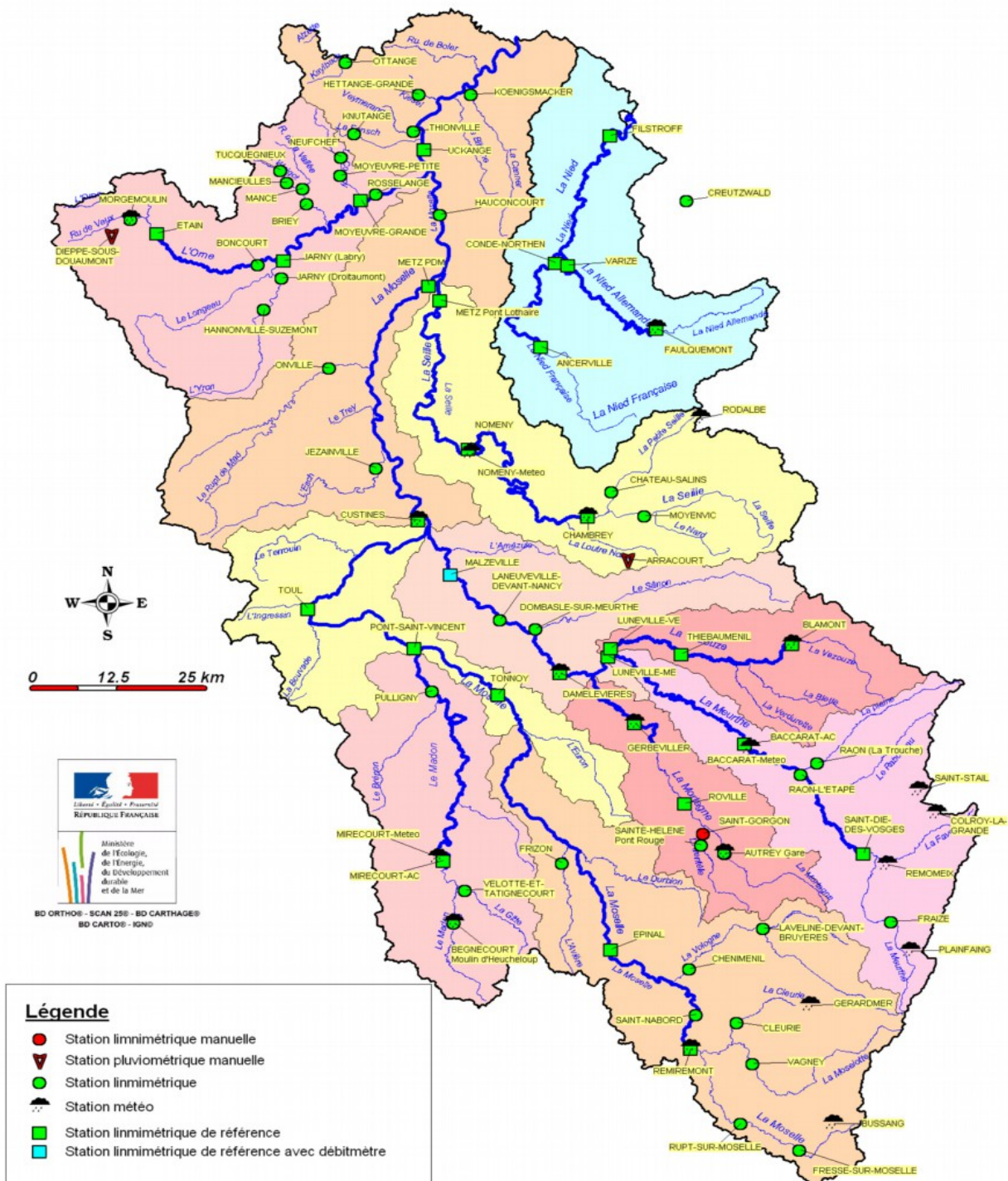
| date;Qimax | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 09/05/1854;115 | 12/05/1898;160 | 15/01/1943;195 | 01/04/1986;400 |
| 25/10/1854;225 | 14/01/1899;580 | 25/11/1944;780 | 23/10/1986;545 |
| 10/04/1855;205 | 18/01/1900;310 | 13/02/1945;465 | 02/01/1987;335 |
| 30/05/1856;185 | 06/12/1900;585 | 09/02/1946;305 | 03/03/1987;270 |
| 12/01/1857;145 | 09/10/1901;285 | 06/03/1947;275 | 05/01/1988;310 |
| 05/04/1858;205 | 18/05/1902;380 | 29/12/1947;900 | 26/03/1988;365 |
| 19/11/1858;245 | 03/01/1903;300 | 06/07/1948;345 | 05/12/1988;480 |
| 19/05/1859;265 | 09/02/1904;285 | 15/03/1949;120 | 04/11/1989;185 |
| 01/11/1859;275 | 08/12/1904;310 | 20/12/1949;140 | 19/12/1989;335 |
| 27/02/1860;245 | 28/03/1905;250 | 11/02/1950;370 | 15/02/1990;805 |
| 02/01/1861;440 | 28/02/1906;330 | 20/03/1951;300 | 30/12/1990;300 |
| 31/01/1862;495 | 20/02/1907;435 | 12/01/1952;460 | 14/11/1991;275 |
| 23/10/1862;285 | 05/09/1908;185 | 10/06/1953;195 | 22/12/1991;540 |
| 22/09/1863;360 | 10/07/1909;295 | 16/01/1954;205 | 22/11/1992;285 |
| 03/06/1864;225 | 19/01/1910;495 | 13/01/1955;655 | 20/12/1993;410 |
| 26/01/1865;410 | 09/11/1910;465 | 04/03/1956;290 | 10/12/1994;190 |
| 08/02/1867;495 | 22/11/1911;395 | 26/02/1957;515 | 26/01/1995;700 |
| 25/04/1868;480 | 10/01/1912;260 | 09/02/1958;485 | 19/03/1995;425 |
| 28/11/1869;465 | 02/02/1913;250 | 08/01/1959;380 | 25/12/1995;265 |
| 10/09/1870;285 | 13/11/1913;370 | 26/02/1960;355 | 13/11/1996;290 |
| 22/04/1871;360 | 08/03/1914;345 | 31/01/1961;270 | 26/02/1997;315 |
| 26/05/1872;465 | 16/01/1915;250 | 12/12/1961;375 | 12/12/1997;260 |
| 01/12/1872;385 | 10/12/1915;510 | 31/03/1962;660 | 29/10/1998;525 |
| 20/01/1873;270 | 17/02/1916;410 | 24/08/1963;195 | 21/02/1999;395 |
| 30/11/1873;160 | 27/12/1916;240 | 20/11/1963;390 | 25/10/1999;340 |
| 20/11/1874;205 | 13/10/1917;395 | 17/11/1964;380 | 19/12/1999;460 |
| 22/01/1875;370 | 04/01/1919;275 | 06/12/1965;440 | 01/03/2000;335 |
| 10/11/1875;370 | 24/12/1919;860 | 25/12/1966;430 | 31/05/2000;395 |
| 13/03/1876;785 | 17/03/1920;220 | 24/12/1967;400 | 10/07/2000;210 |
| 14/02/1877;495 | 14/01/1921;210 | 22/09/1968;230 | 14/11/2000;365 |
| 05/04/1878;385 | 03/01/1922;330 | 24/04/1969;420 | 13/03/2001;410 |
| 23/07/1879;310 | 31/12/1922;260 | 23/02/1970;495 | 30/12/2001;625 |
| 24/11/1879;265 | 25/10/1923;325 | 20/11/1970;145 | 28/01/2002;365 |
| 27/10/1880;560 | 01/11/1924;660 | 19/11/1971;195 | 27/02/2002;380 |
| 11/02/1881;255 | 28/12/1925;495 | 17/11/1972;670 | 20/03/2002;400 |
| 13/07/1882;195 | 30/10/1926;450 | 16/11/1973;390 | 26/10/2002;325 |
| 27/12/1882;655 | 25/09/1927;310 | 18/12/1974;335 | 04/01/2003;300 |
| 15/12/1883;300 | 15/02/1928;380 | 31/01/1975;175 | 14/01/2004;565 |
| 05/12/1884;330 | 26/11/1928;370 | 24/01/1976;200 | 13/02/2005;225 |
| 01/12/1885;370 | 01/01/1929;130 | 08/12/1976;210 | 05/12/2005;230 |
| 03/03/1886;360 | 15/05/1930;345 | 26/01/1977;410 | 10/03/2006;315 |
| 17/12/1886;335 | 21/10/1930;555 | 21/03/1978;340 | 04/10/2006;425 |
| 10/12/1887;360 | 01/03/1931;395 | 31/12/1978;490 | 19/01/2007;405 |
| 12/03/1888;385 | 07/01/1932;310 | 12/03/1979;330 | 02/03/2007;430 |
| 10/10/1889;275 | 20/01/1934;285 | 04/02/1980;450 | 03/12/2007;265 |
| 23/01/1890;385 | 05/02/1935;355 | 15/12/1980;320 | 12/03/2008;200 |
| 31/12/1891;370 | 02/12/1935;435 | 15/12/1981;455 | 28/03/2009;170 |
| 01/01/1892;385 | 13/01/1936;320 | 21/12/1982;530 | 26/02/2010;225 |
| 26/10/1892;410 | 23/02/1937;395 | 10/04/1983;740 | 09/12/2010;325 |
| 06/10/1893;385 | 14/01/1938;205 | 26/05/1983;405 | 08/01/2011;245 |
| 16/11/1894;255 | 18/01/1939;425 | 15/01/1984;560 | 17/12/2011;485 |
| 13/11/1895;620 | 13/10/1939;345 | 07/02/1984;545 | 17/12/2012;300 |
| 09/03/1896;620 | 15/09/1940;300 | 24/11/1984;250 | |
| 03/02/1897;355 | 01/01/1941;410 | 10/05/1985;180 | |
| 07/09/1897;380 | 12/03/1942;240 | 24/01/1986;410 | |

Annexe 2 : Liste des débits maximum instantanés à Hau-concourt entre 1919 et 2012

| date;Qimax | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 01/01/1919;920 | 02/04/1962;1080 | 14/02/2005;490 | |
| 26/12/1919;1580 | 20/03/1963;320 | 05/10/2006;1700 | |
| 17/03/1920;620 | 22/11/1963;870 | 03/03/2007;1050 | |
| 15/01/1921;400 | 20/11/1964;525 | 22/03/2008;520 | |
| 19/04/1922;890 | 26/03/1965;770 | 26/12/2009;675 | |
| 01/01/1923;830 | 25/01/1966;775 | 10/12/2010;1360 | |
| 27/10/1923;980 | 13/12/1966;1055 | 18/12/2011;1130 | |
| 03/11/1924;1380 | 26/12/1967;990 | 07/01/2012;905 | |
| 29/09/1925;730 | 17/01/1968;885 | 29/12/2012;700 | |
| 23/11/1926;870 | 25/04/1969;700 | | |
| 12/11/1927;1160 | 13/05/1970;1250 | | |
| 28/11/1928;1030 | 29/01/1971;420 | | |
| 28/12/1929;410 | 19/11/1972;1100 | | |
| 14/10/1930;1240 | 10/12/1973;490 | | |
| 08/09/1931;780 | 20/03/1974;615 | | |
| 09/01/1932;570 | 19/12/1974;695 | | |
| 27/10/1932;470 | 17/04/1975;500 | | |
| 12/02/1933;310 | 14/02/1976;470 | | |
| 17/01/1934;400 | 22/02/1977;930 | | |
| 25/02/1935;580 | 26/02/1978;1020 | | |
| 03/12/1935;820 | 12/02/1979;1230 | | |
| 14/01/1936;1250 | 06/02/1980;1290 | | |
| 24/02/1937;1040 | 21/01/1981;840 | | |
| 19/01/1938;540 | 18/12/1981;1080 | | |
| 24/11/1938;240 | 19/12/1982;1560 | | |
| 17/10/1939;880 | 11/04/1983;2080 | | |
| 03/02/1940;730 | 28/05/1983;1990 | | |
| 21/01/1941;1460 | 09/02/1984;1070 | | |
| 07/03/1942;630 | 24/11/1984;710 | | |
| 16/01/1943;480 | 24/01/1985;540 | | |
| 05/02/1944;420 | 24/10/1986;1060 | | |
| 27/11/1944;1300 | 03/01/1987;875 | | |
| 31/12/1945;585 | 27/03/1988;1170 | | |
| 01/03/1946;795 | 07/12/1988;1170 | | |
| 07/03/1947;770 | 20/12/1989;855 | | |
| 30/12/1947;2600 | 17/02/1990;1370 | | |
| 09/07/1948;780 | 01/01/1991;810 | | |
| 19/08/1948;520 | 24/12/1991;850 | | |
| 20/01/1949;250 | 24/11/1992;700 | | |
| 13/02/1950;710 | 13/01/1993;690 | | |
| 04/12/1950;805 | 08/01/1994;1290 | | |
| 21/03/1951;600 | 27/01/1995;1330 | | |
| 30/03/1952;970 | 21/03/1995;1150 | | |
| 28/11/1952;880 | 14/11/1996;960 | | |
| 12/02/1953;515 | 27/02/1997;1160 | | |
| 18/01/1954;330 | 23/12/1997;825 | | |
| 11/12/1954;835 | 31/10/1998;1030 | | |
| 14/01/1955;1600 | 11/03/1999;1180 | | |
| 06/03/1956;795 | 21/12/1999;1130 | | |
| 27/02/1957;980 | 15/11/2000;780 | | |
| 10/02/1958;1630 | 22/03/2001;980 | | |
| 10/01/1959;990 | 31/12/2001;1420 | | |
| 28/02/1960;620 | 21/03/2002;915 | | |
| 08/12/1960;625 | 06/01/2003;935 | | |
| 14/12/1961;785 | 15/01/2004;1150 | | |

Annexe 3 : Carte des stations hydrométriques de la Moselle, situation en Juin 2010 (source : DREAL Lorraine)

Stations d'hydrométrie du bassin de la Moselle Situation Juin 2010



S:\Documents MapInfo\GIS.H.P.C\SPC Meuse Moselle\Réseau annonce de crues\Cartes du réseau ACA\41\CarteDesStationsMoselle_Juin-2010-A4.wor

Annexe 4 : Bibliographie et références

ARNAUD P., EGLIN Y., JANET B., PAYRASTRE O., 2013, Notice d'utilisation des bases de données SHYREG-DEBIT. *Méthode, performances, limites.*

DREAL Lorraine, SPC Meuse-Moselle, 2006, Notice d'utilisation de LARSIM

DREAL Lorraine, SPC Meuse-Moselle, 2012, Seuils de vigilance et crues historiques sur le bassin versant de la Moselle.

LANG M., LAVABRE J., 2007, Estimation de la crue centennale pour les plans de prévention des risques d'inondations.

MEYLAN P., FAVRE A.C., MUSY A., 2008, Hydrologie fréquentielle, *Une science prédictive.*

ROCHE P.A., MIQUEL J., GAUME E., 2012, Hydrologie quantitative, *Processus, modèles et aide à la décision.*

SOGREAH, 2000, Atlas des Zones Inondables de la Moselle et de la Meurthe, *Volume 2 : Étude Hydrologique.*

ZUMSTEIN J.F., GILLE E., ABELE J., ANGAUD M., MARTIN C., Revue Mosella TOME XV, 1985, Analyse critique des longues séries de hauteurs de crue aux échelles d'Épinal, Toul et Metz sur la Moselle et de Malzéville sur la Meurthe. *Validation des séries brutes, établissement des séries homogènes et reconstitution de séries de débits.*

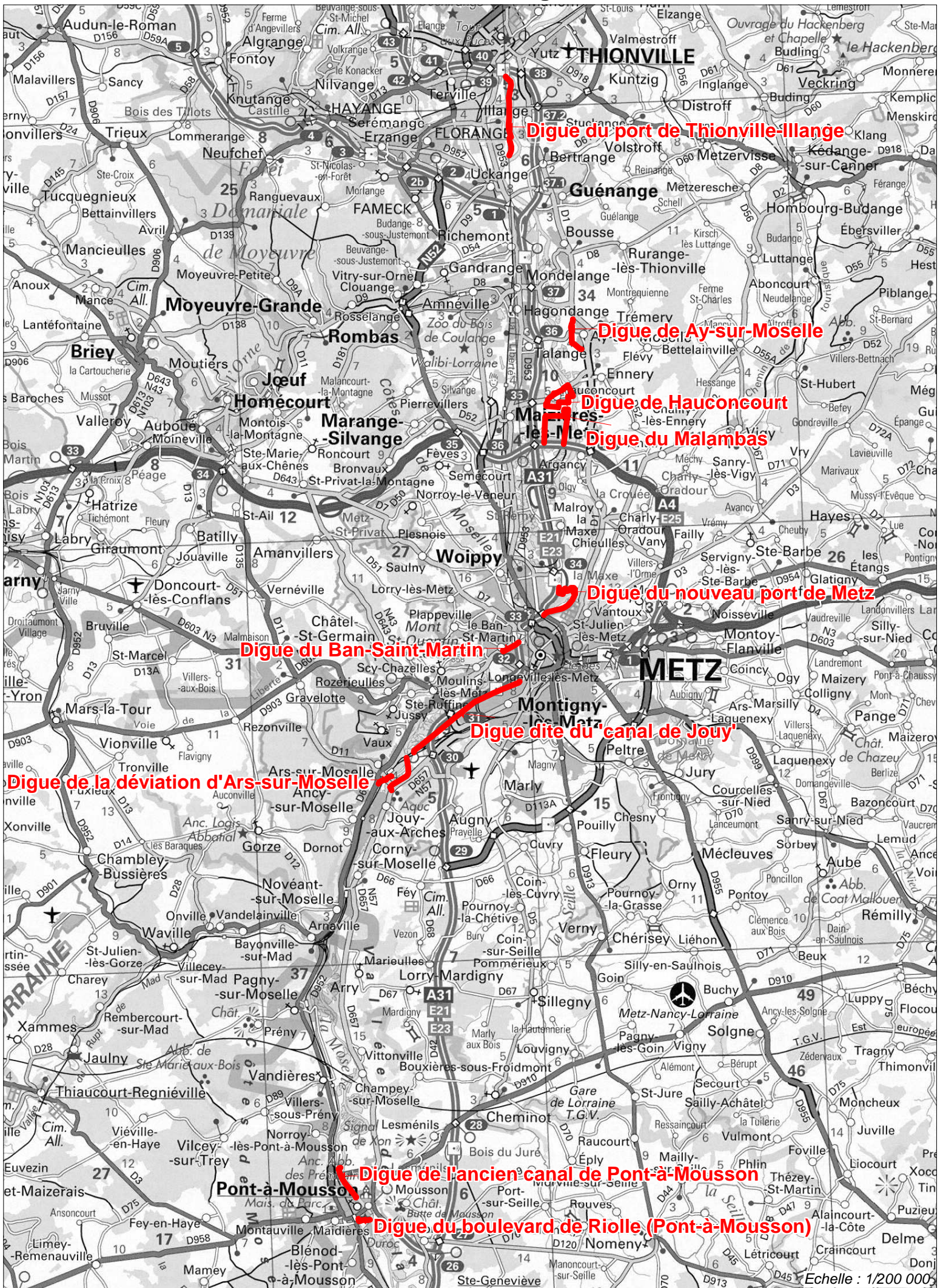
ZUMSTEIN J.F., GILLE E., ABELE J., ANGAUD M., MARTIN C., Revue Mosella TOME XV, 1985, Analyse fréquentielle des crues à Épinal, Toul et Hauconcourt sur la Moselle et à Malzéville sur la Meurthe. *Estimation des durées de récurrence des principales crues observées de 1919 à 1984.*

Plan de situation et profils en travers des digues pour la crue extrême

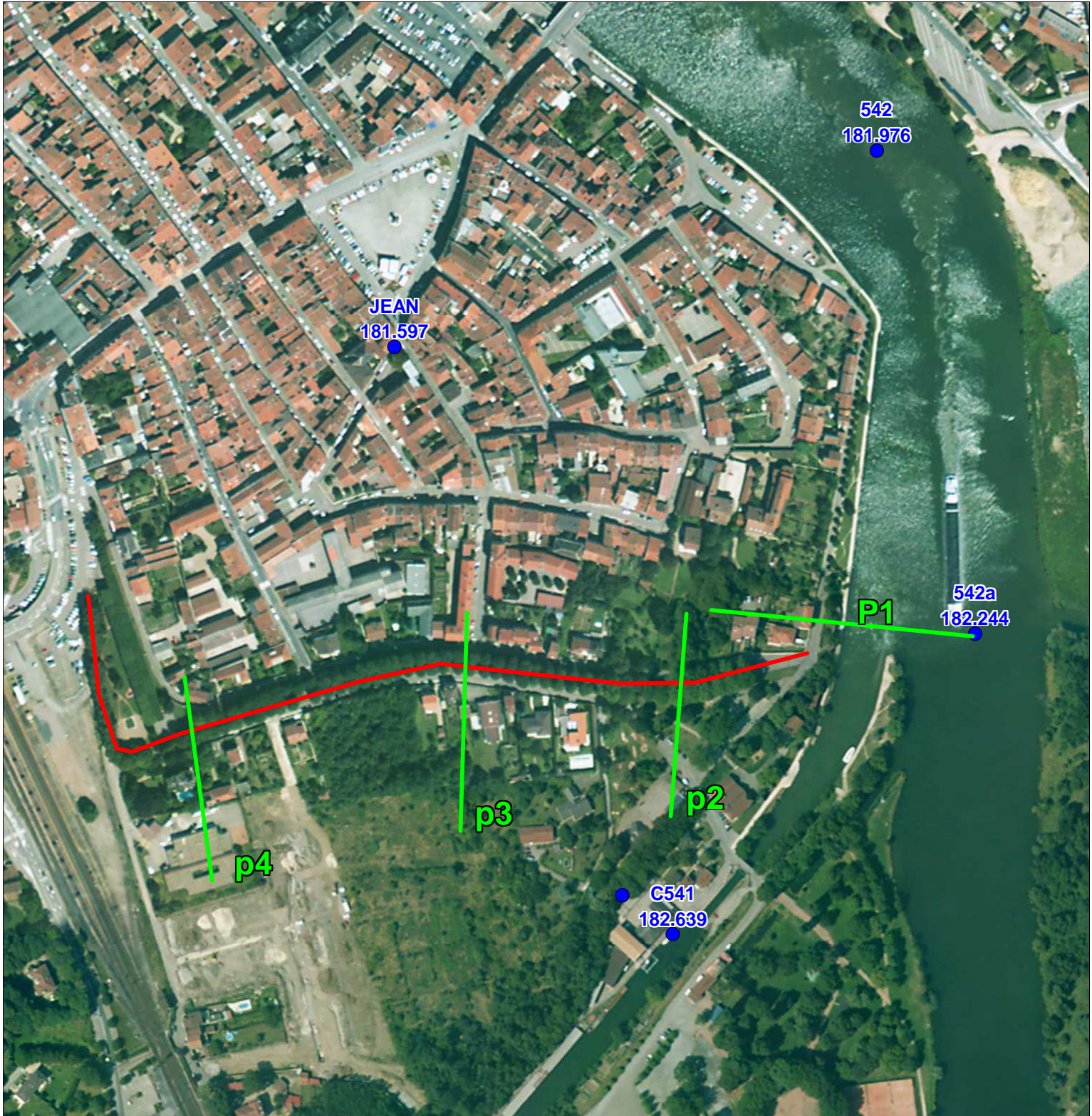
TRI Metz – Thionville – Pont-à-Mousson

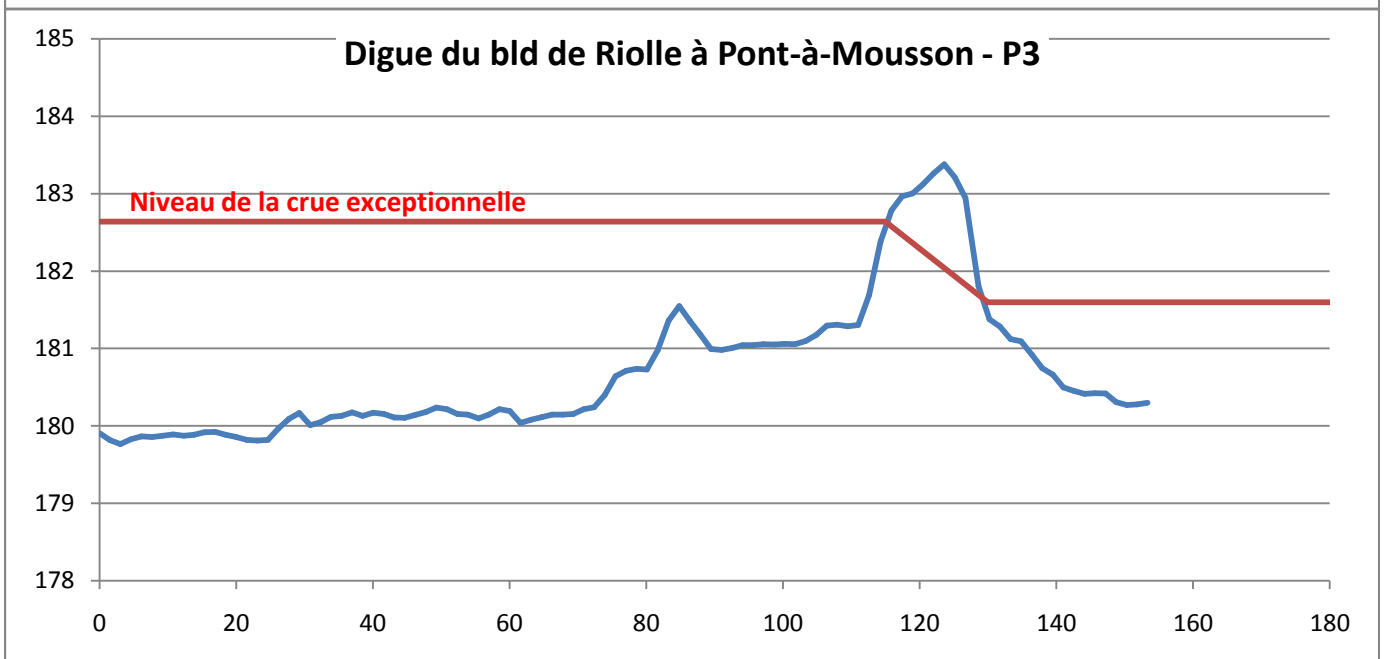
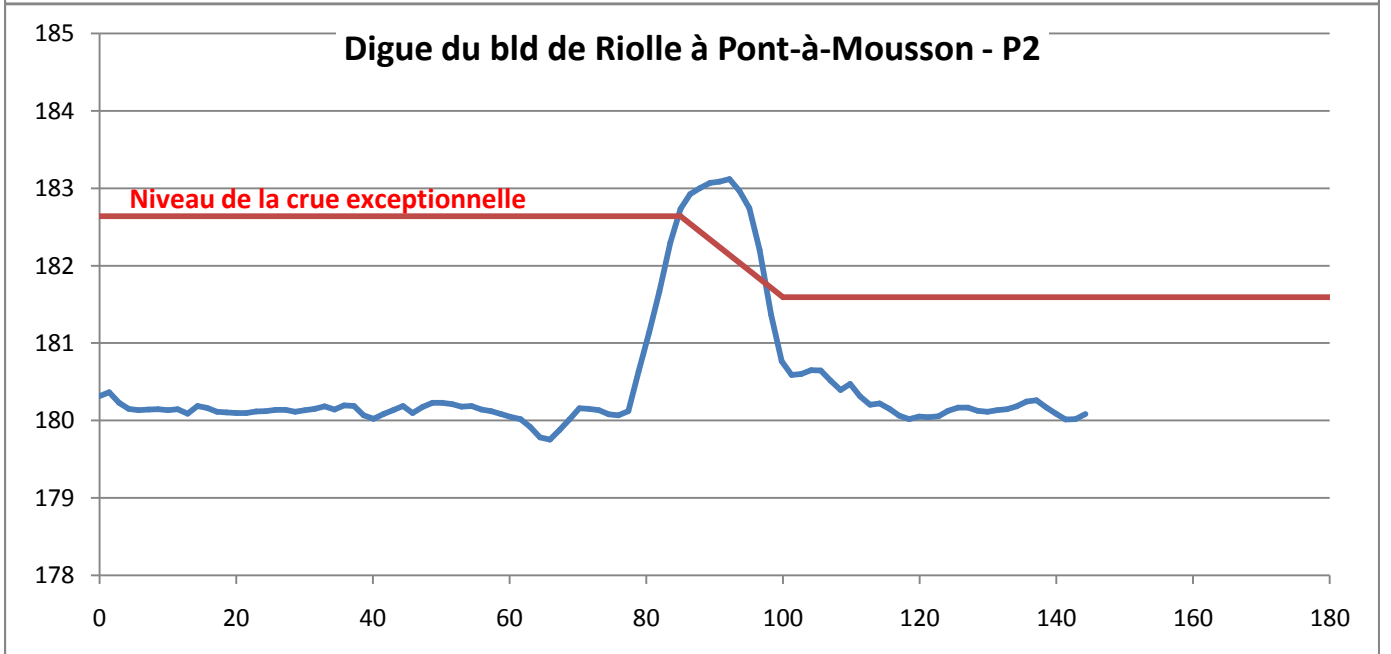
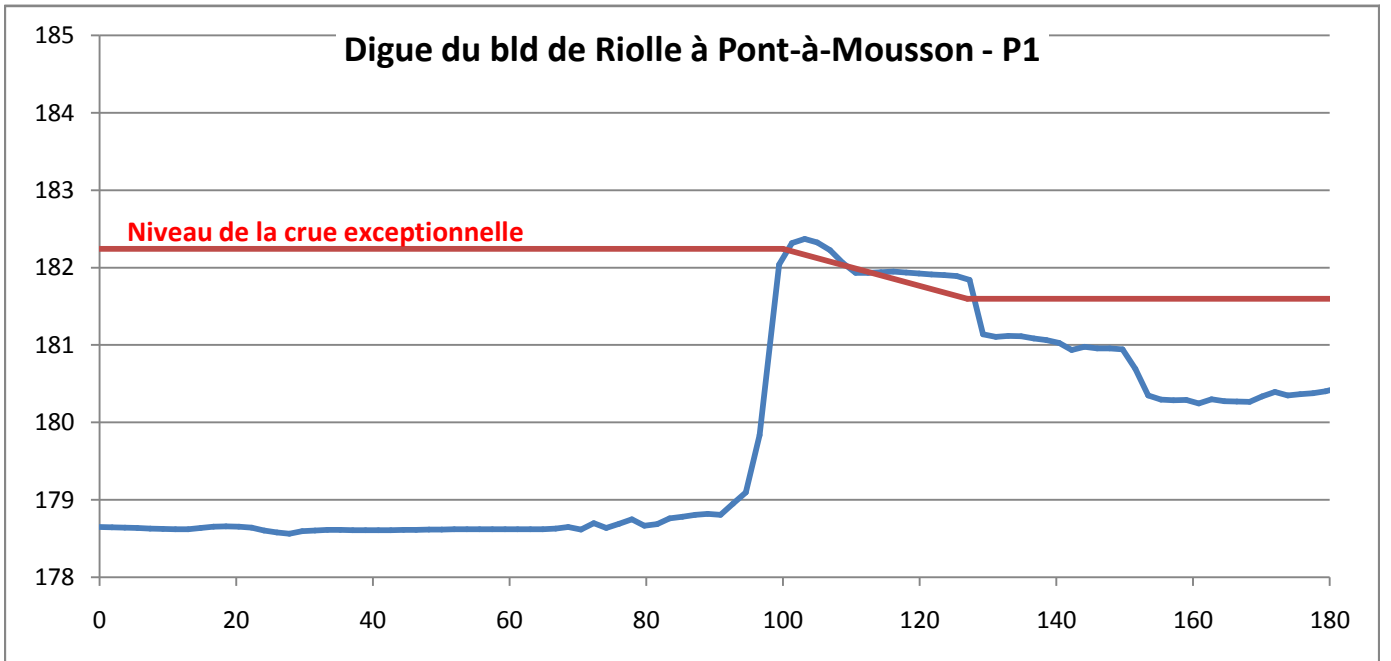
Directive inondation - Cartographie de la crue exceptionnelle

Plan de situation des digues

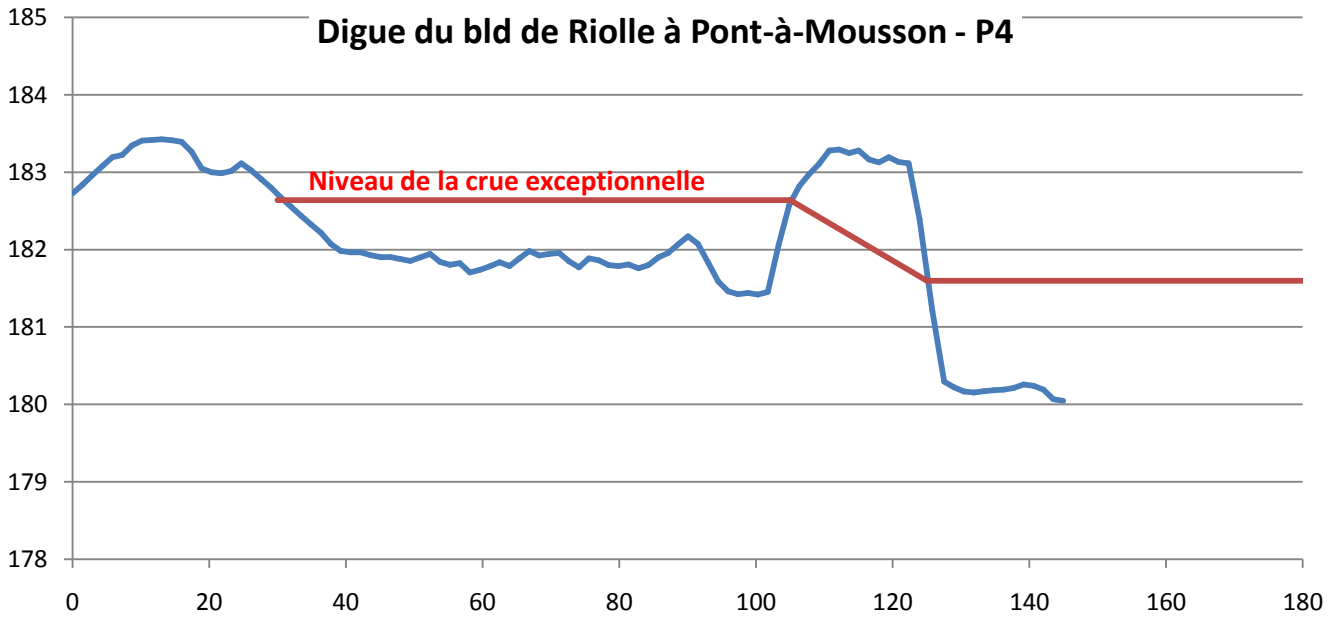


Plan de situation des profils en travers le long de la digue du boulevard de Riolle à Pont-à-Mousson

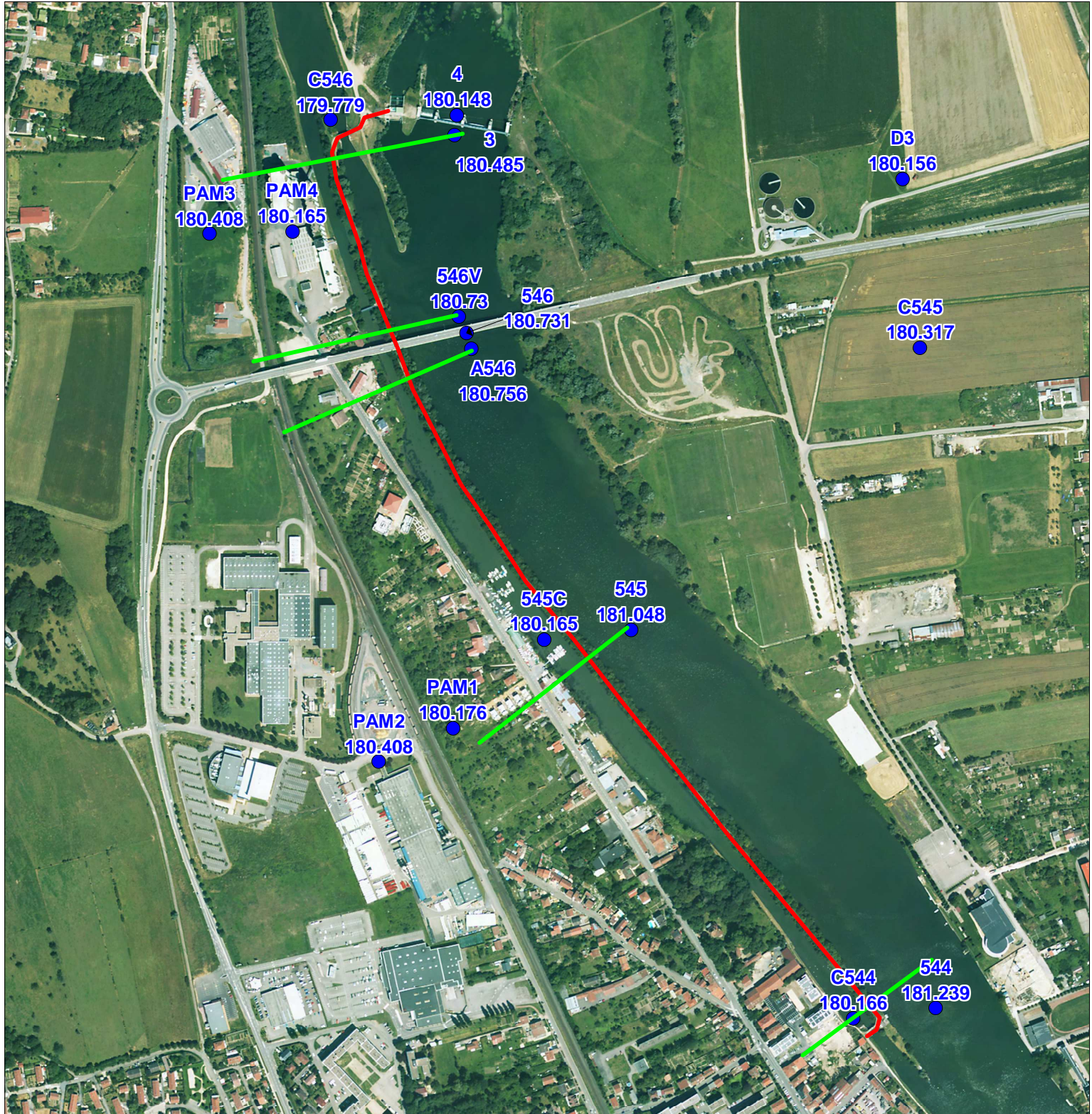


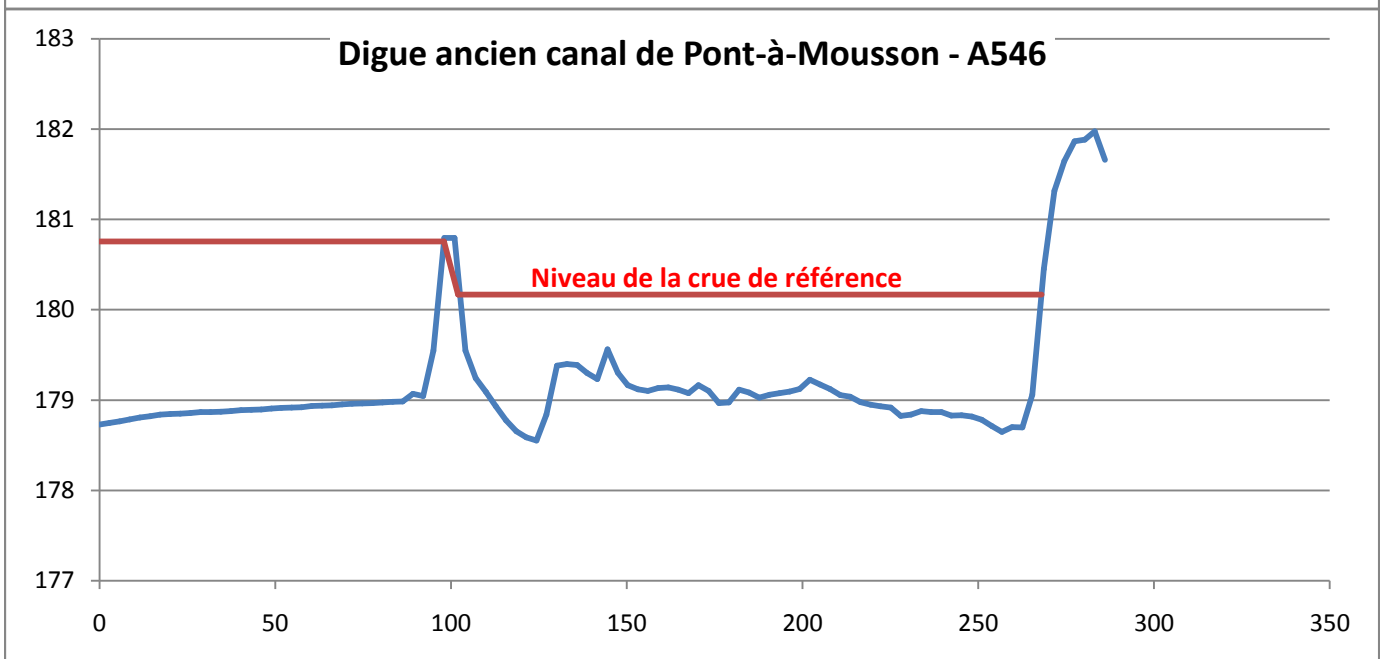
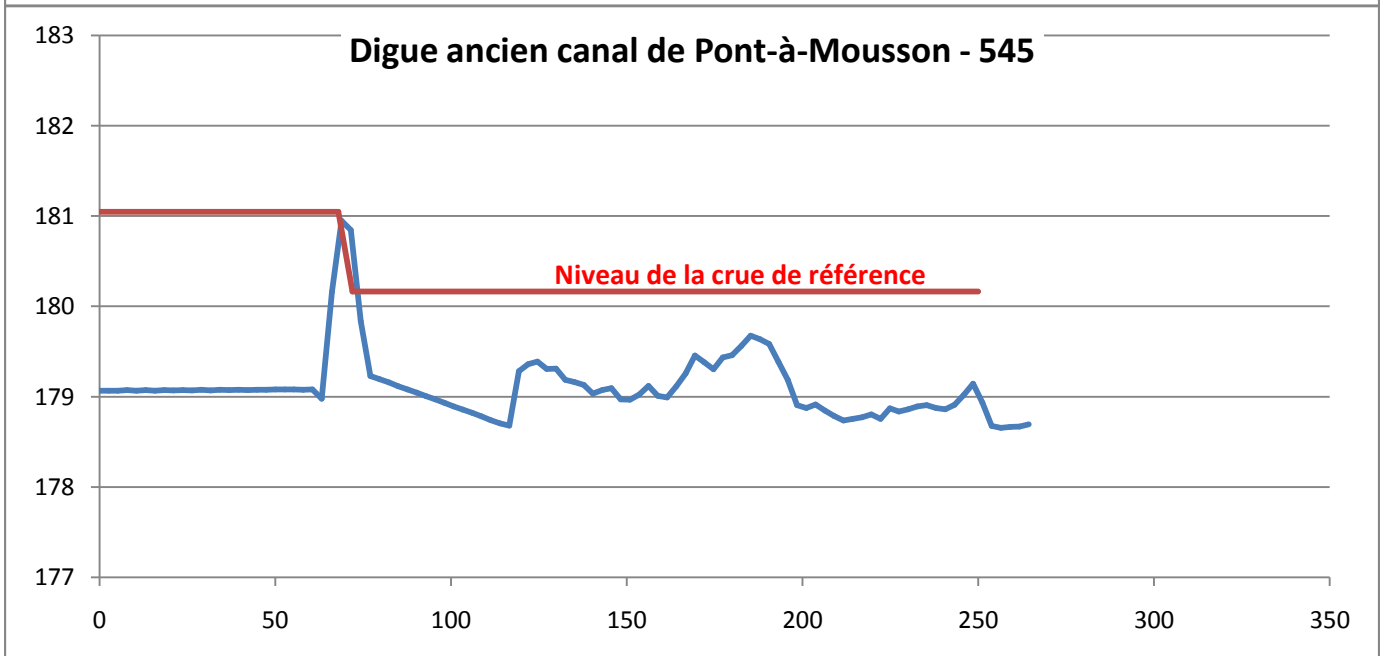
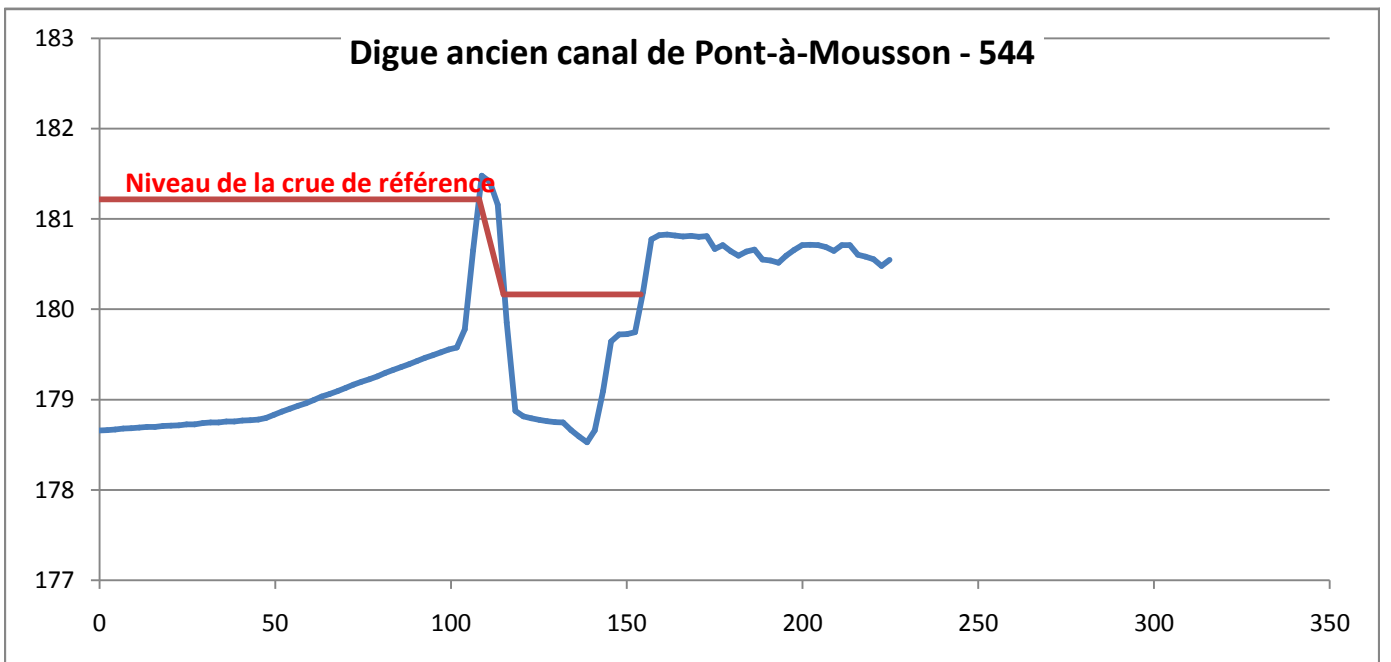


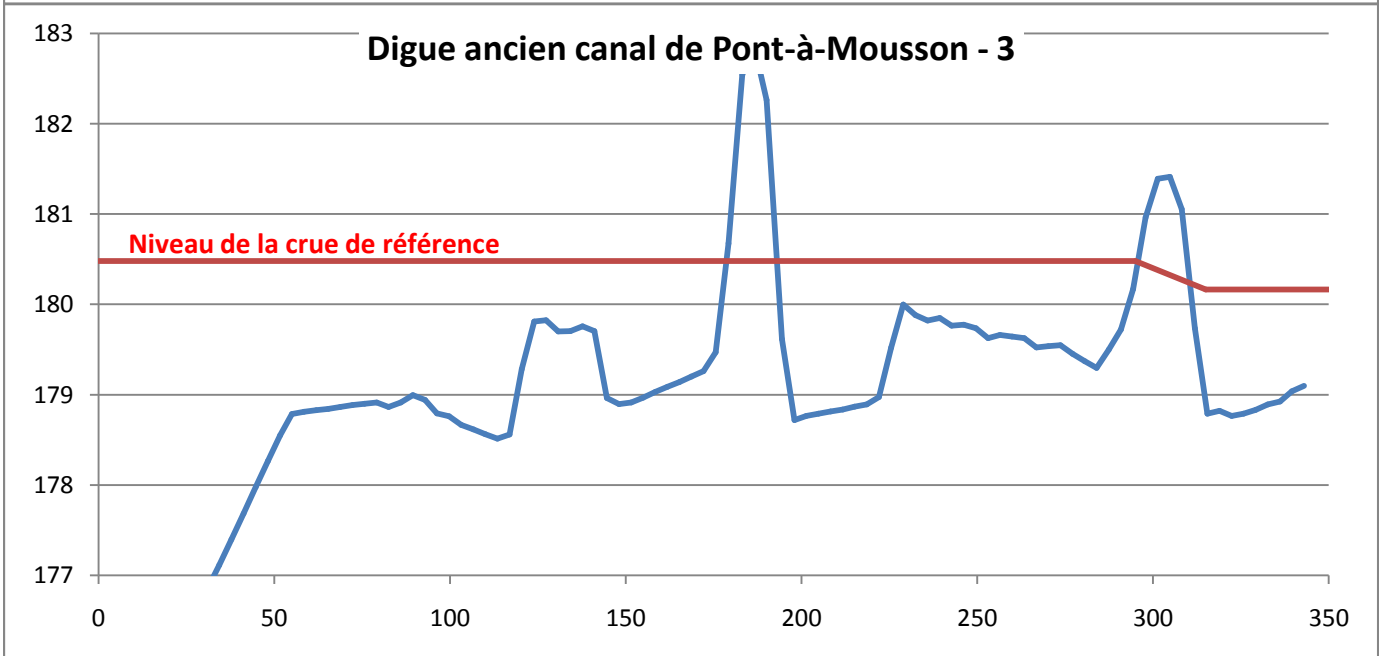
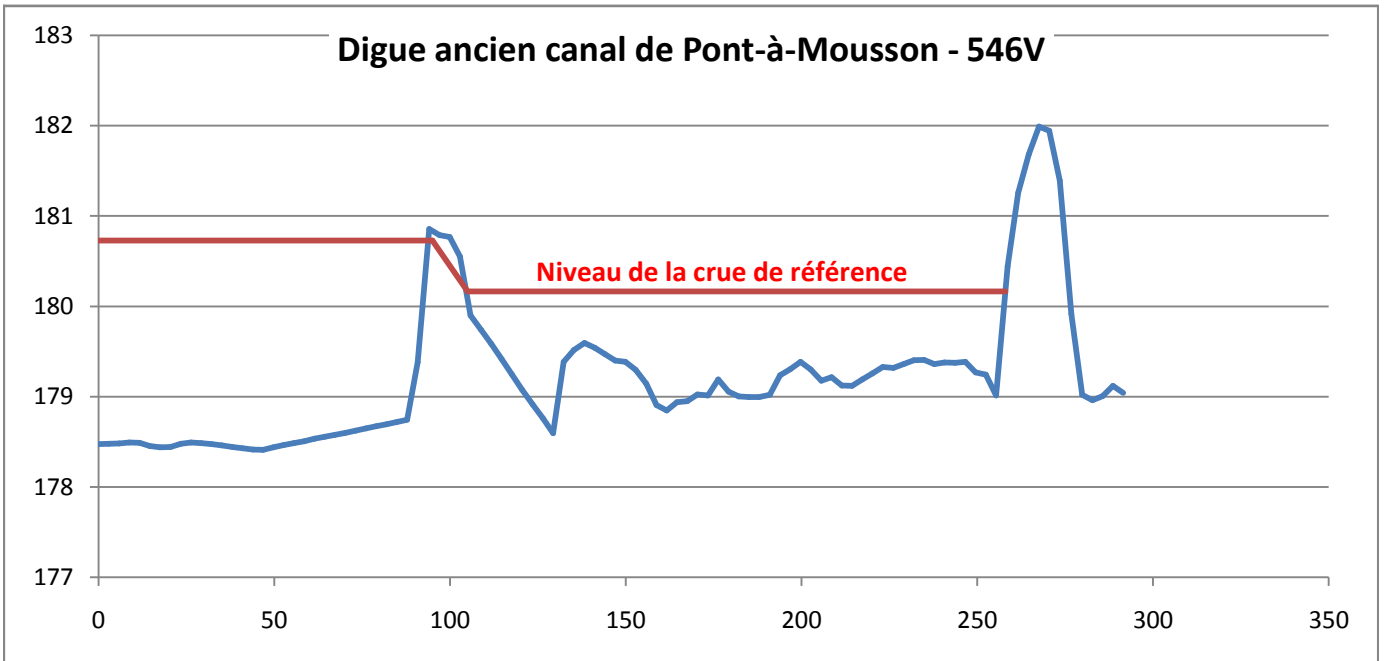
Digue du bld de Riolle à Pont-à-Mousson - P4



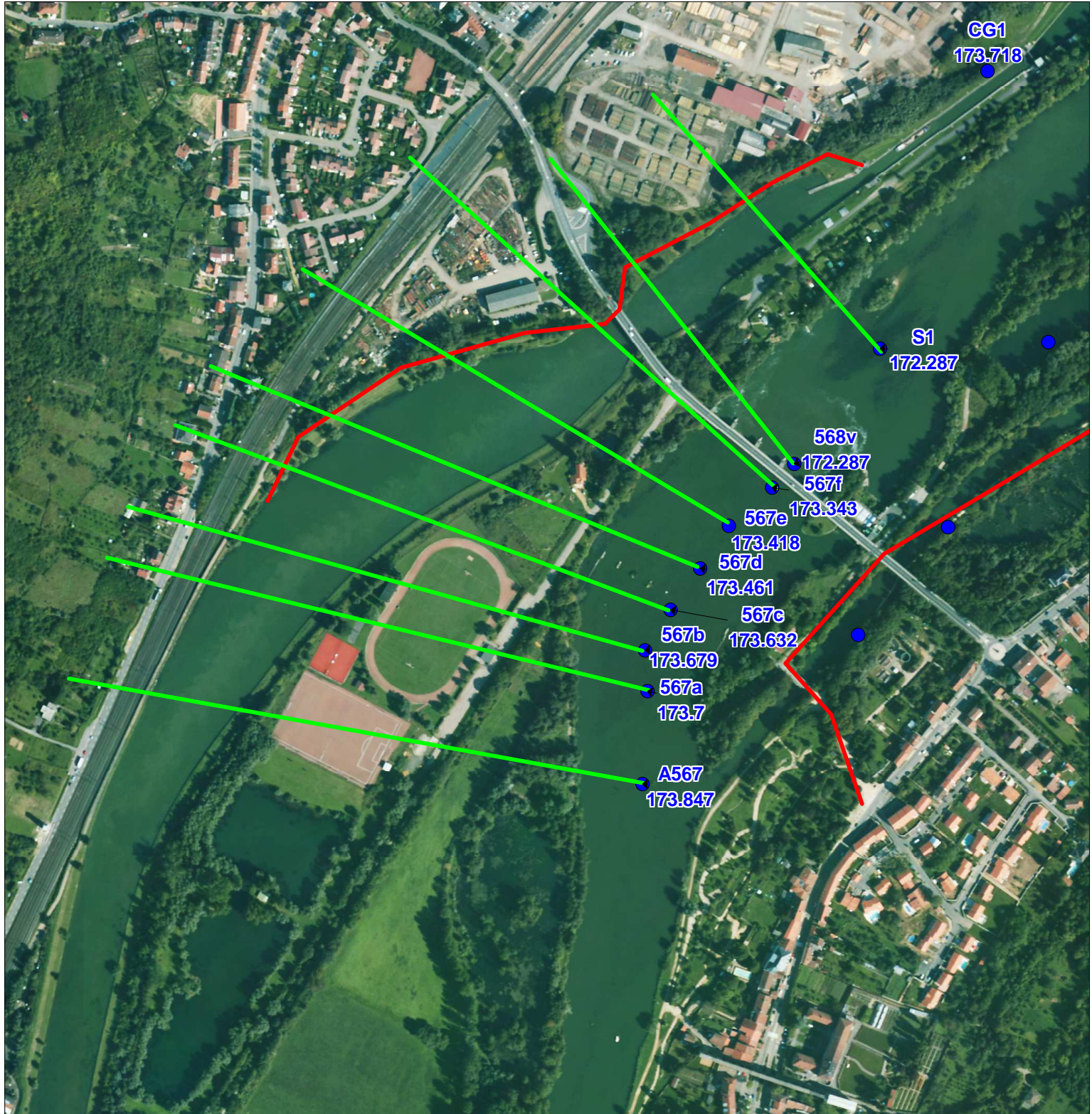
Plan de situation des profils en travers le long de la digue de l'ancien canal à pont-à-Mousson

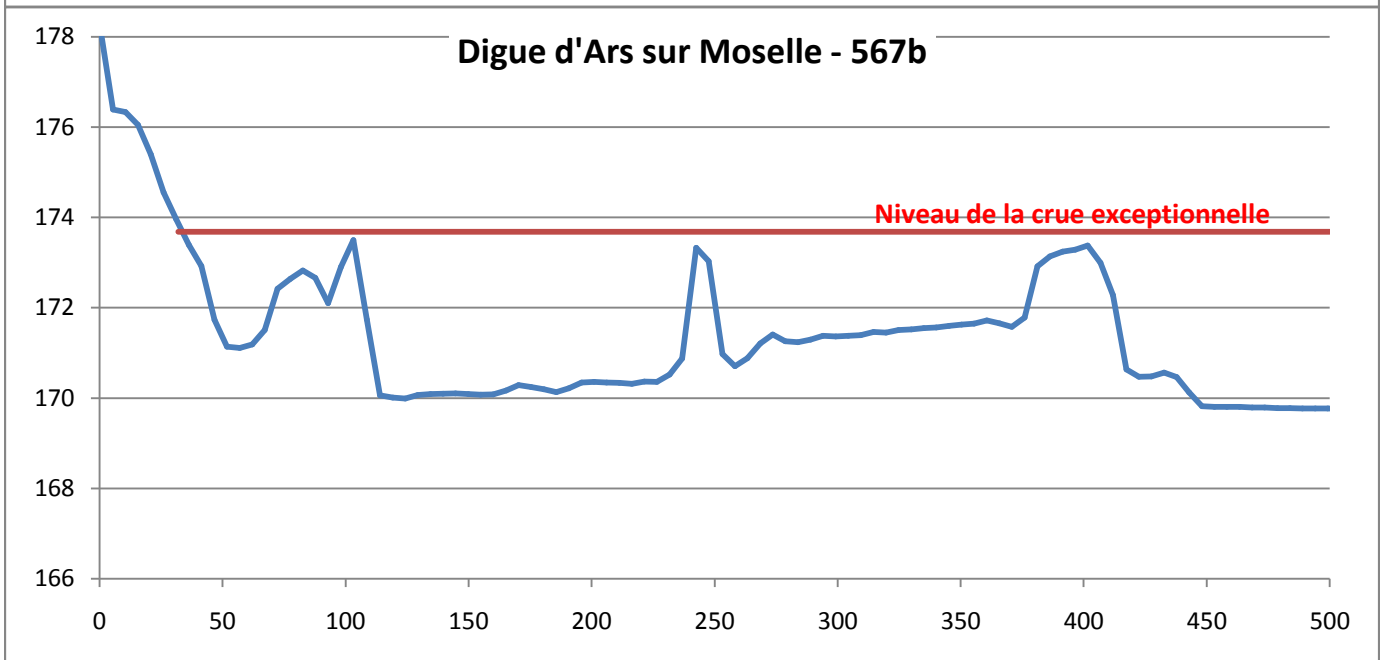
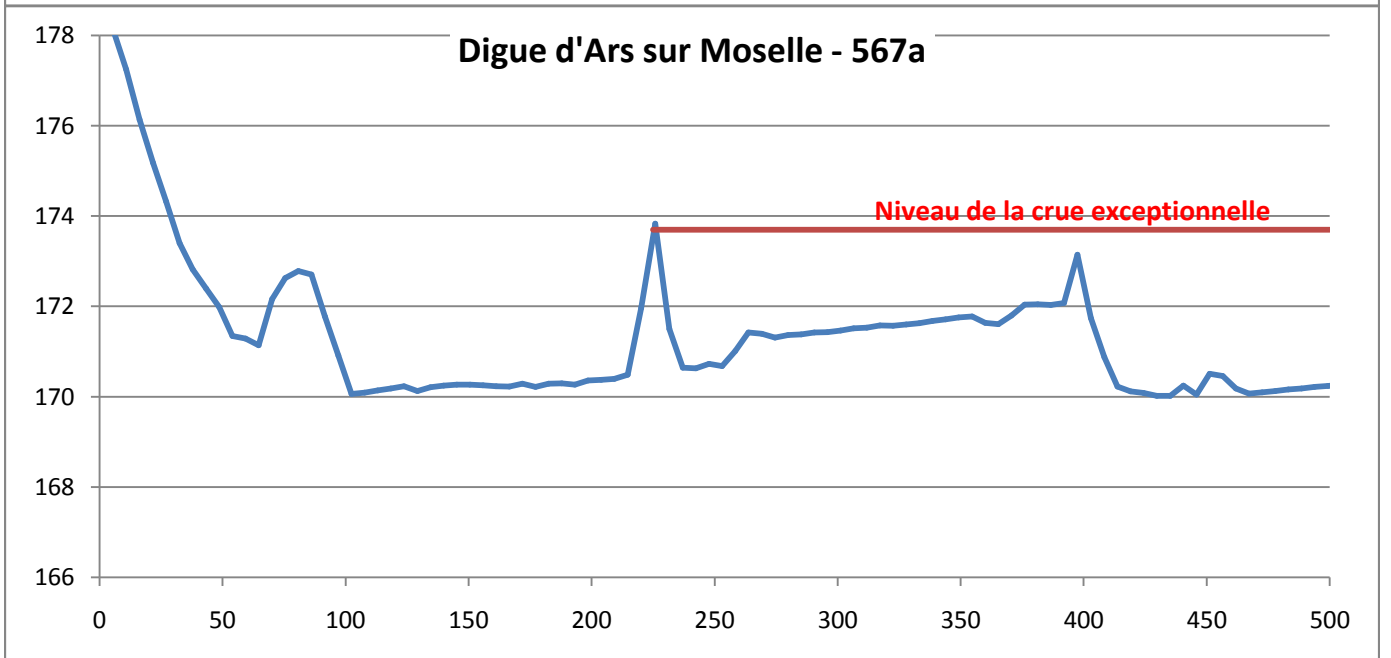
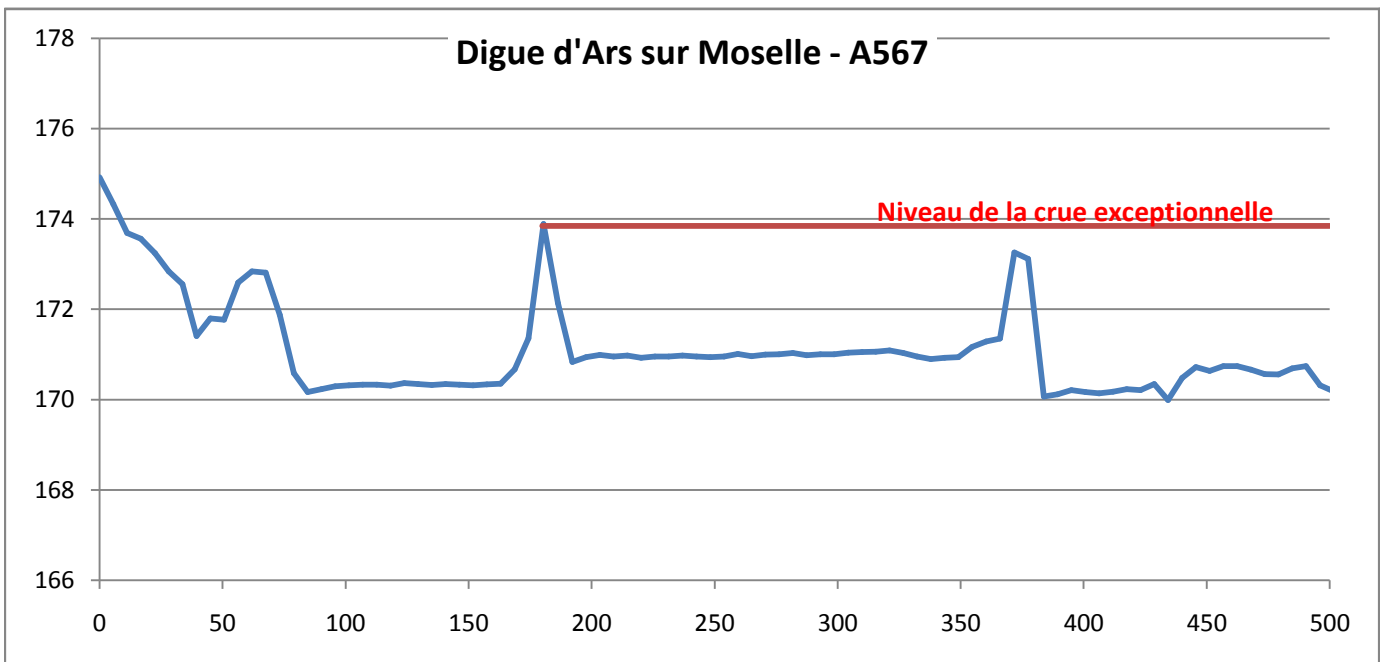


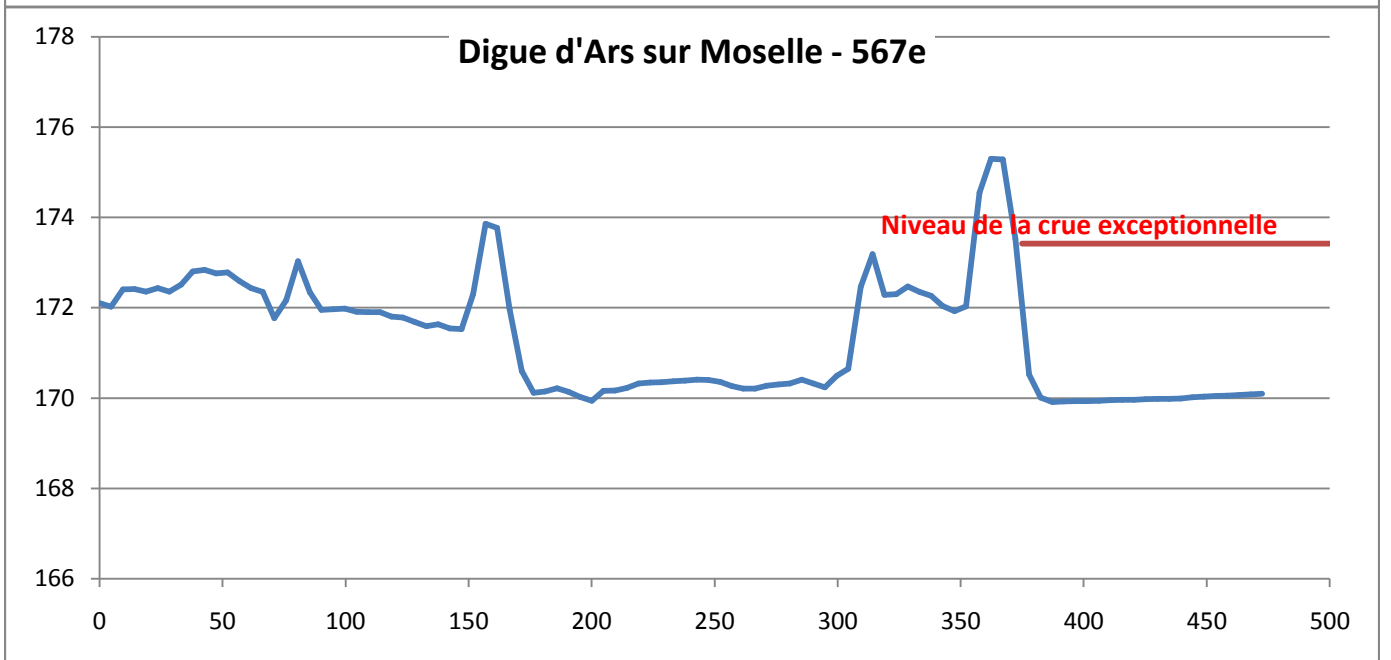
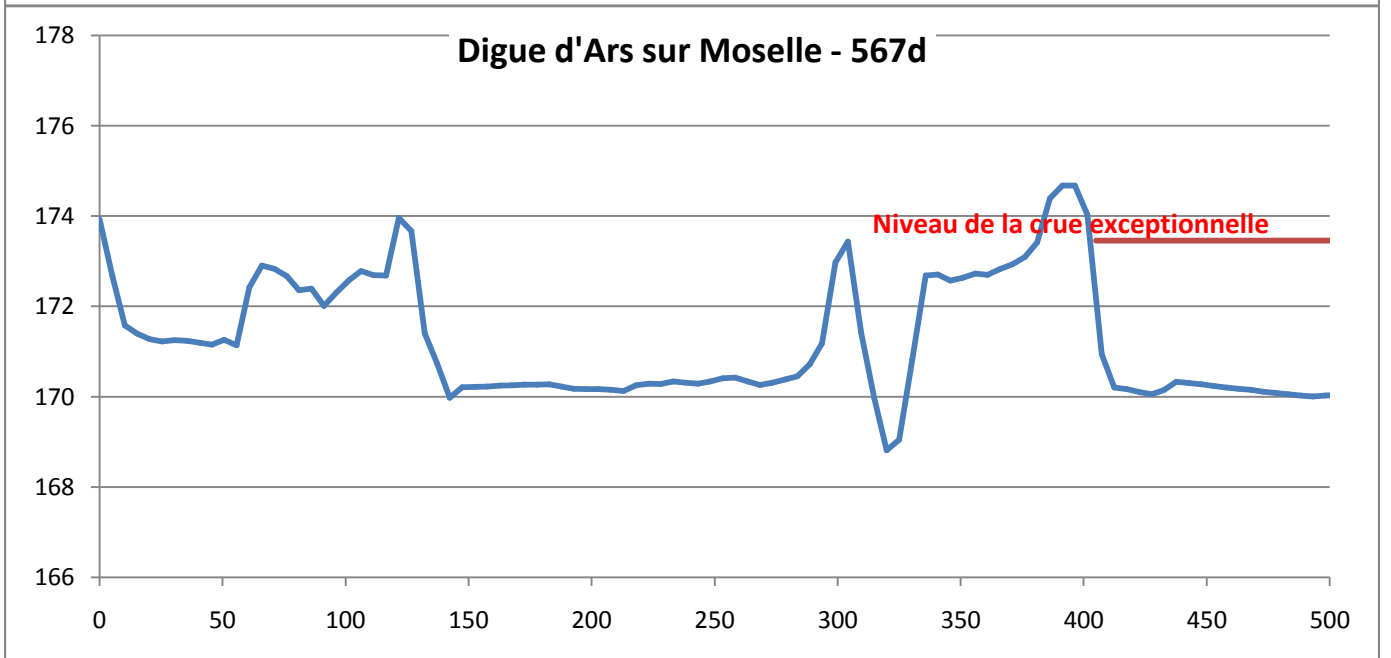
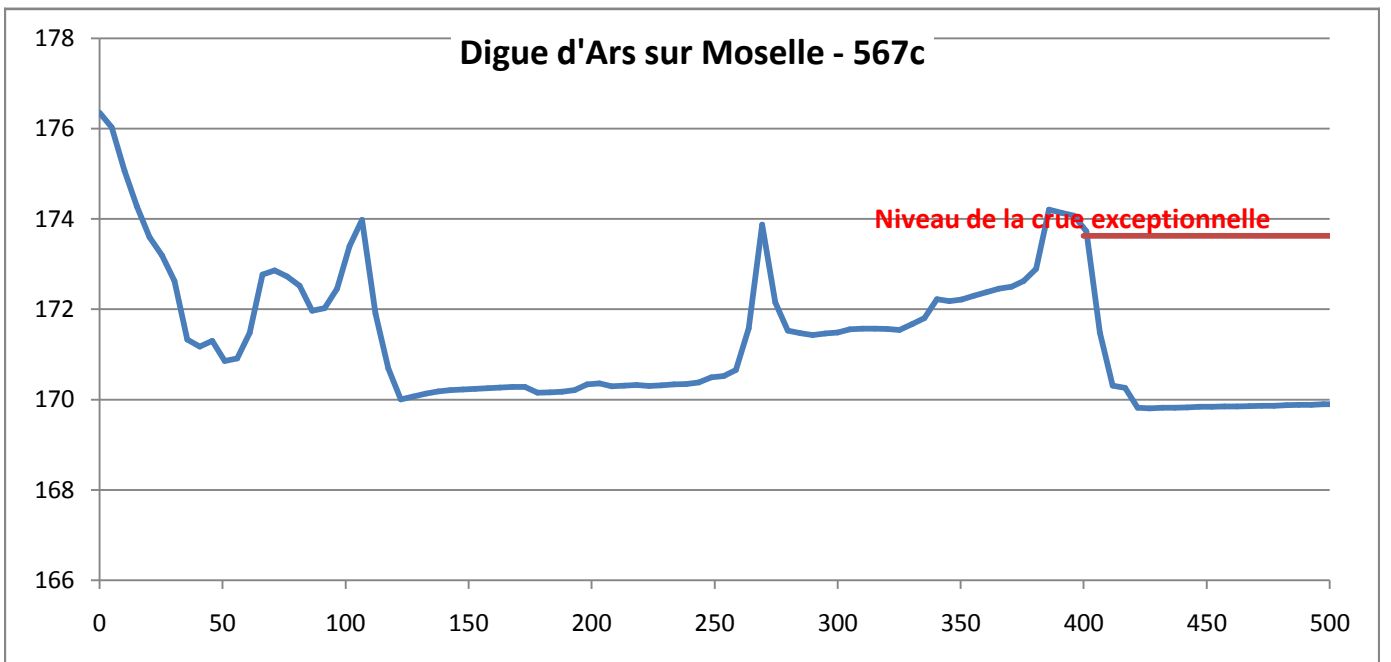


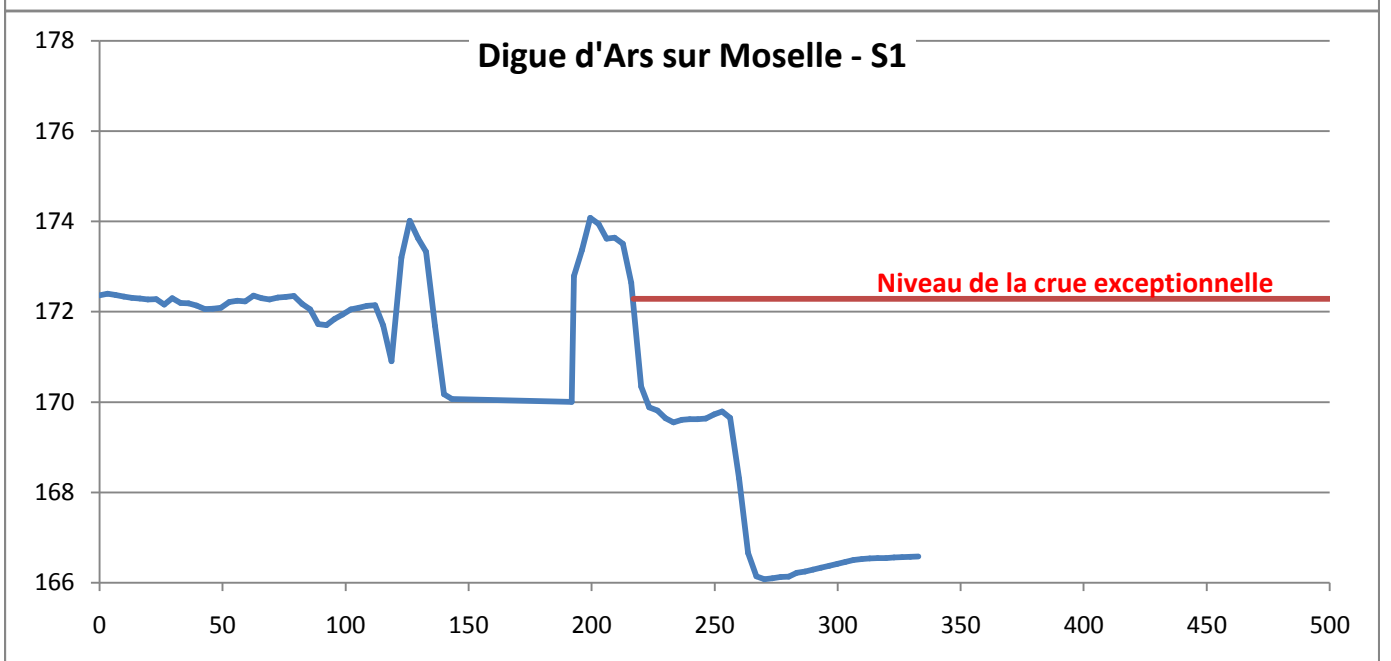
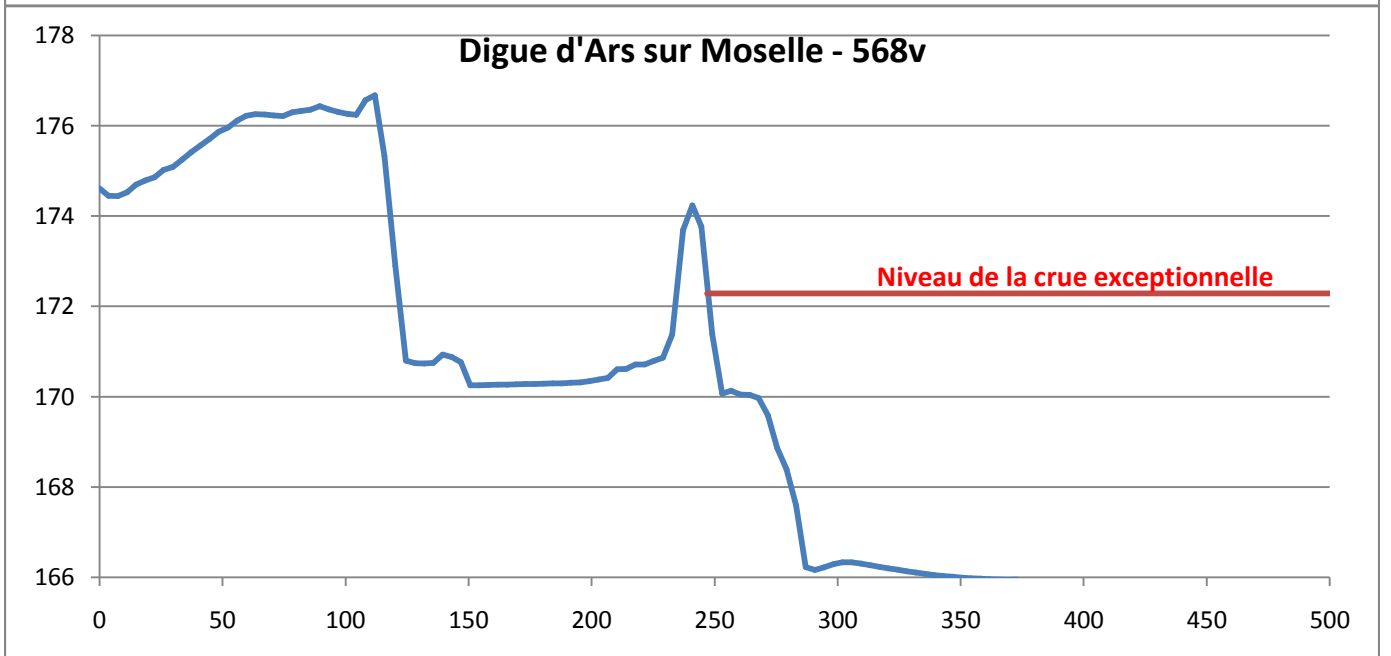
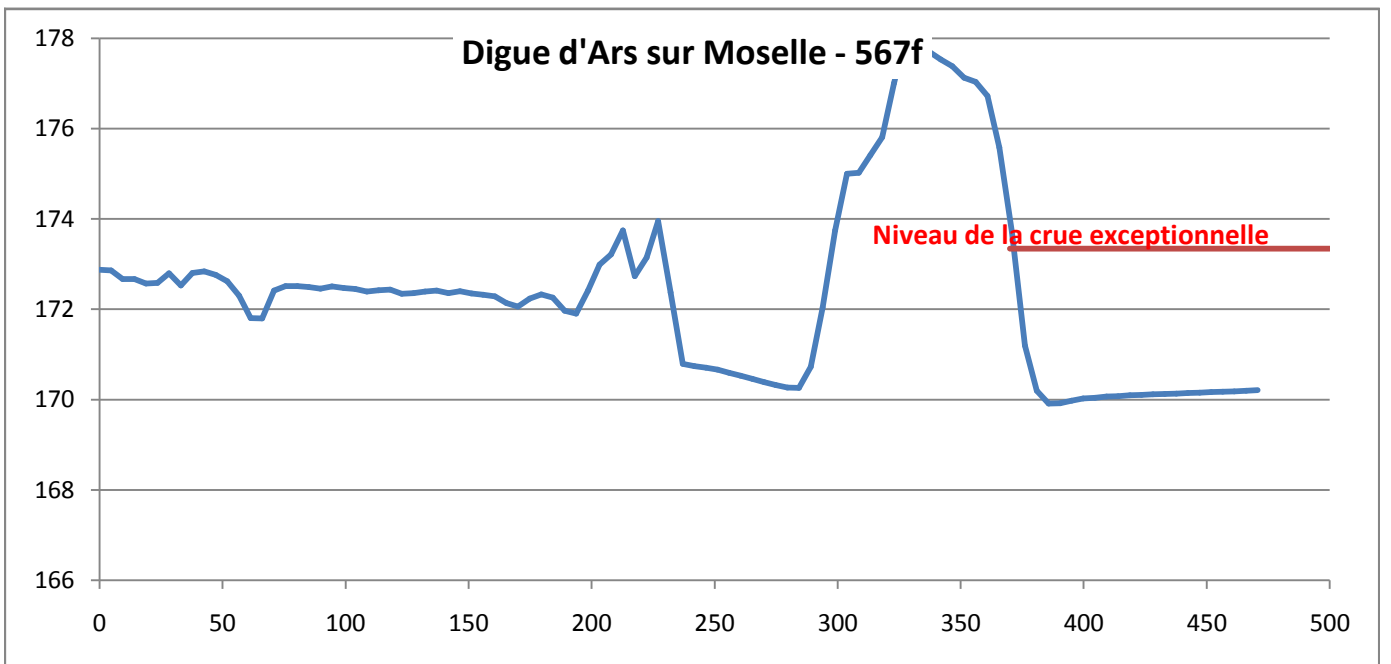


Plan de situation des profils en travers le long de la digue d'Ars sur Moselle



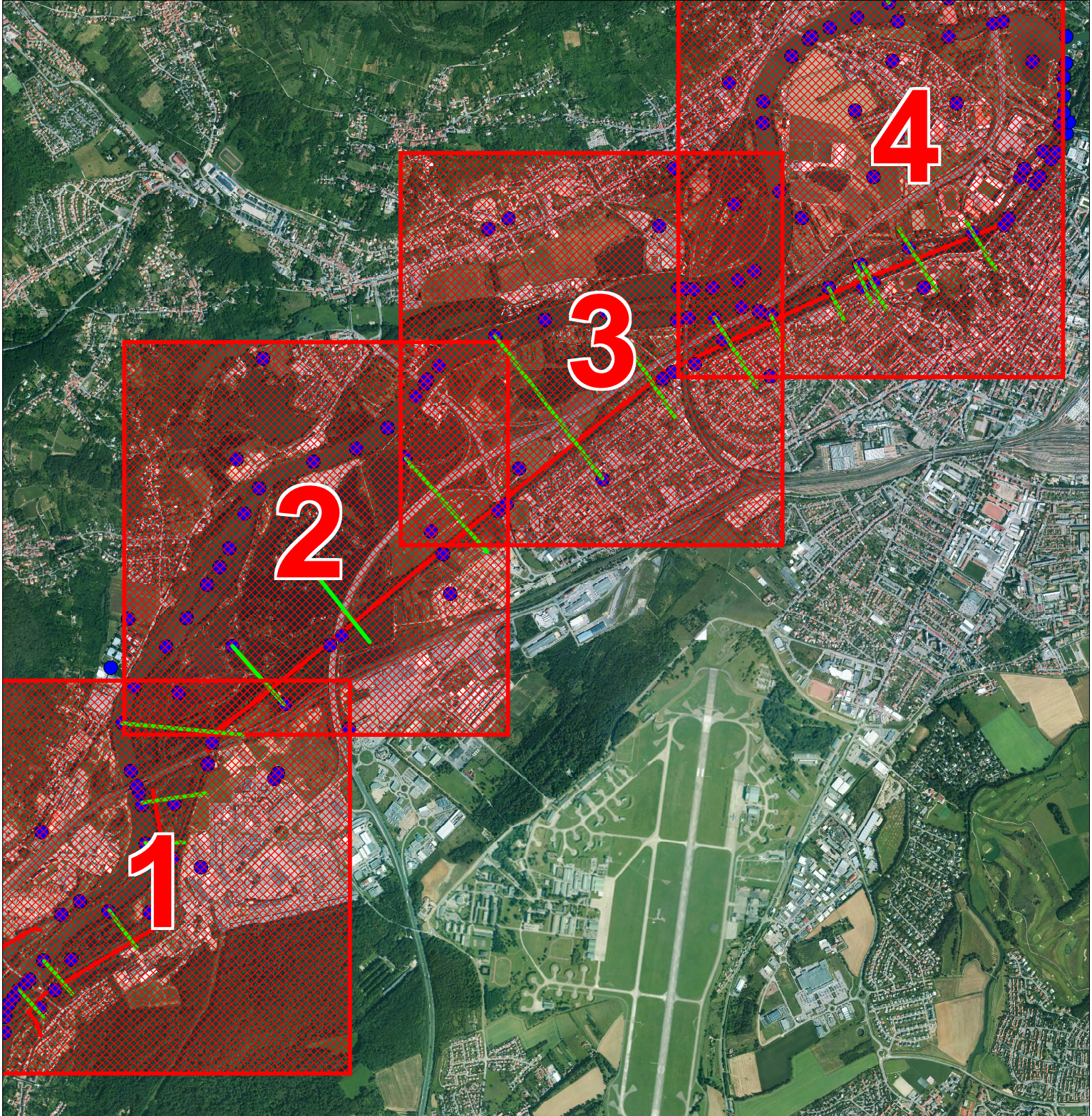




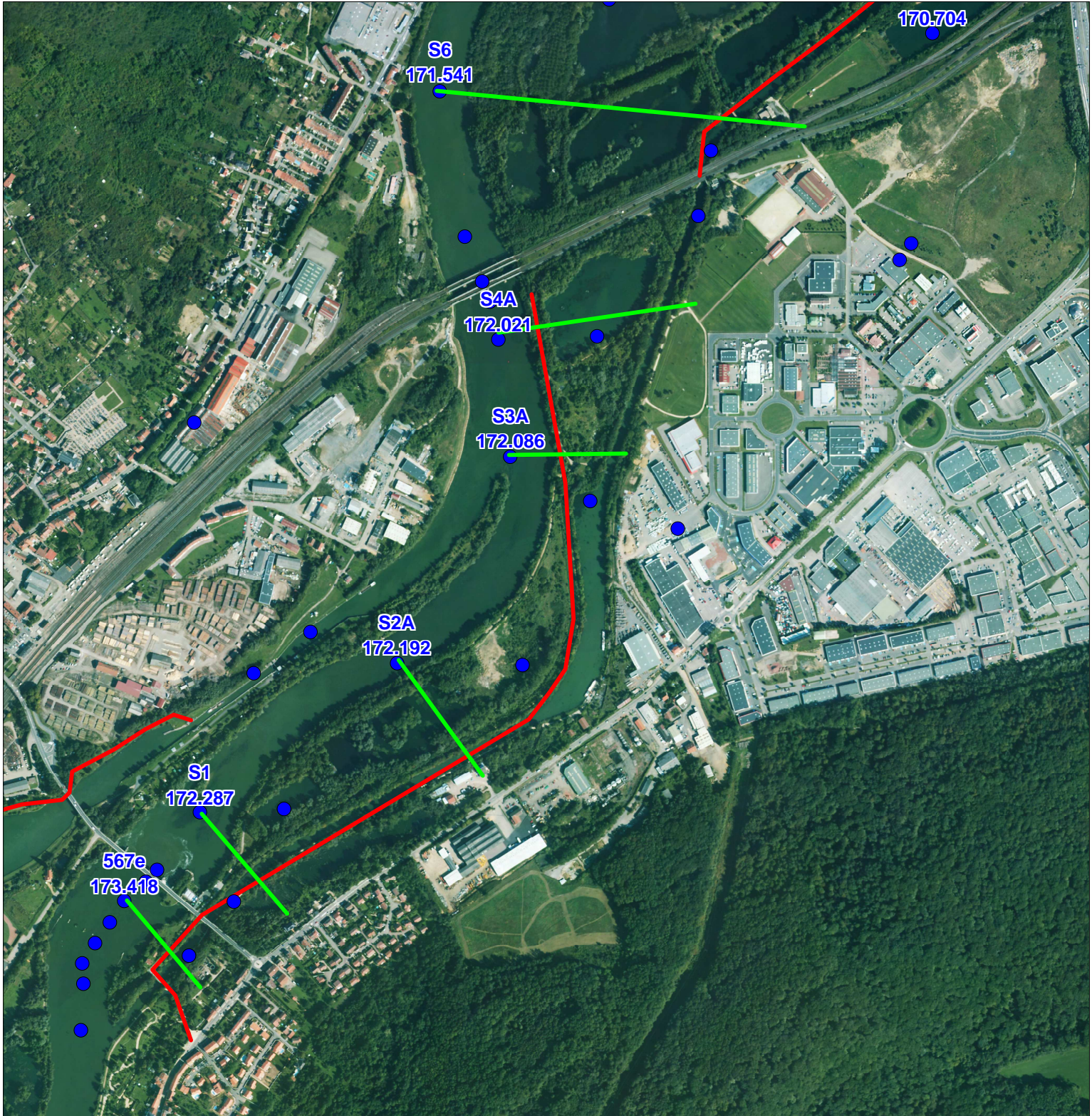


Plan de situation des profils en travers le long de la digue du canal de Jouy aux Arches

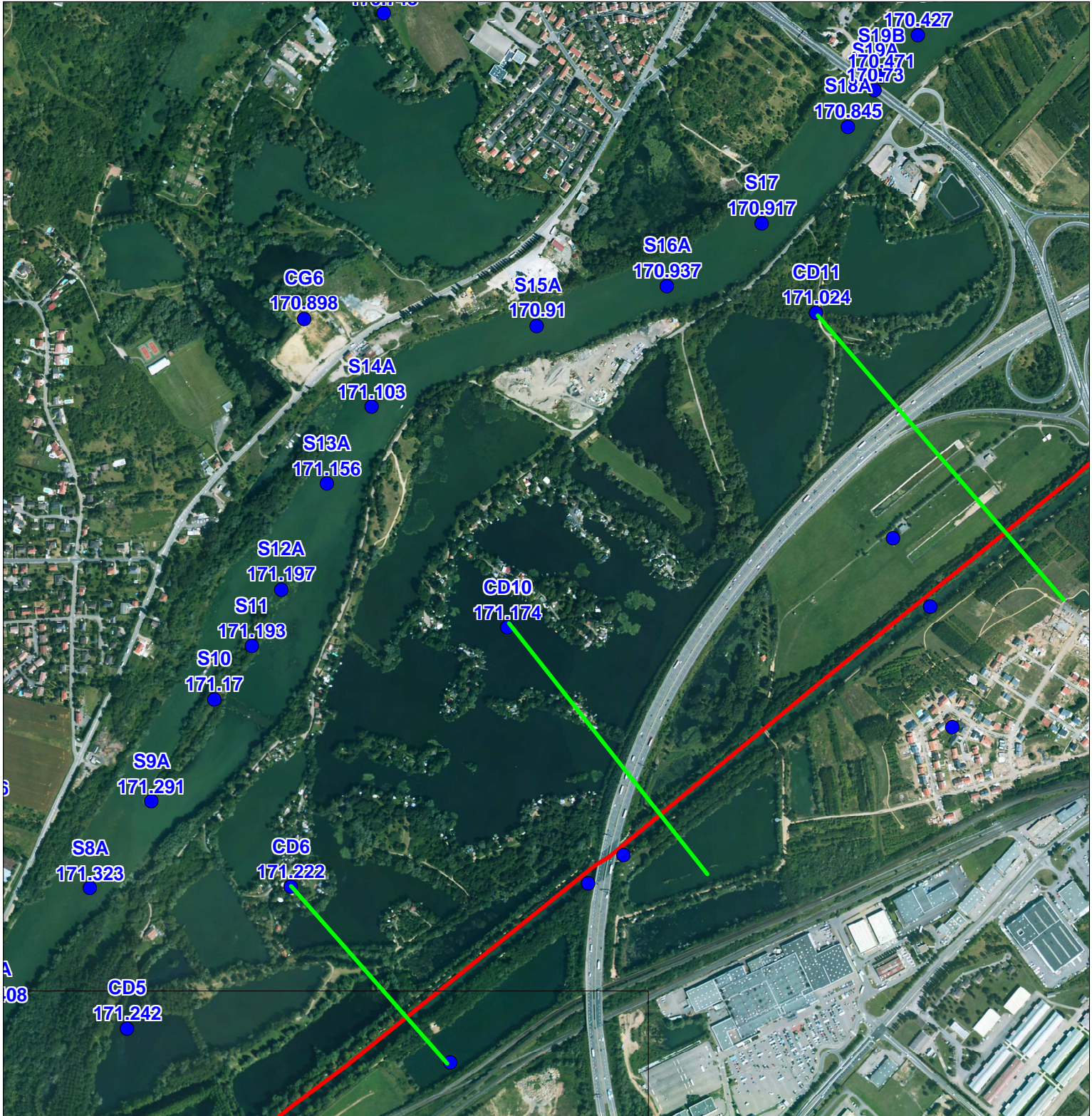
Plan de situation général



Plan de situation des profils en travers le long de la digue du canal de Jouy aux Arches - 1



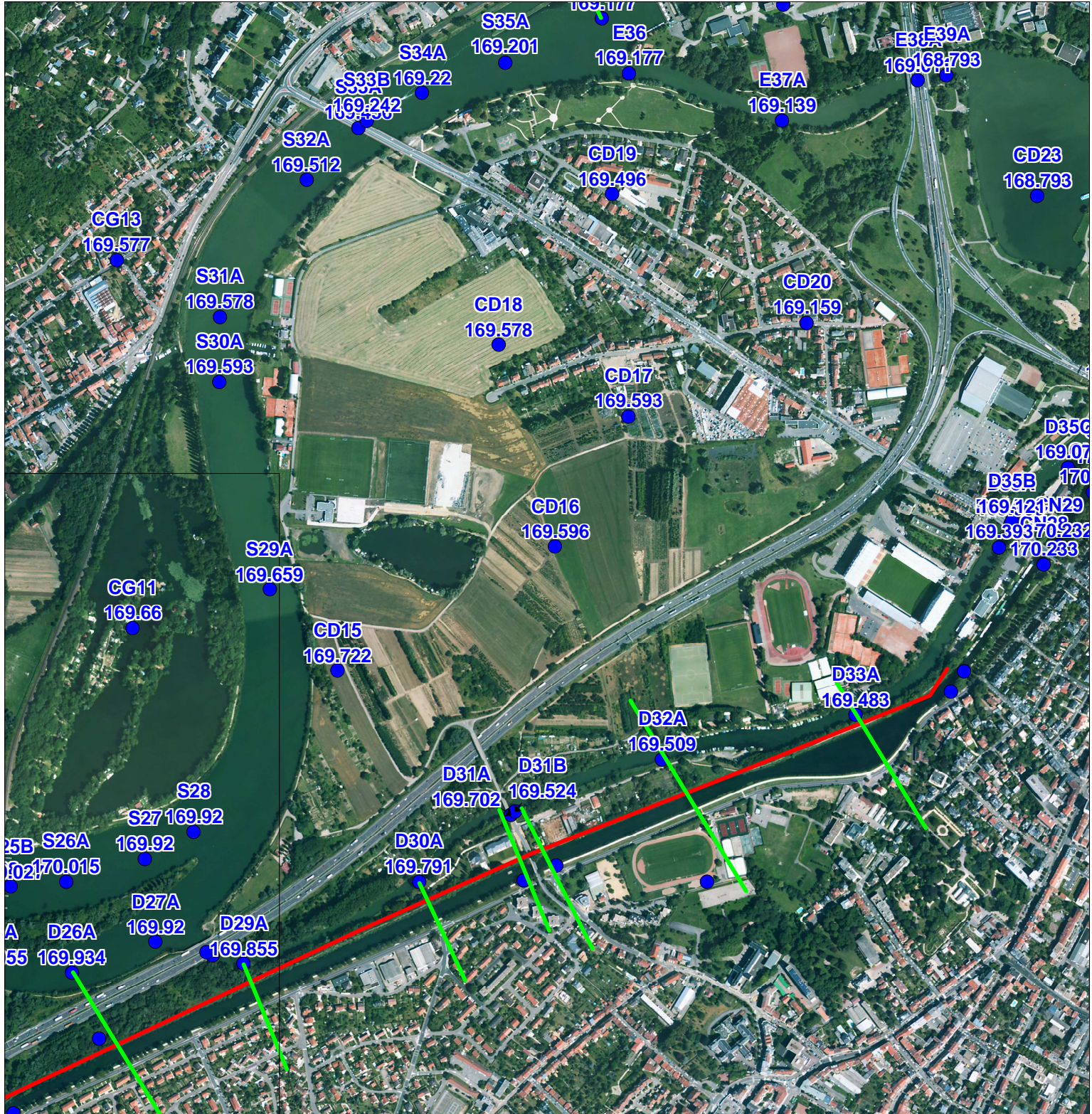
Plan de situation des profils en travers le long de la digue du canal de Jouy aux Arches - 2

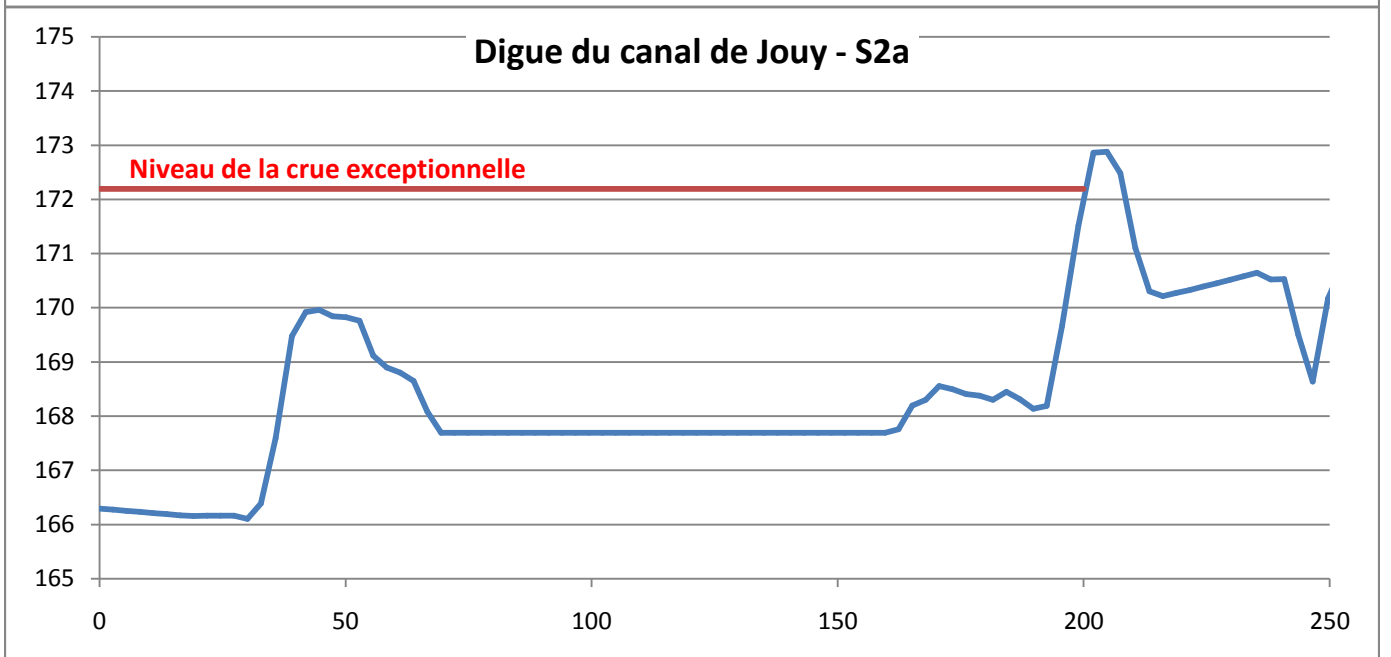
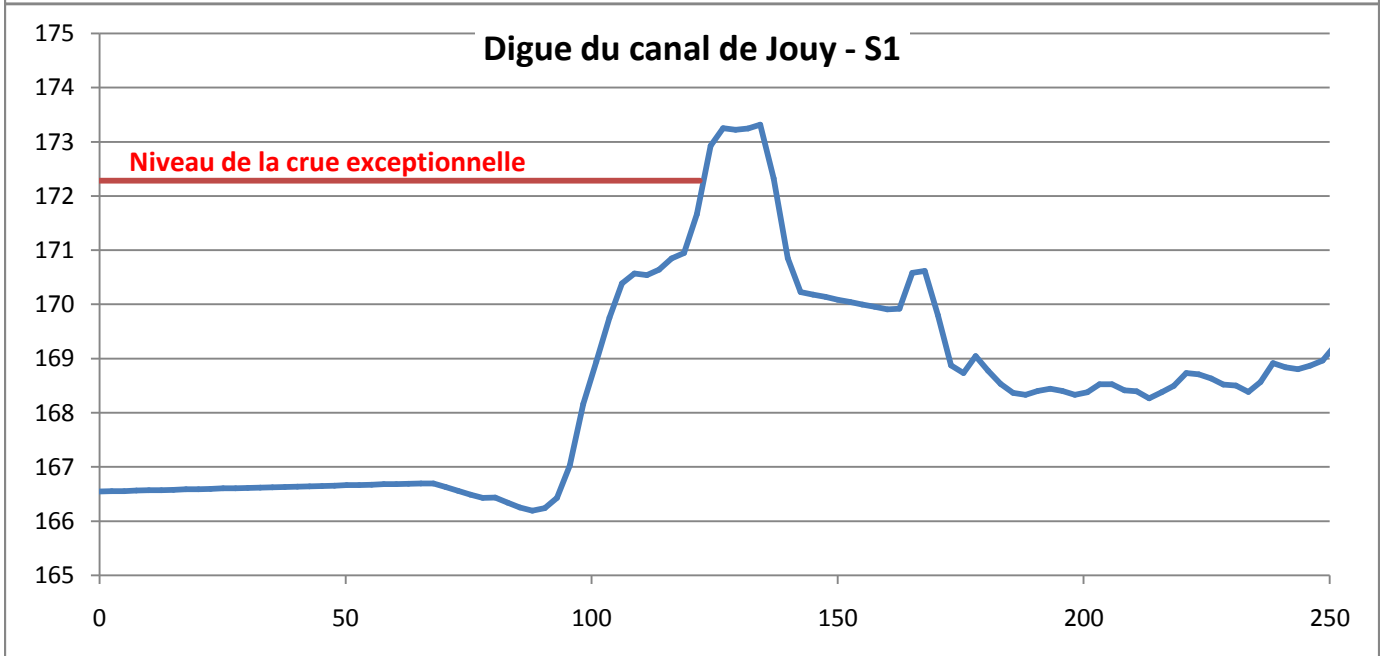
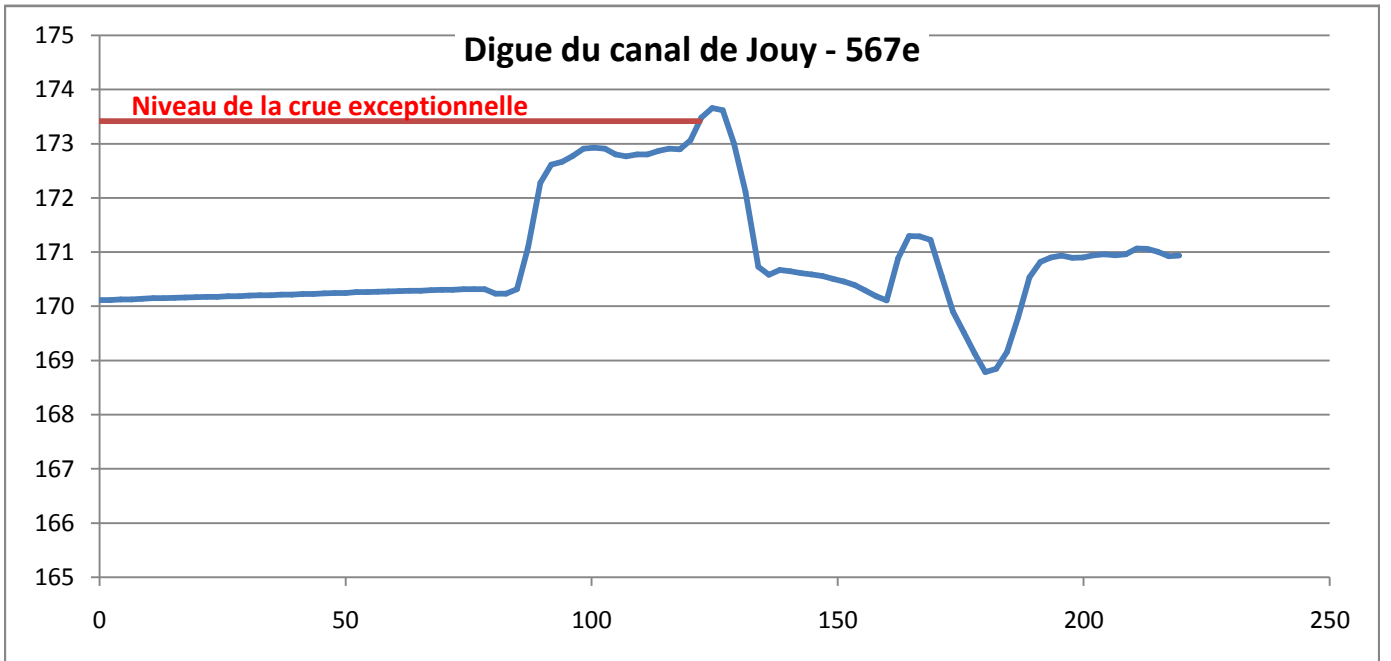


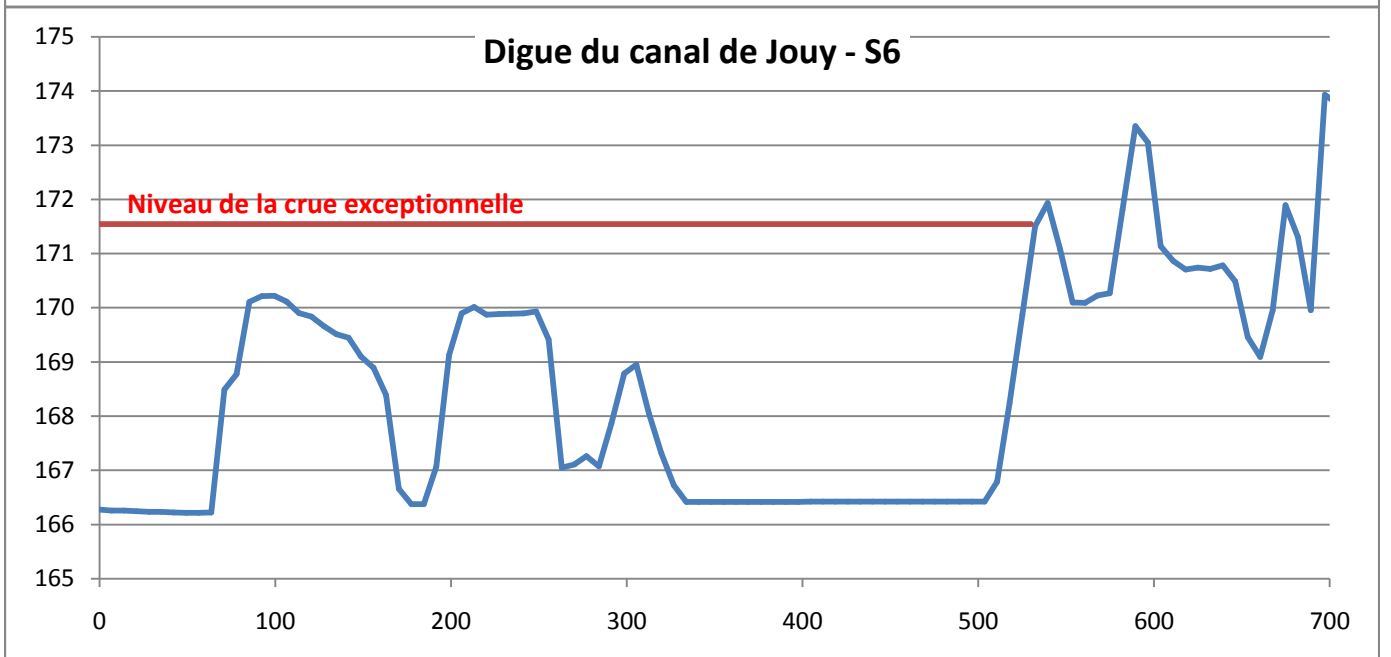
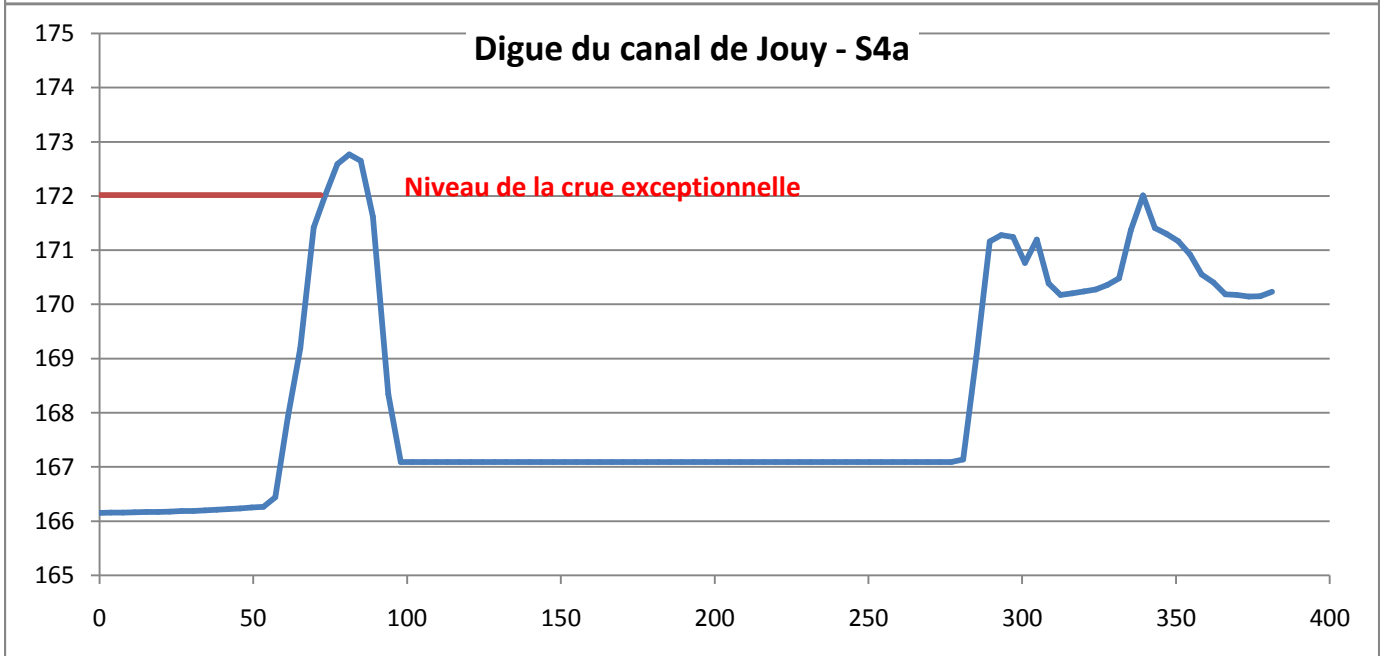
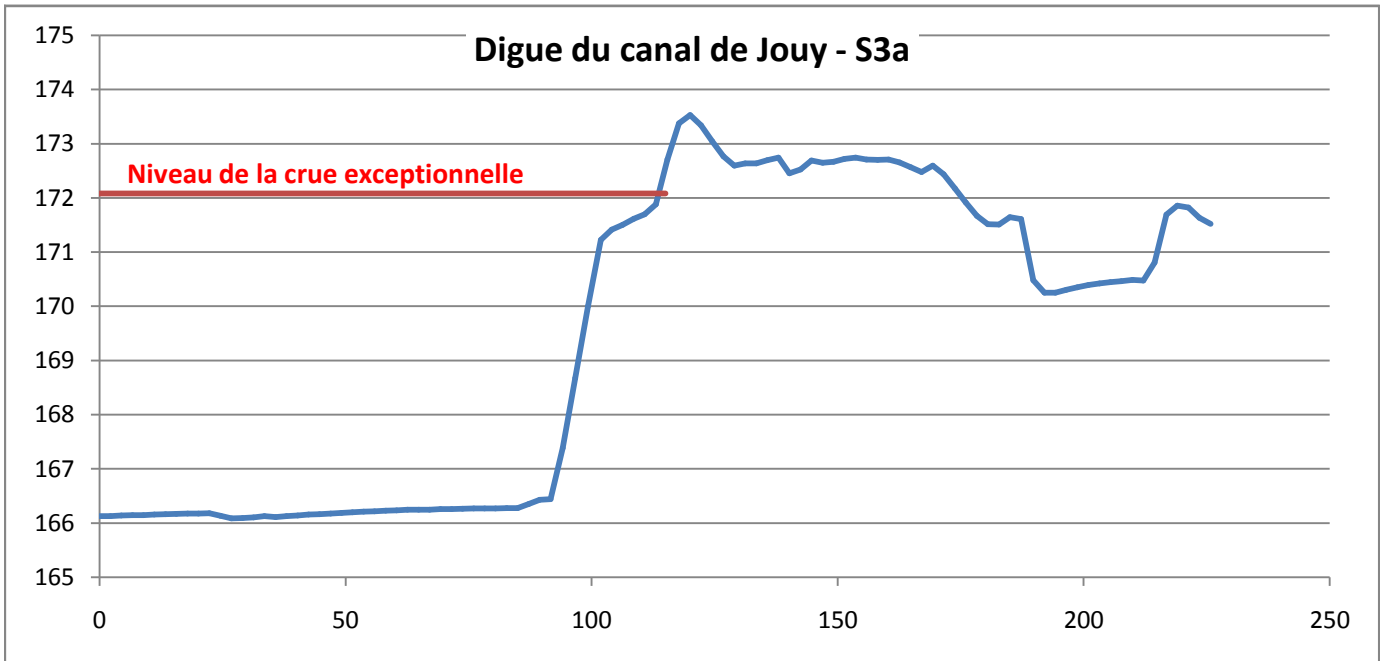
Plan de situation des profils en travers le long de la digue du canal de Jouy aux Arches - 3

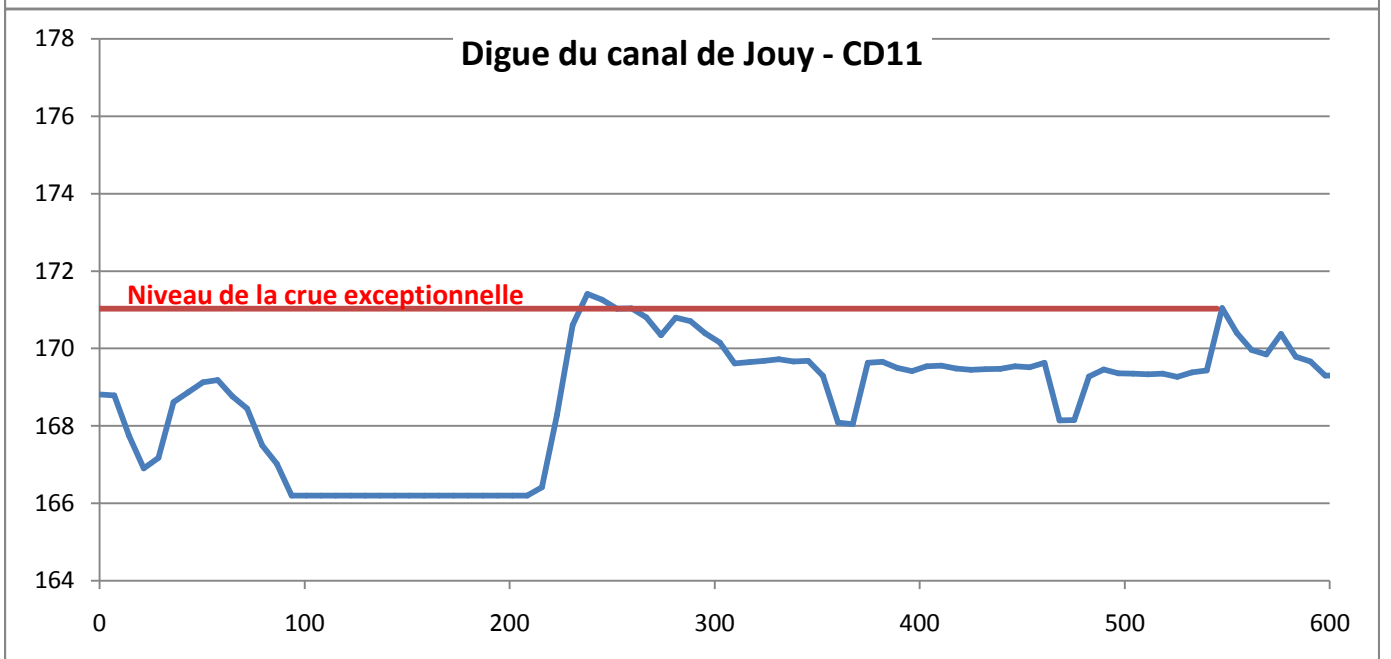
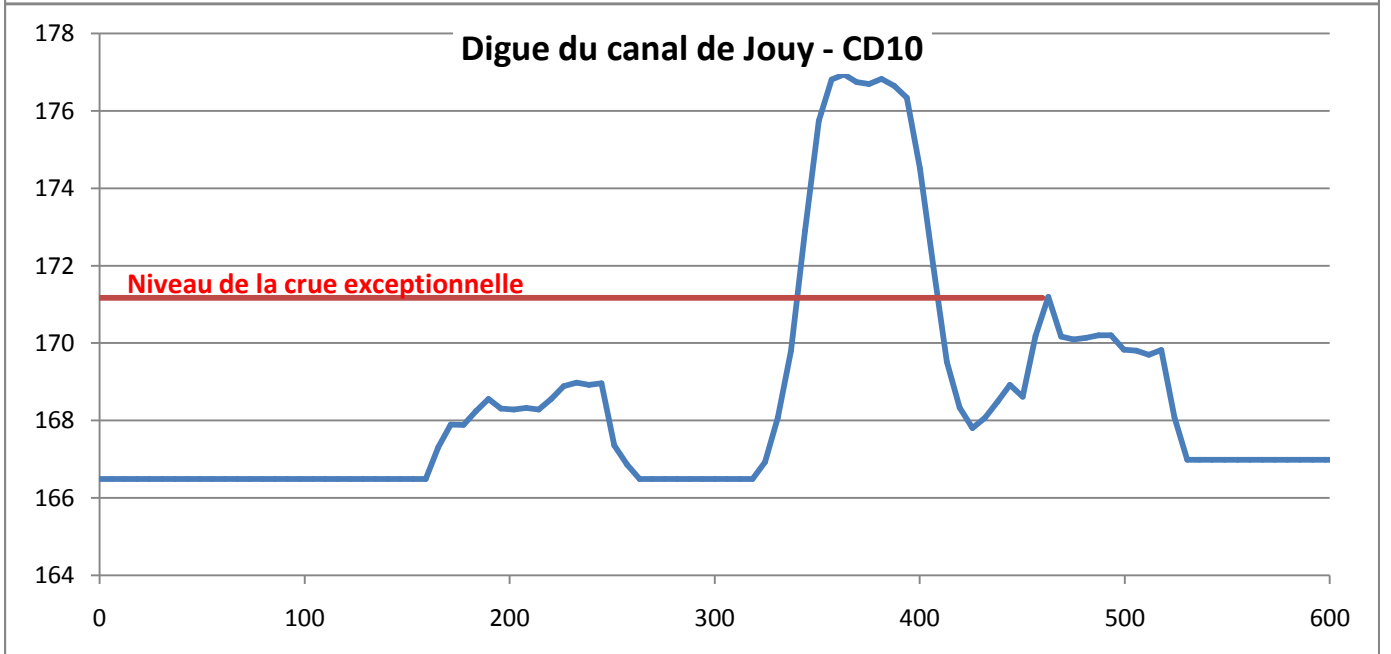
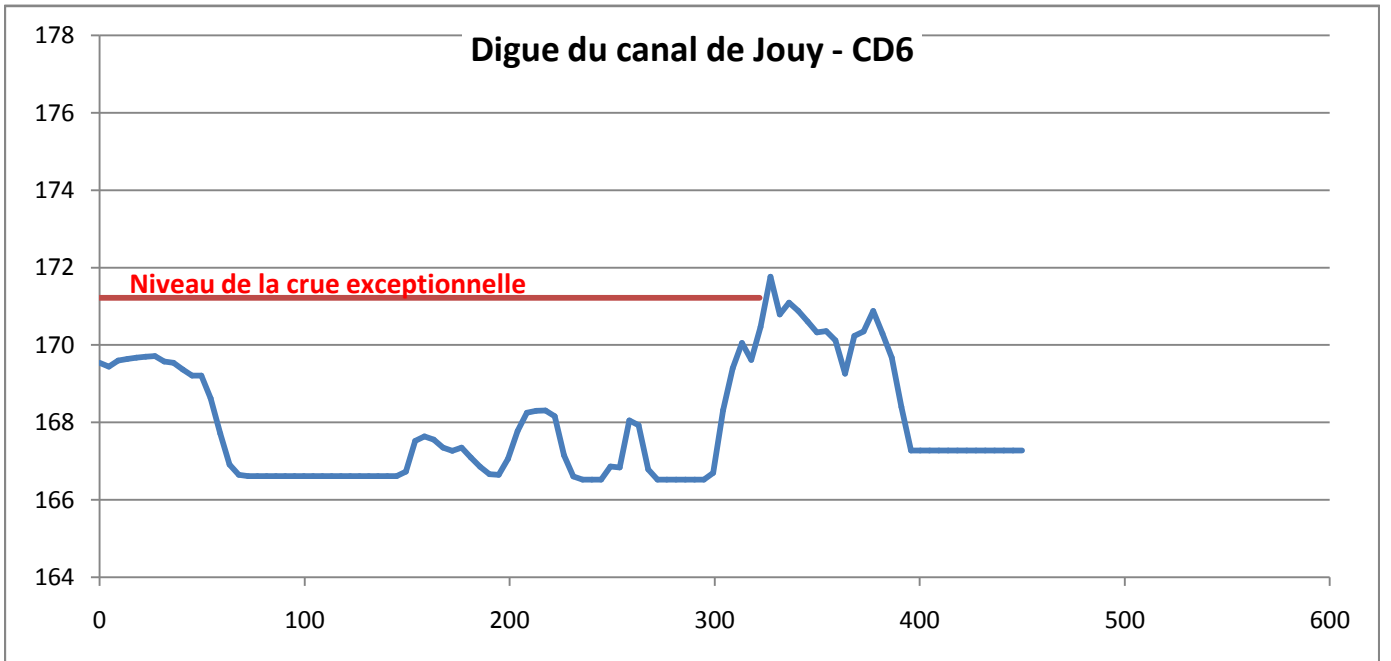


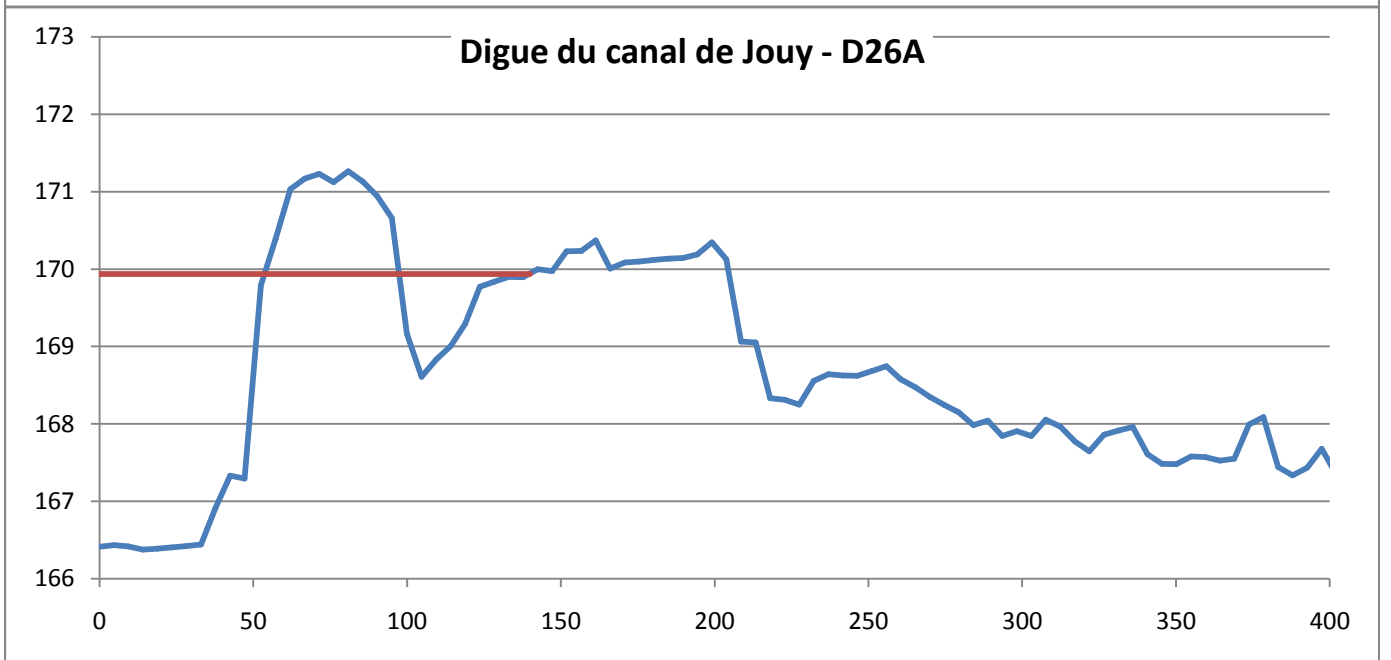
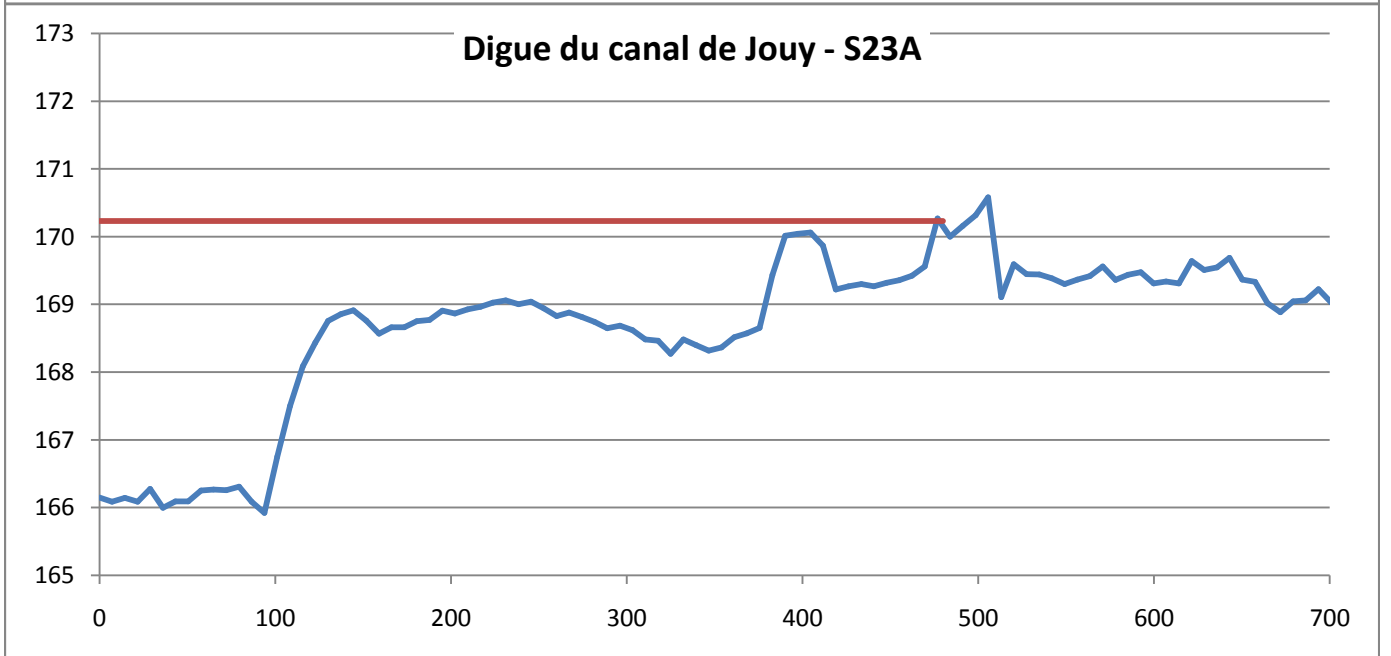
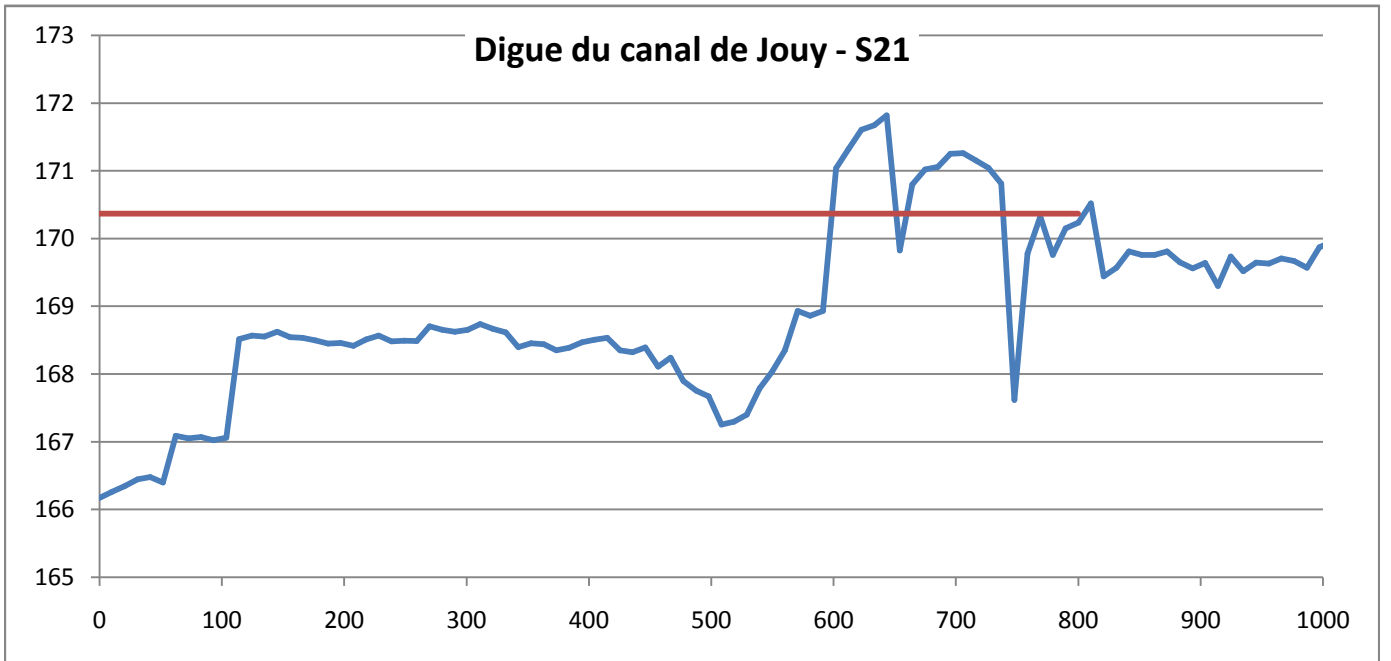
Plan de situation des profils en travers le long de la digue du canal de Jouy aux Arches - 4

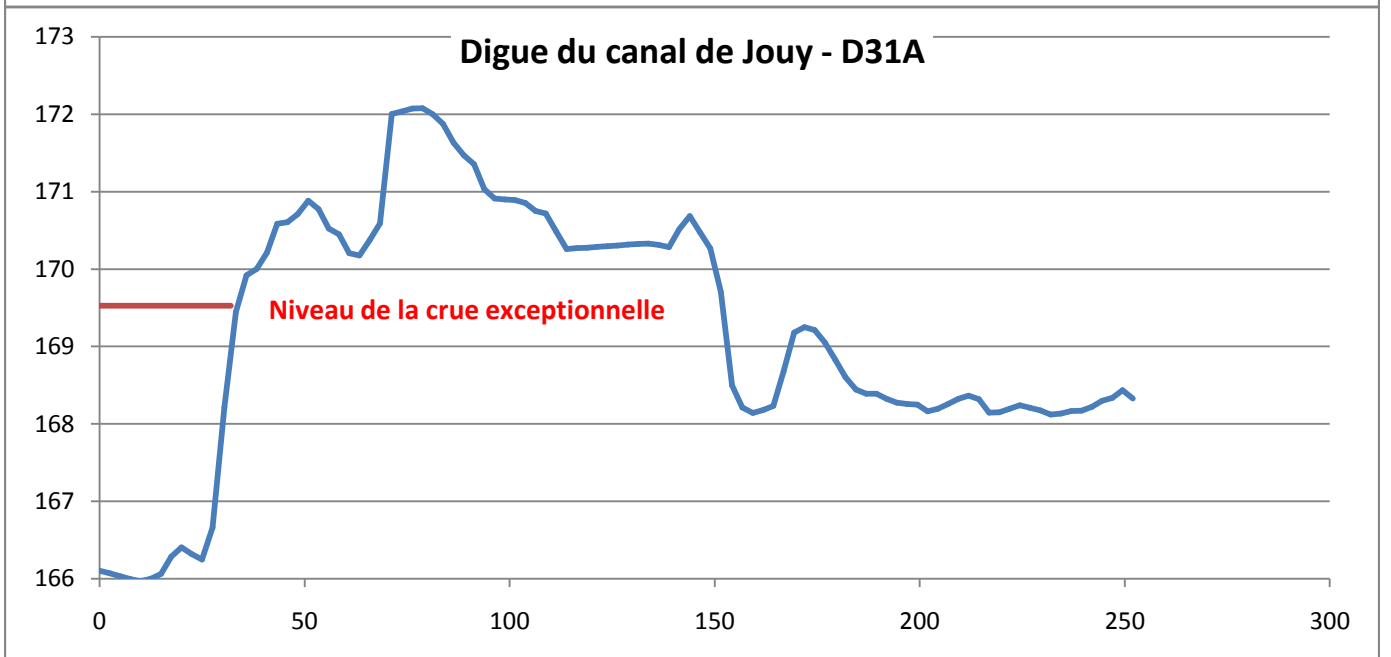
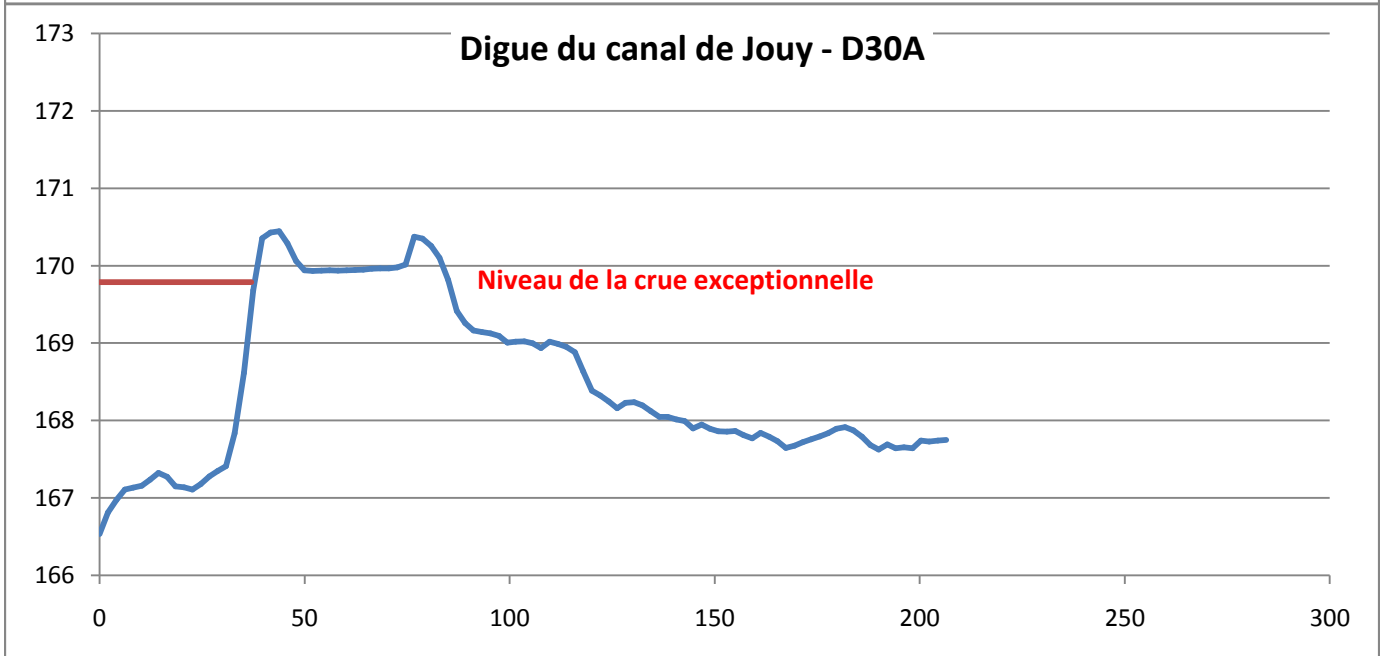
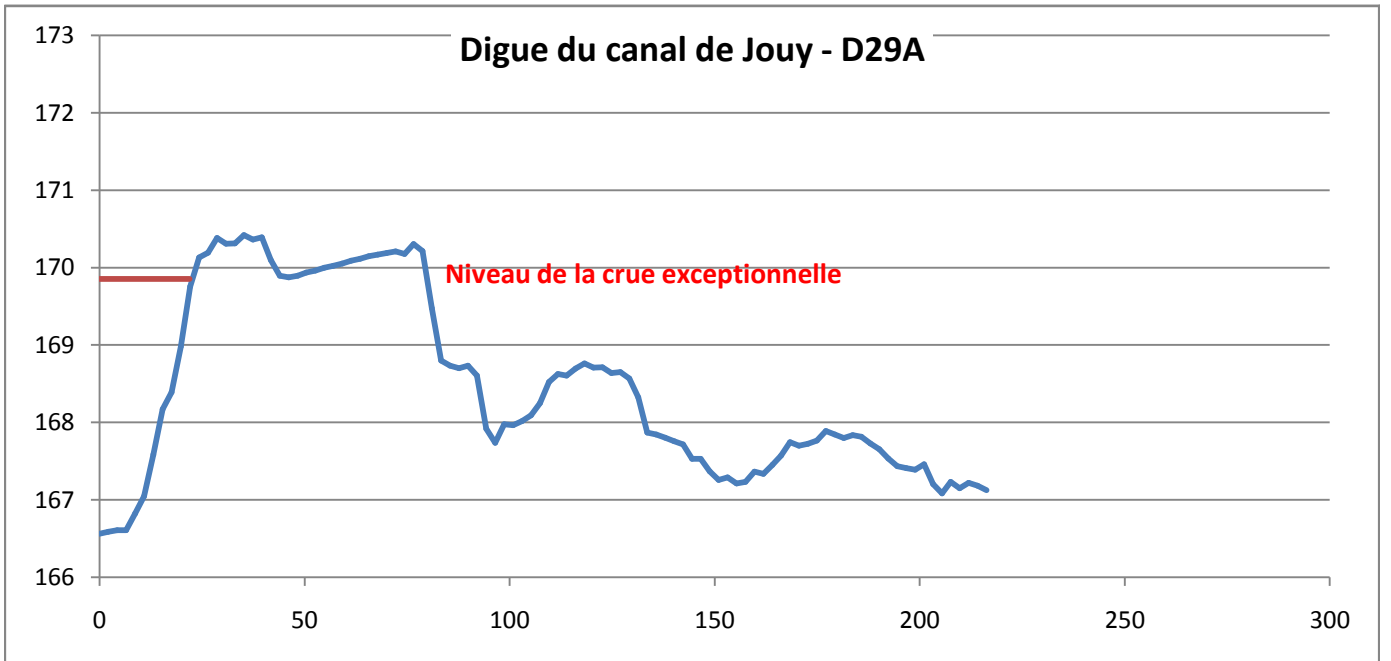


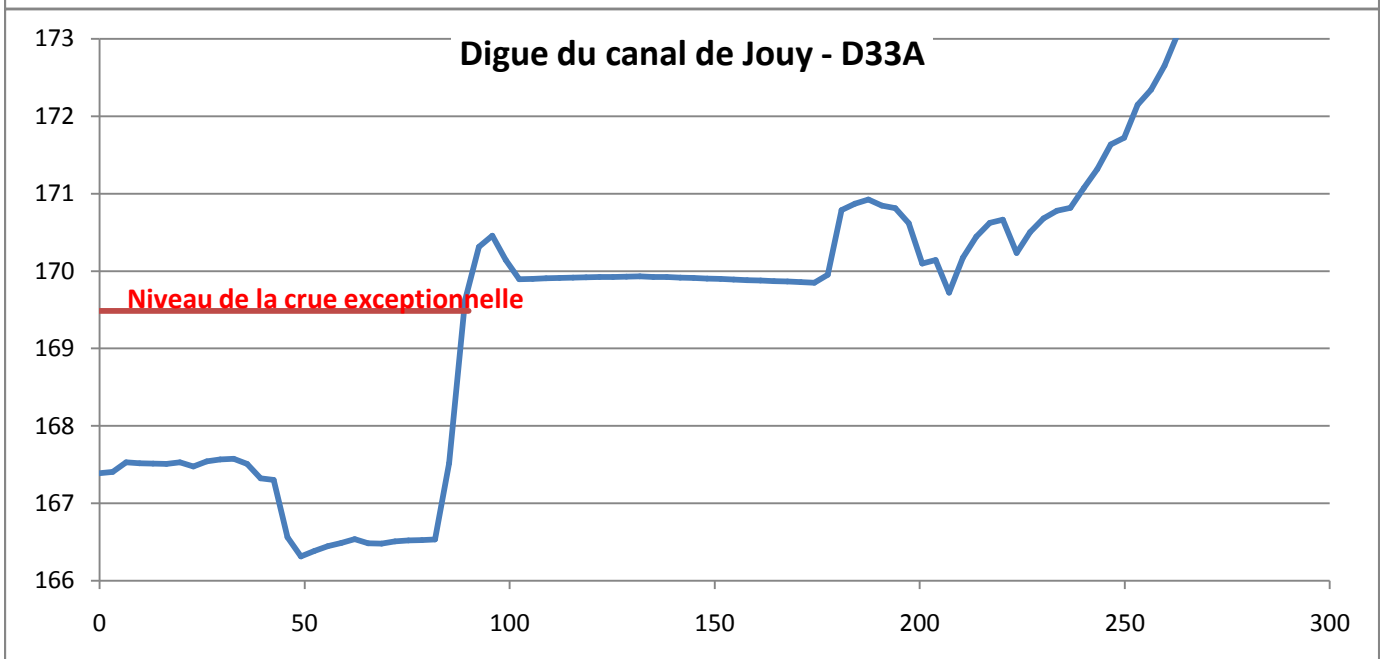
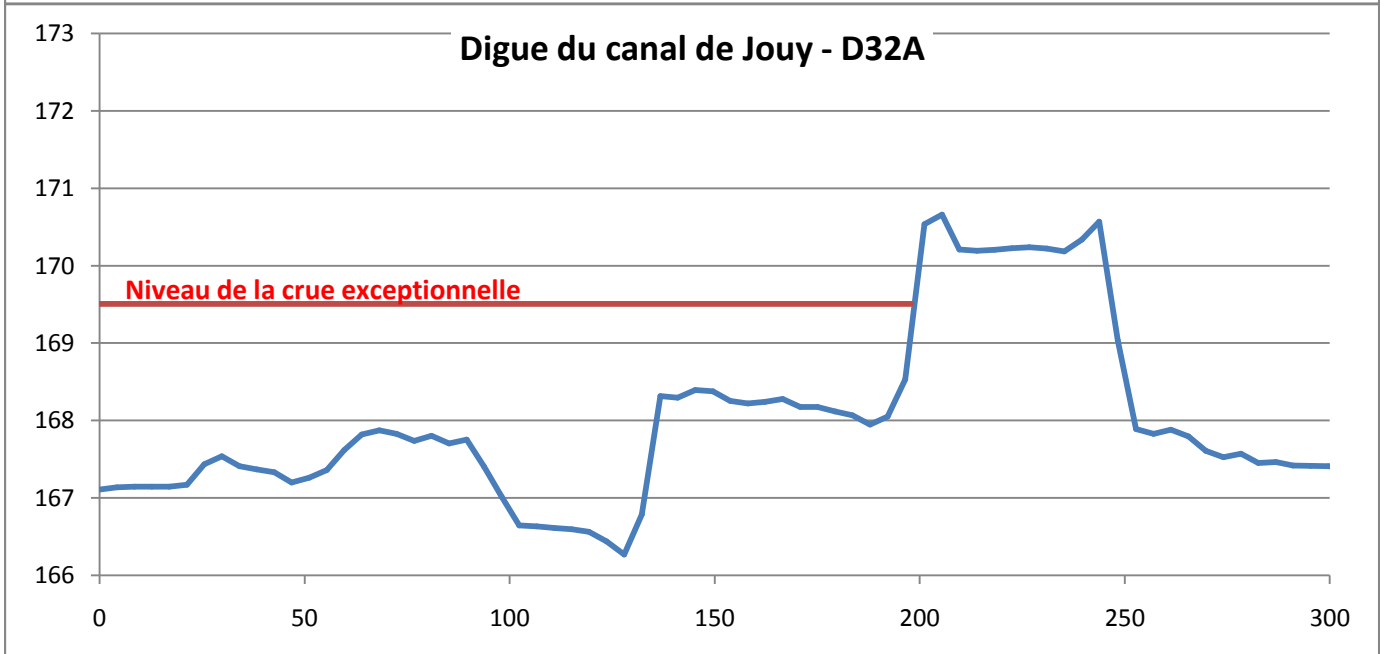
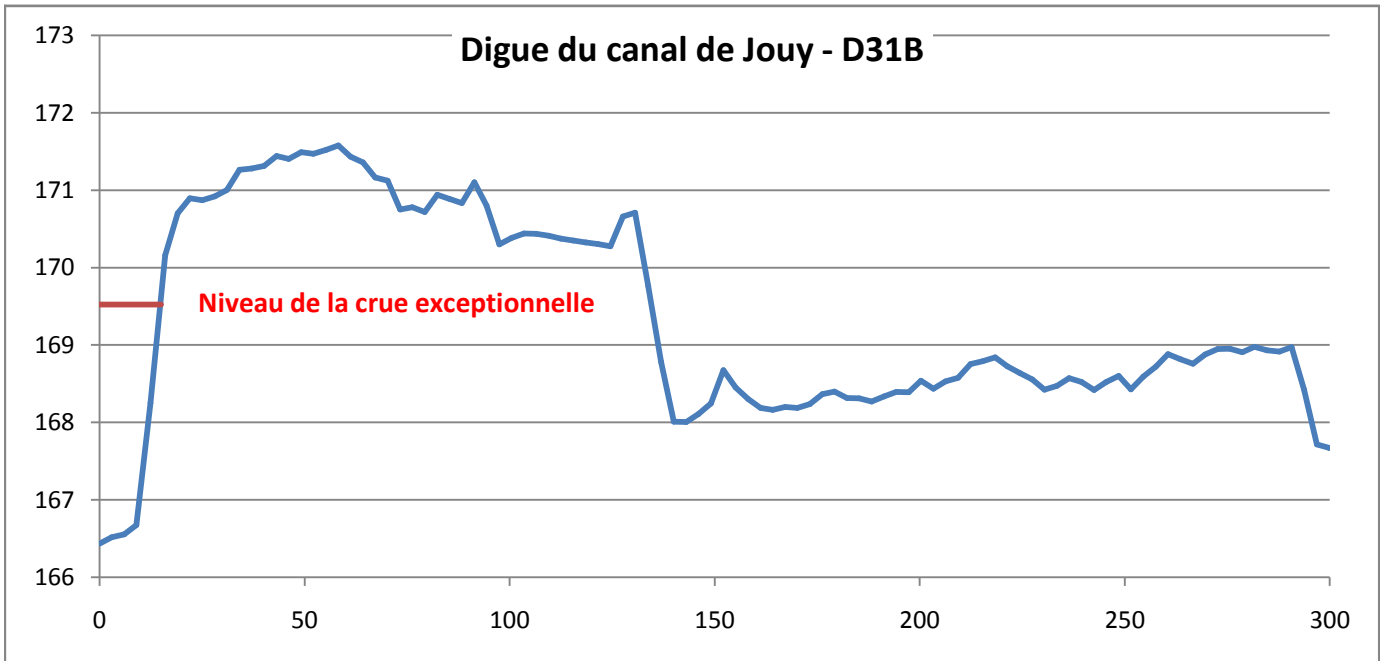




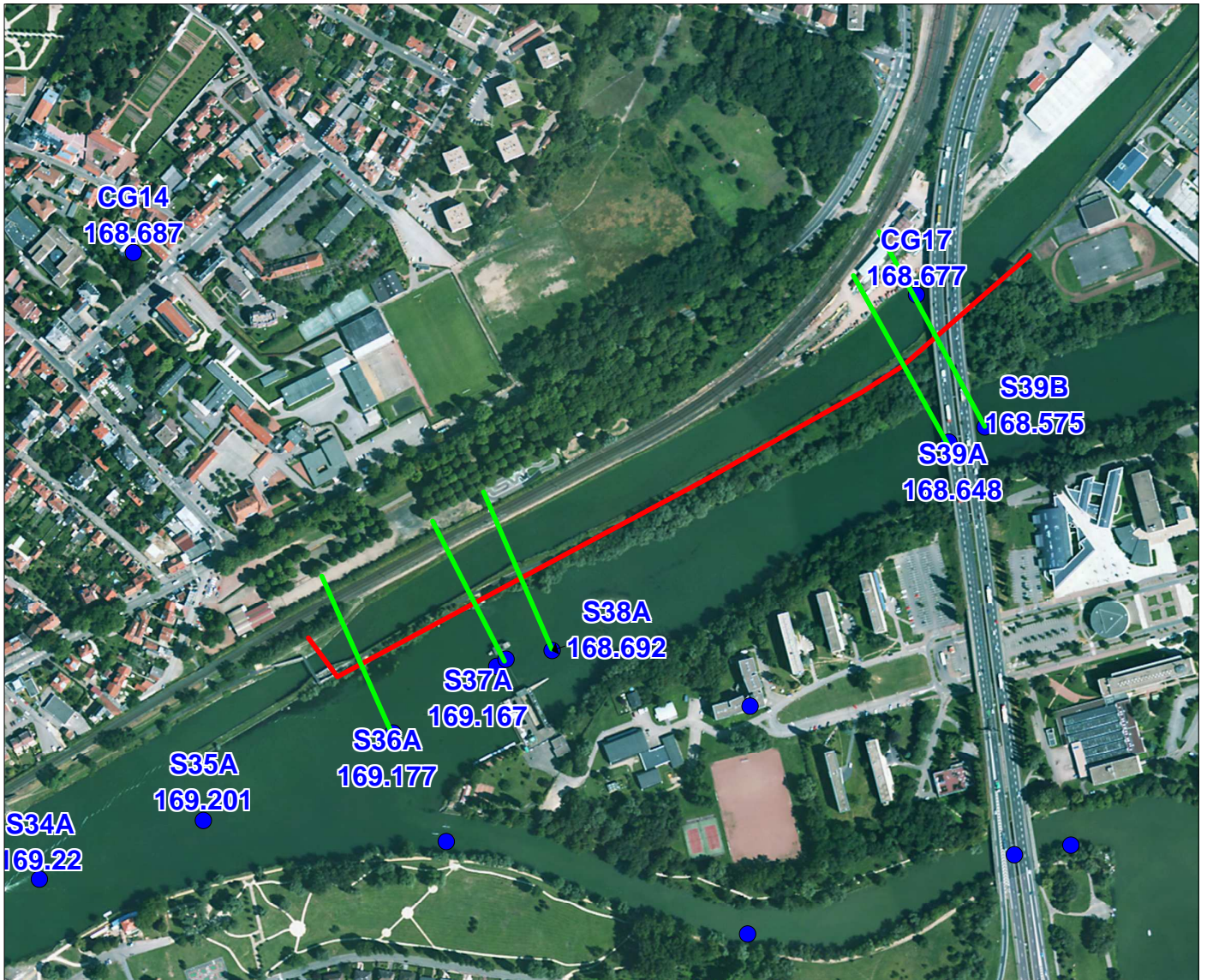


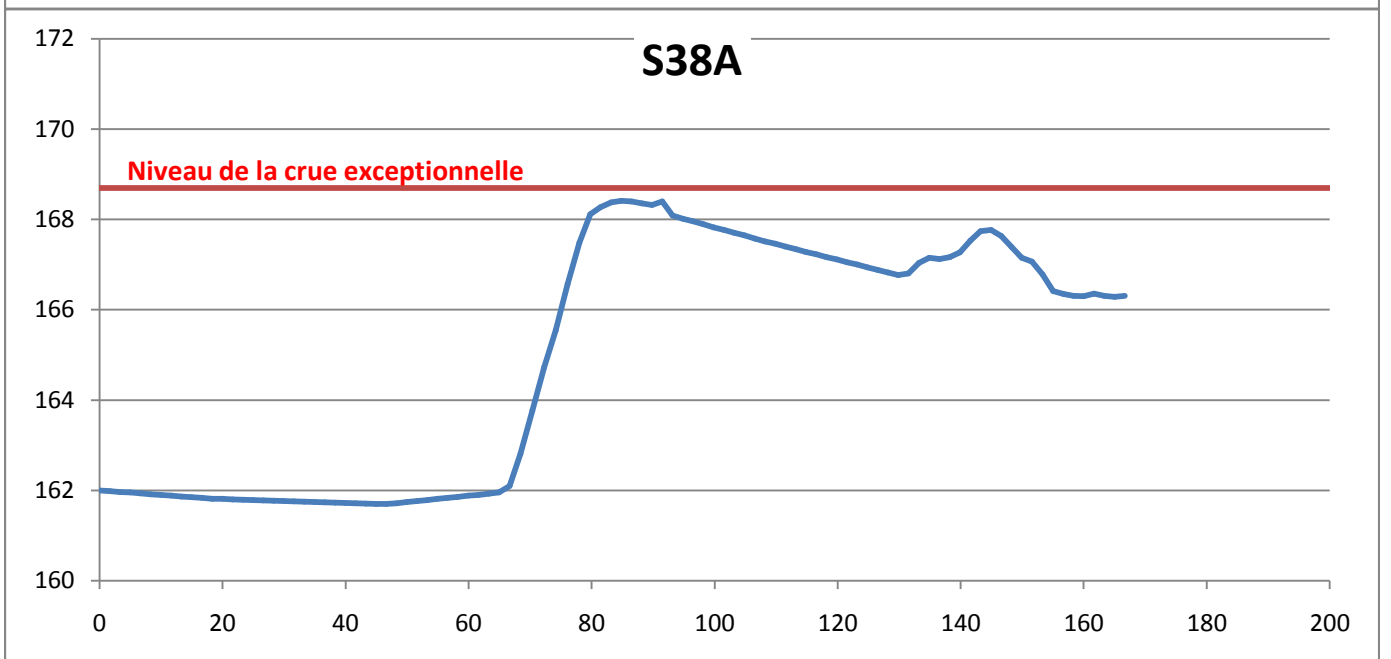
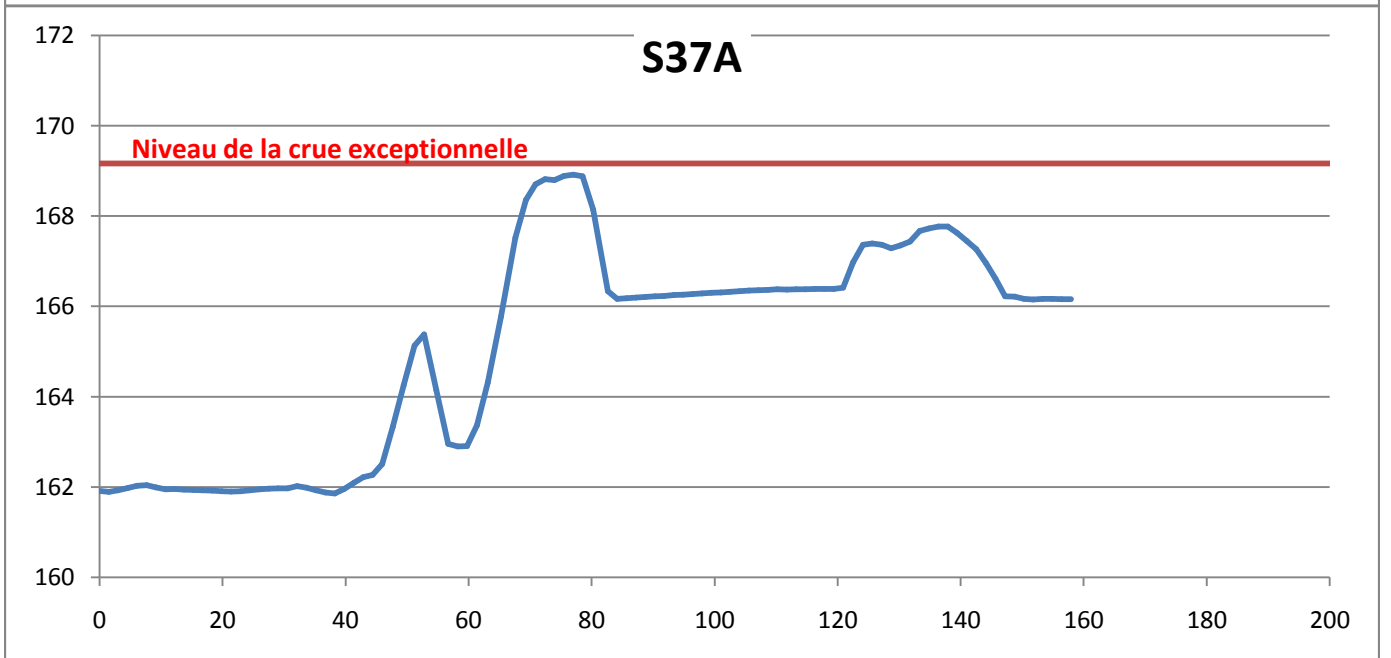
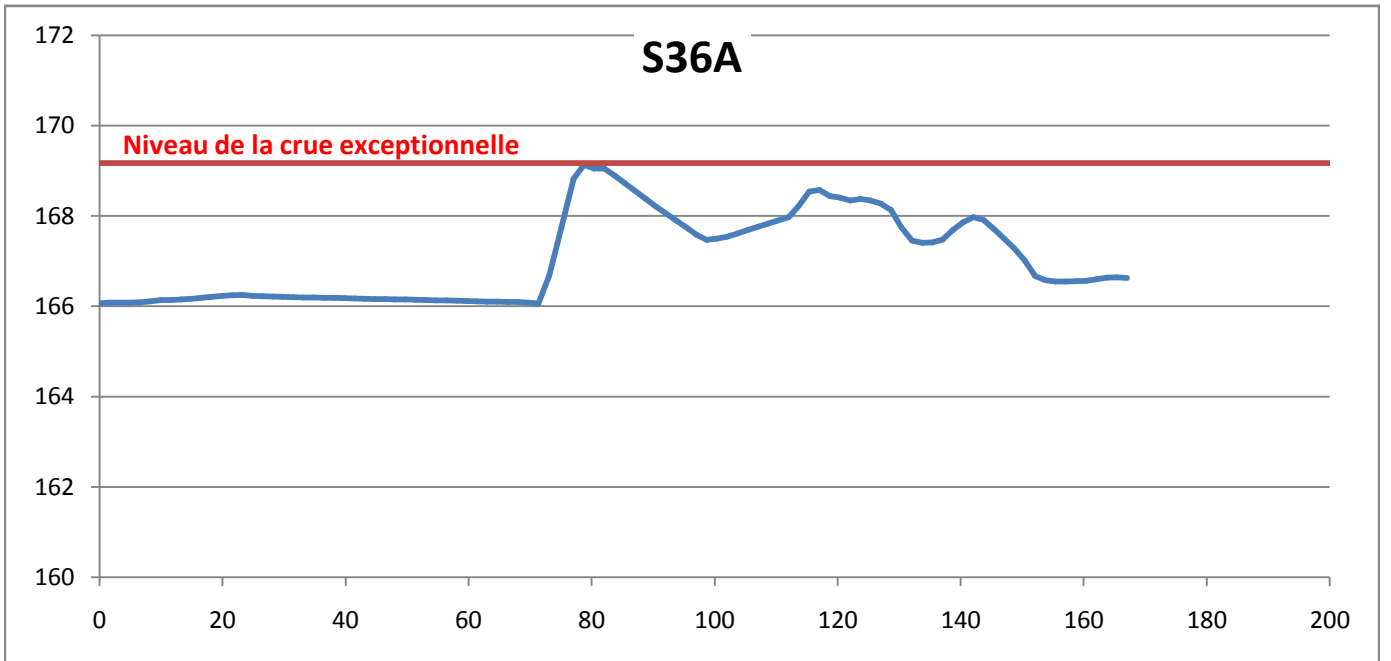


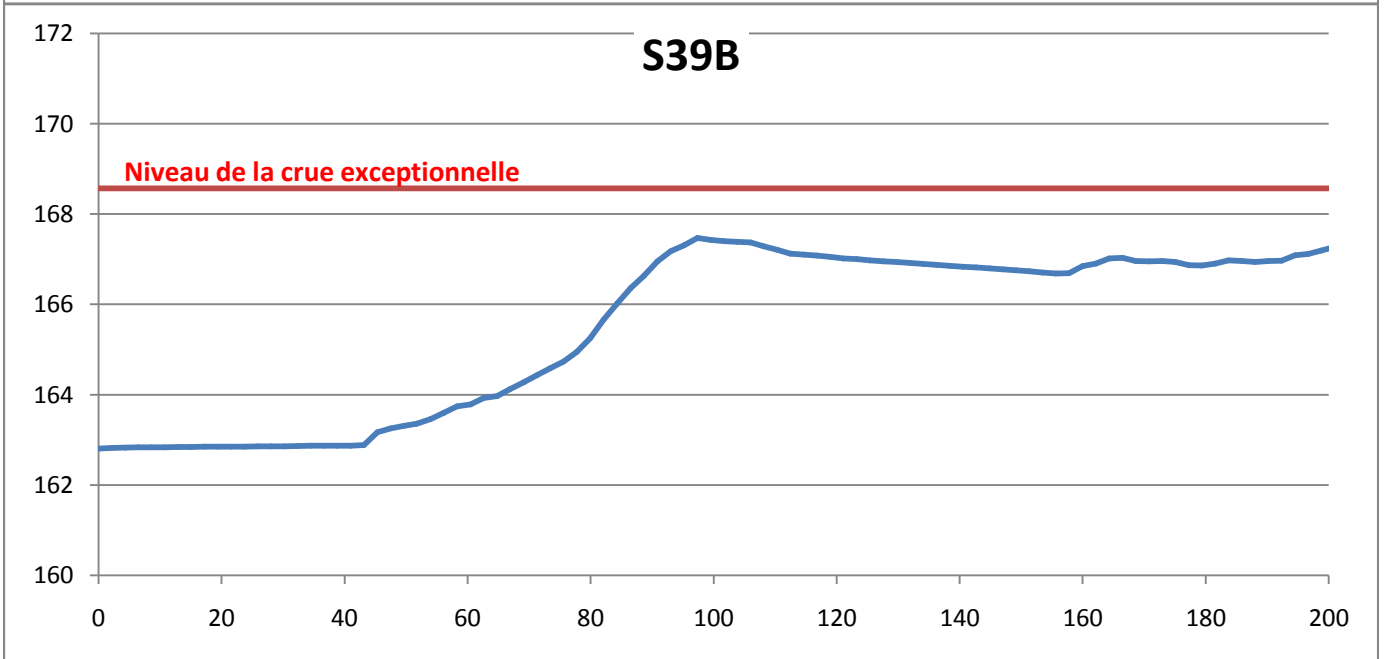
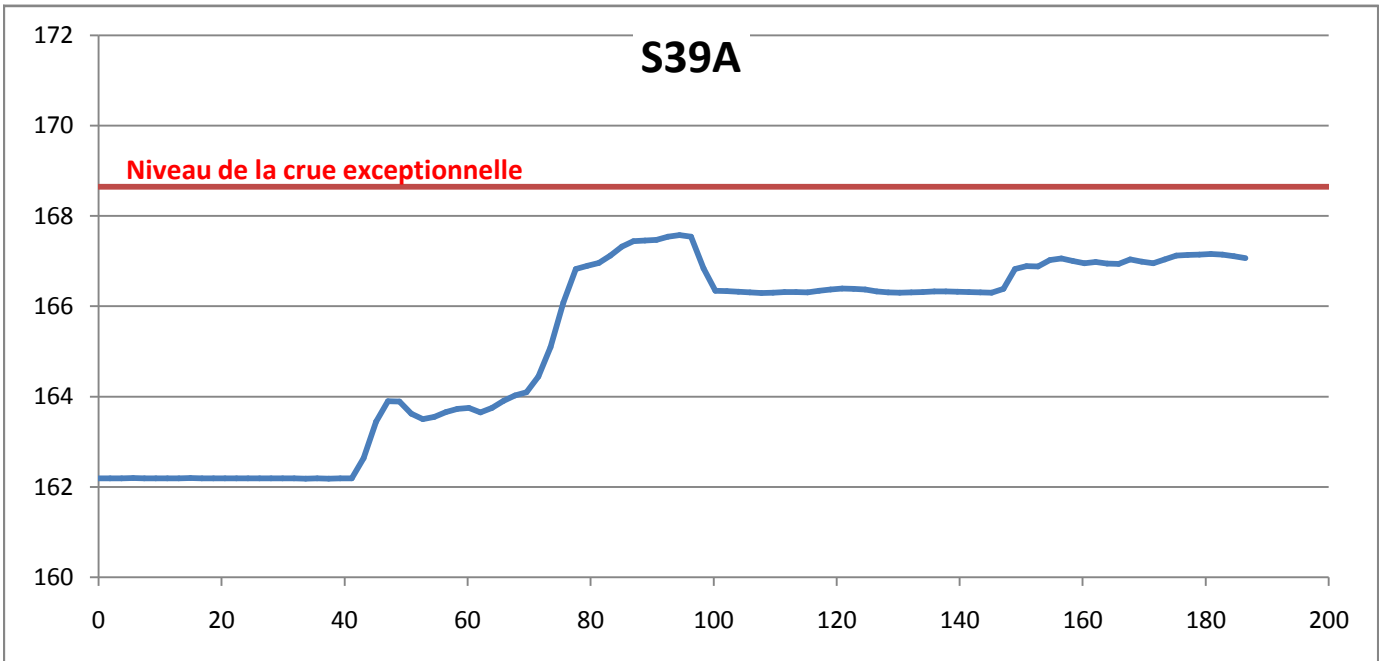




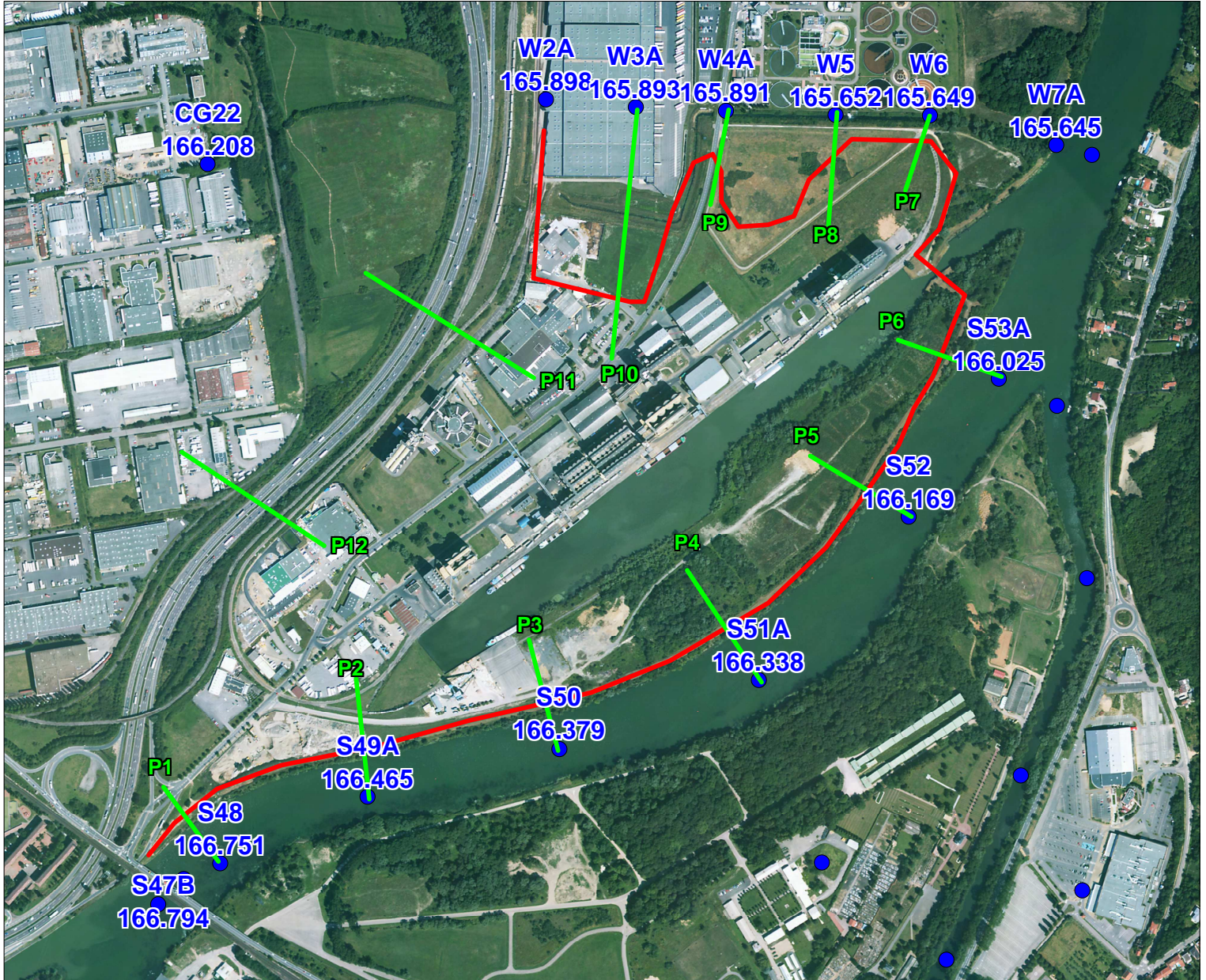
Plan de situation des profils en travers le long de la digue du Ban Saint Martin

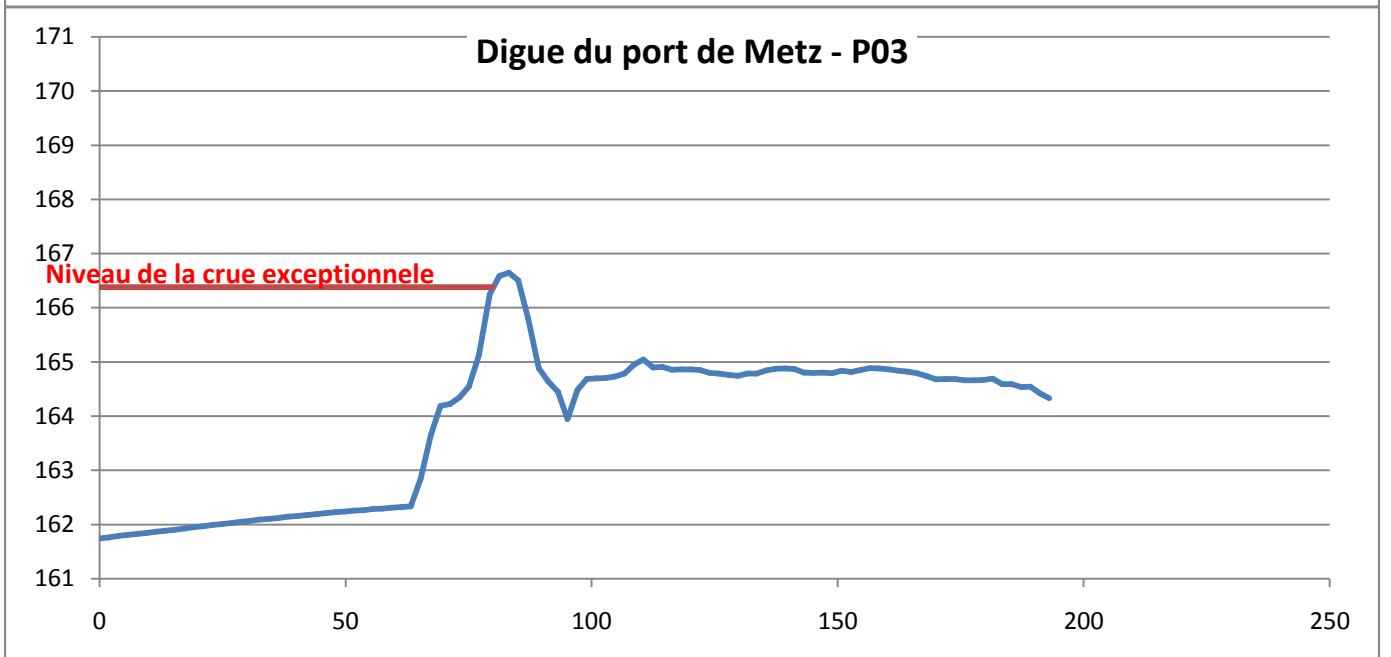
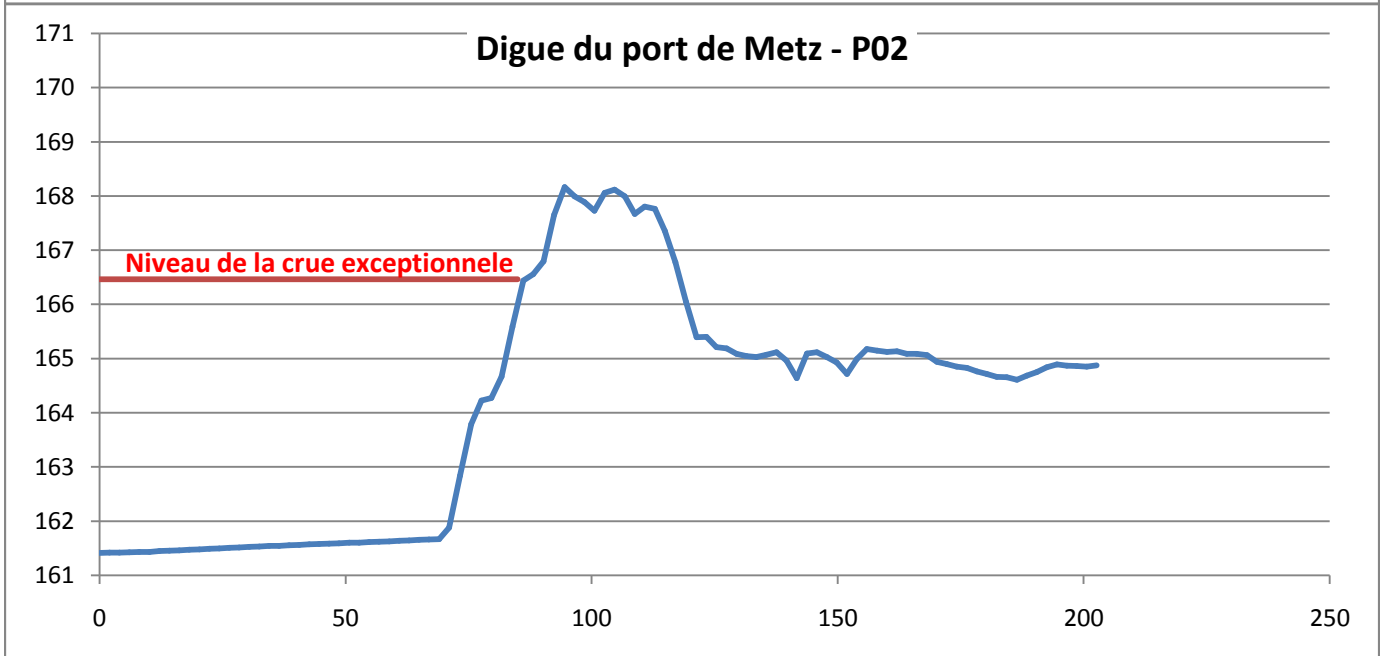
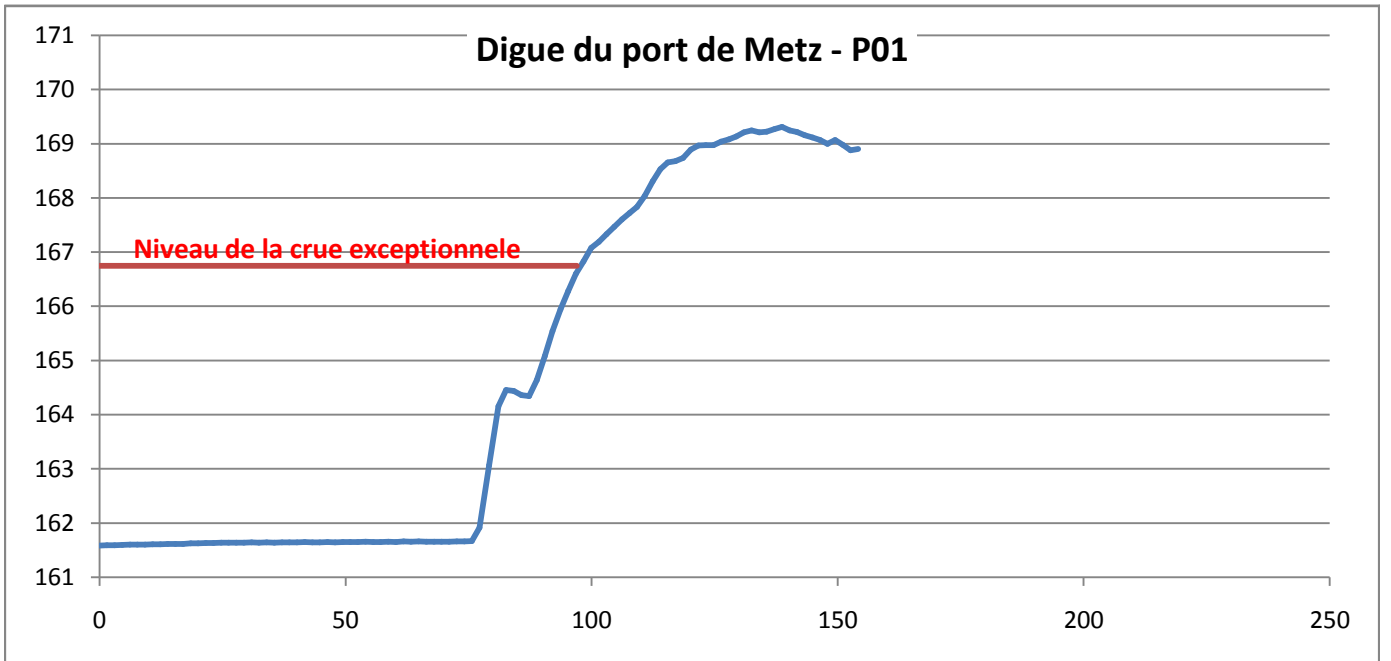


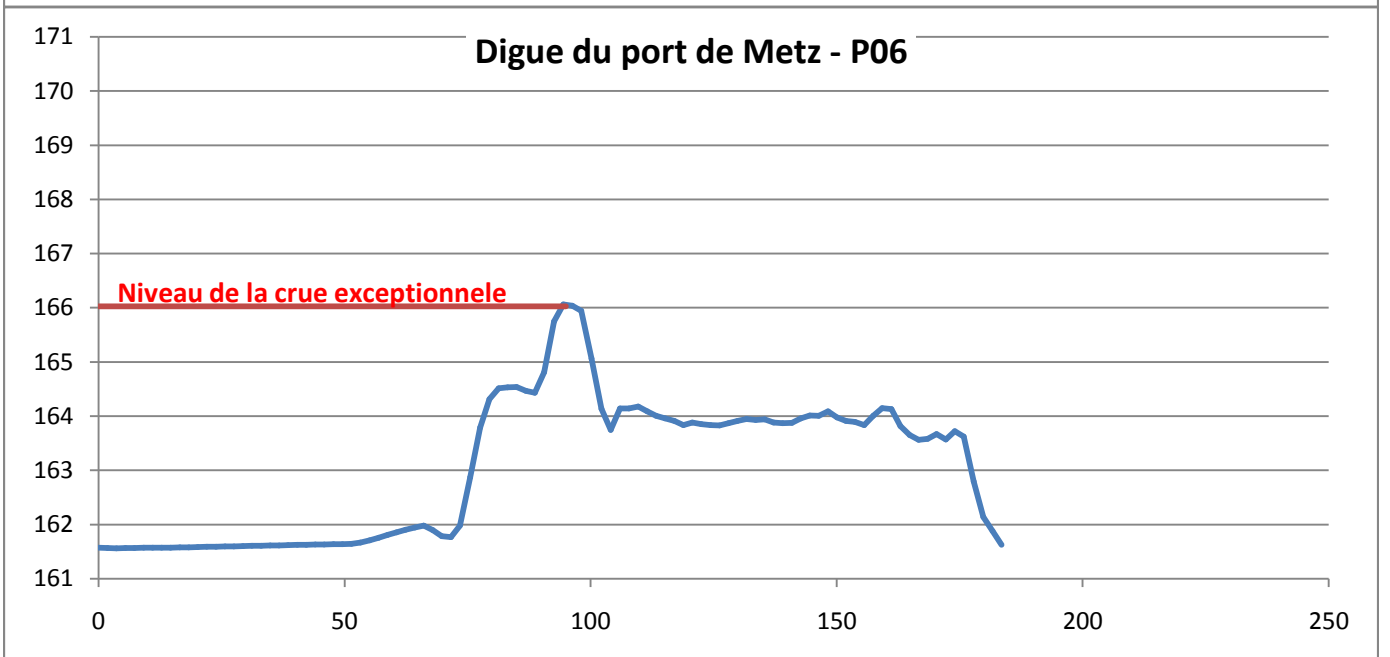
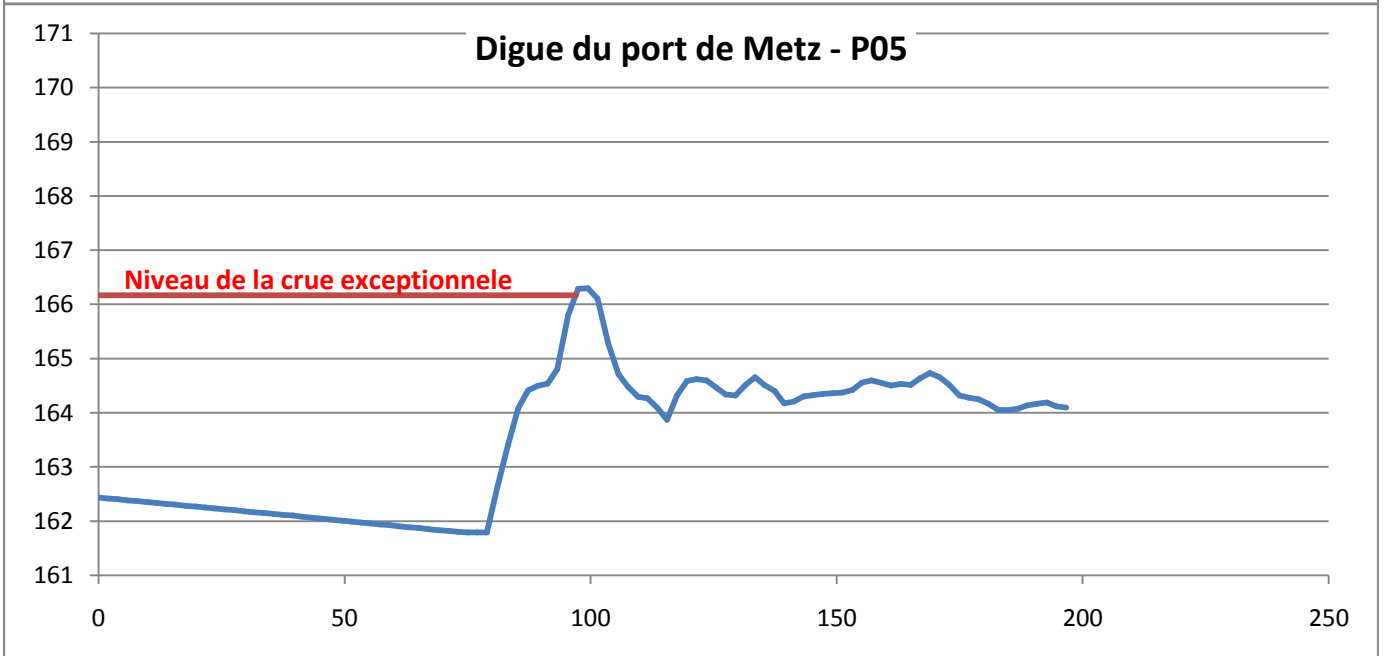
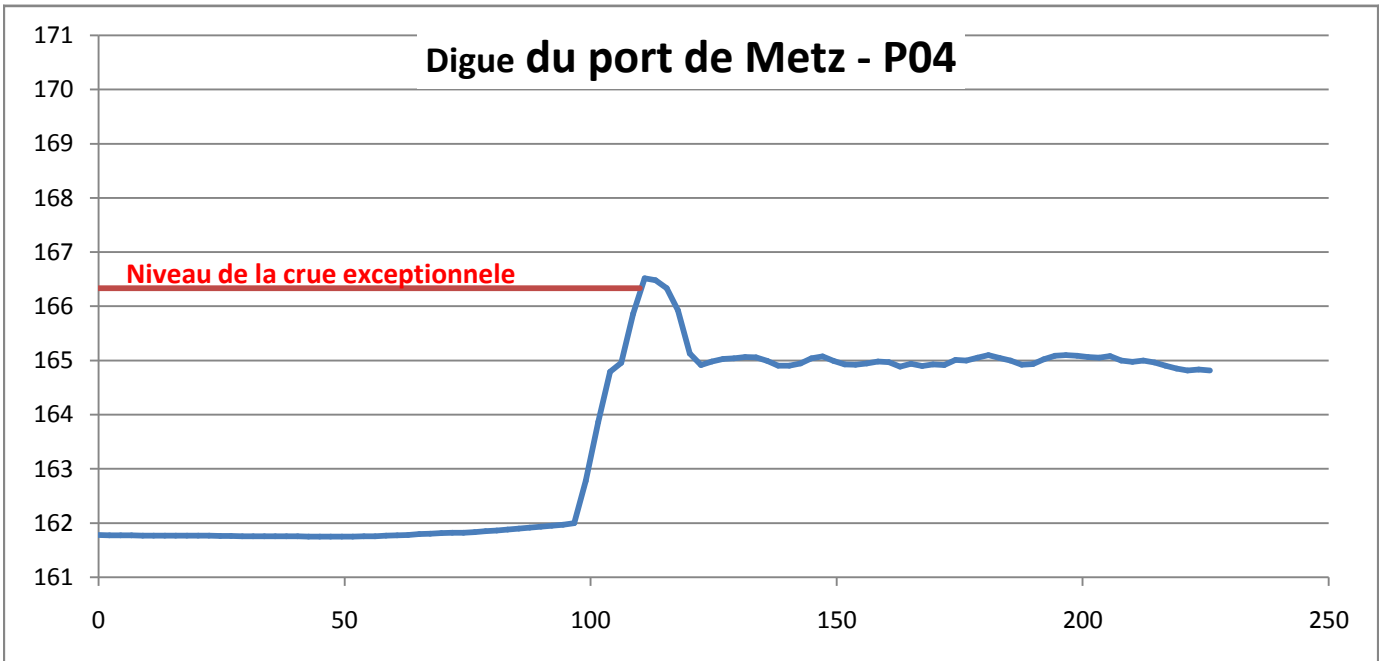


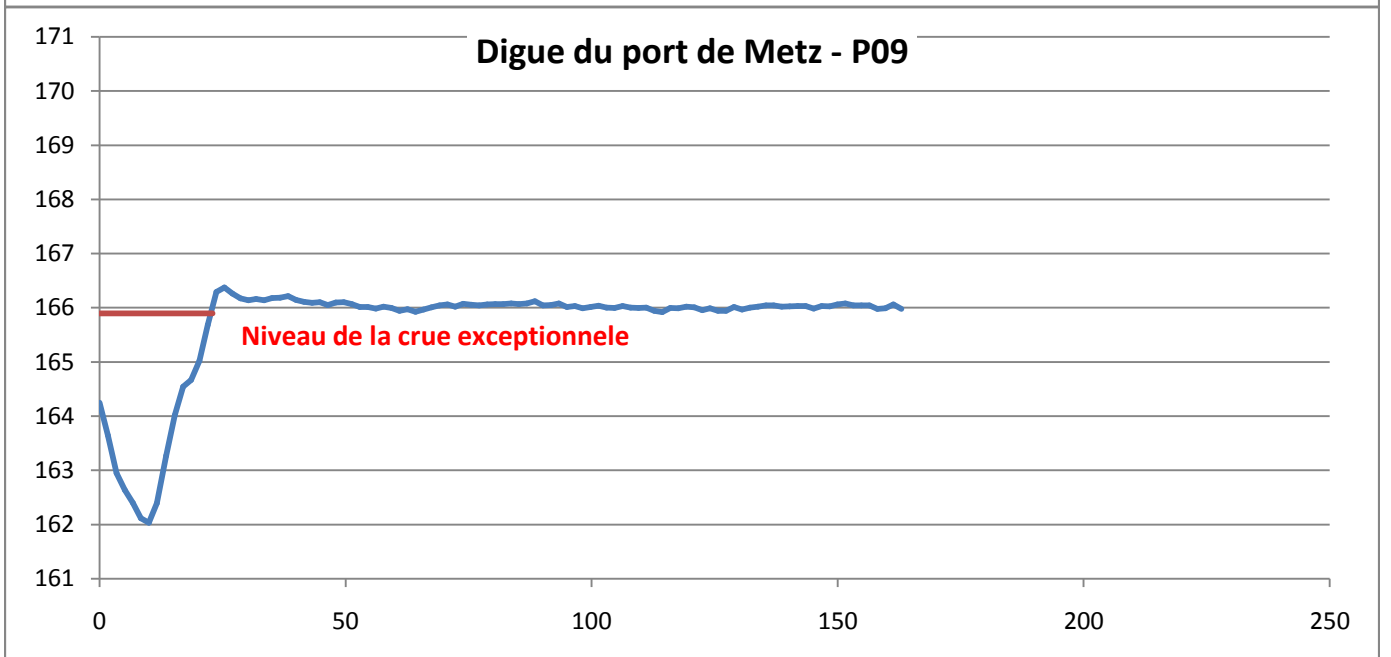
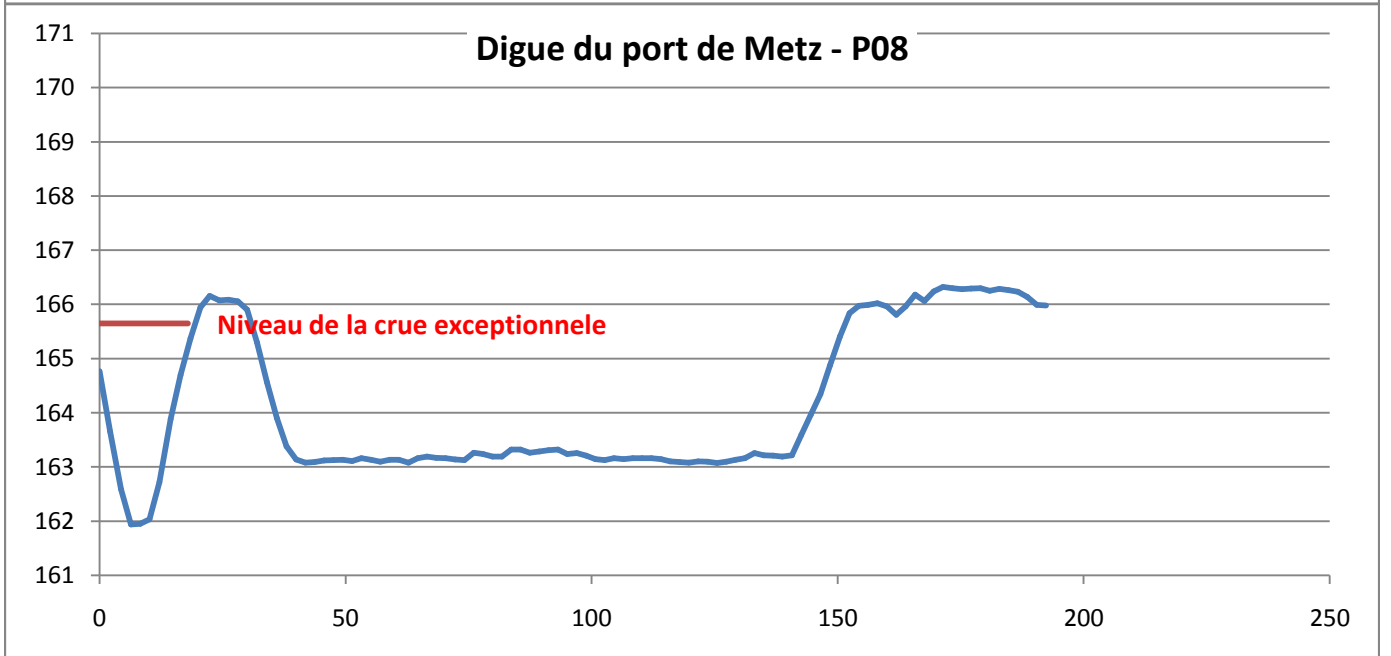
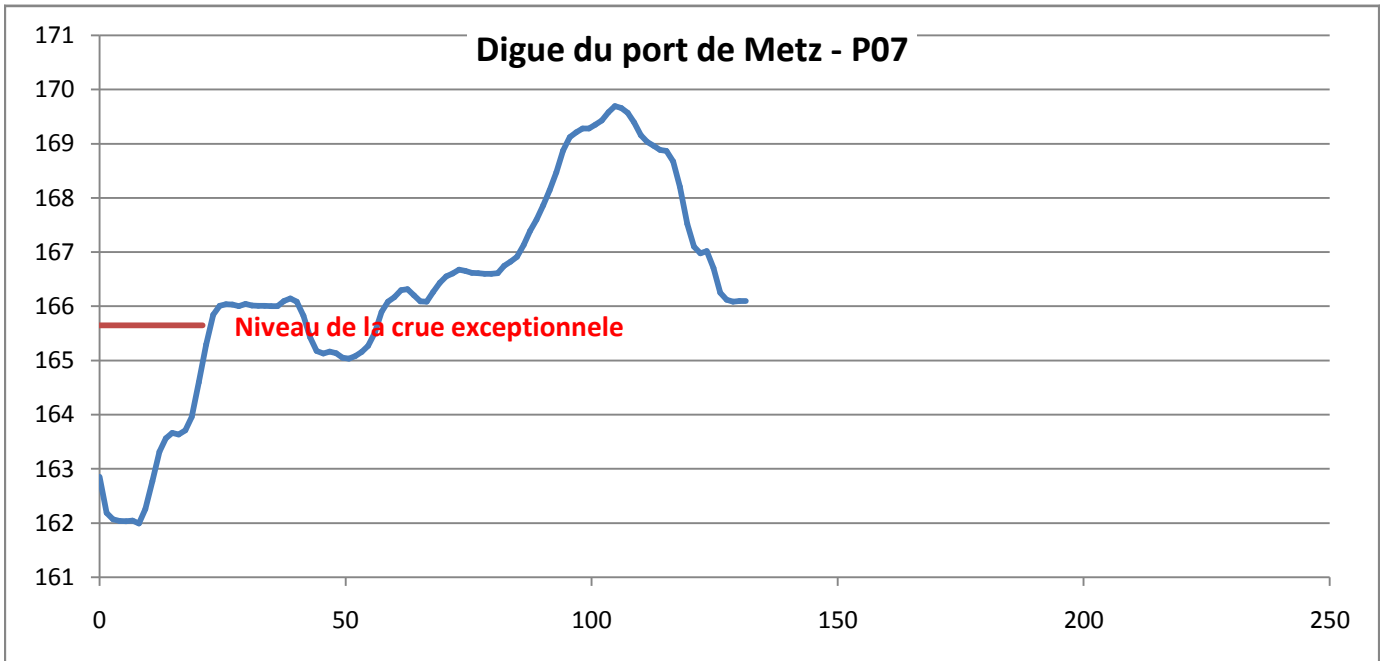


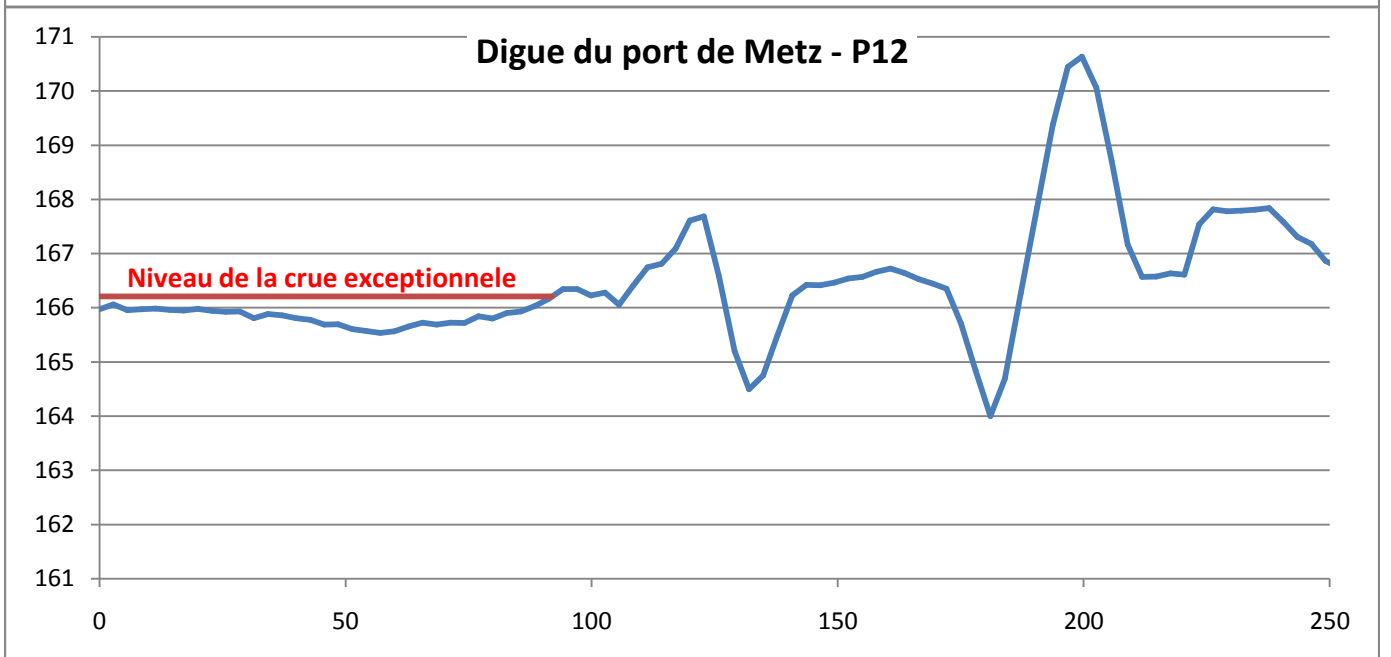
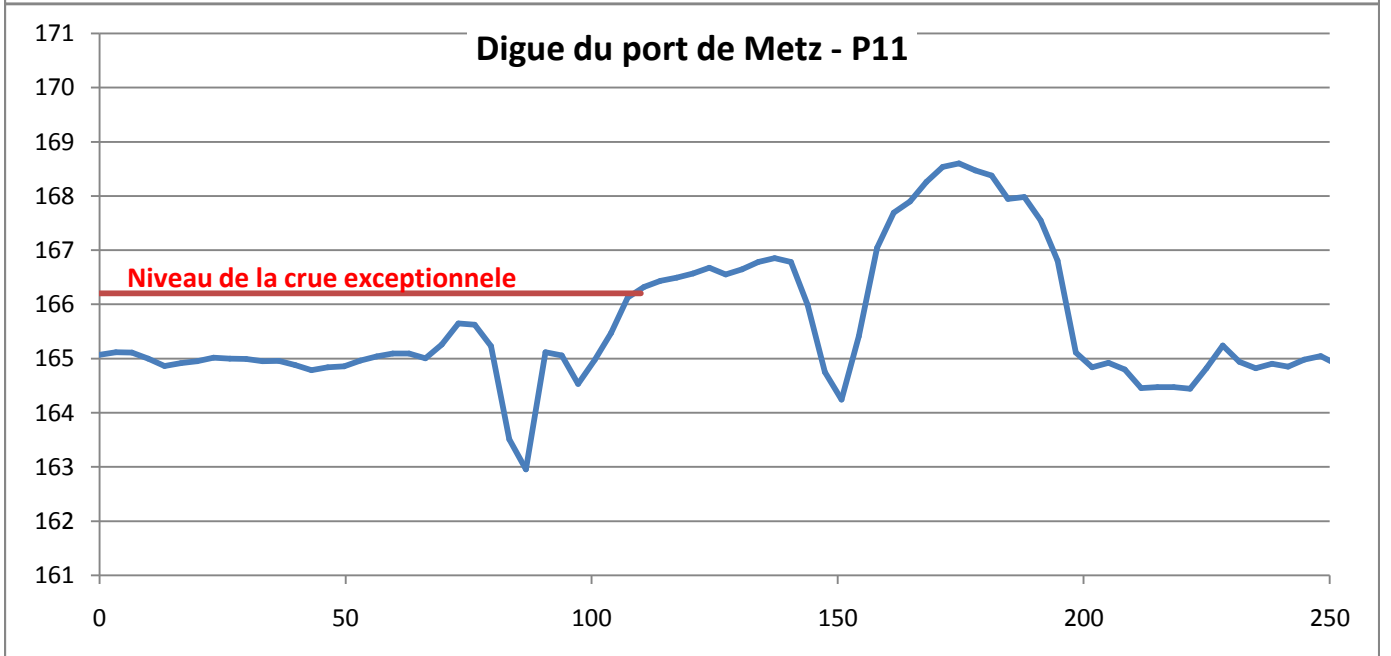
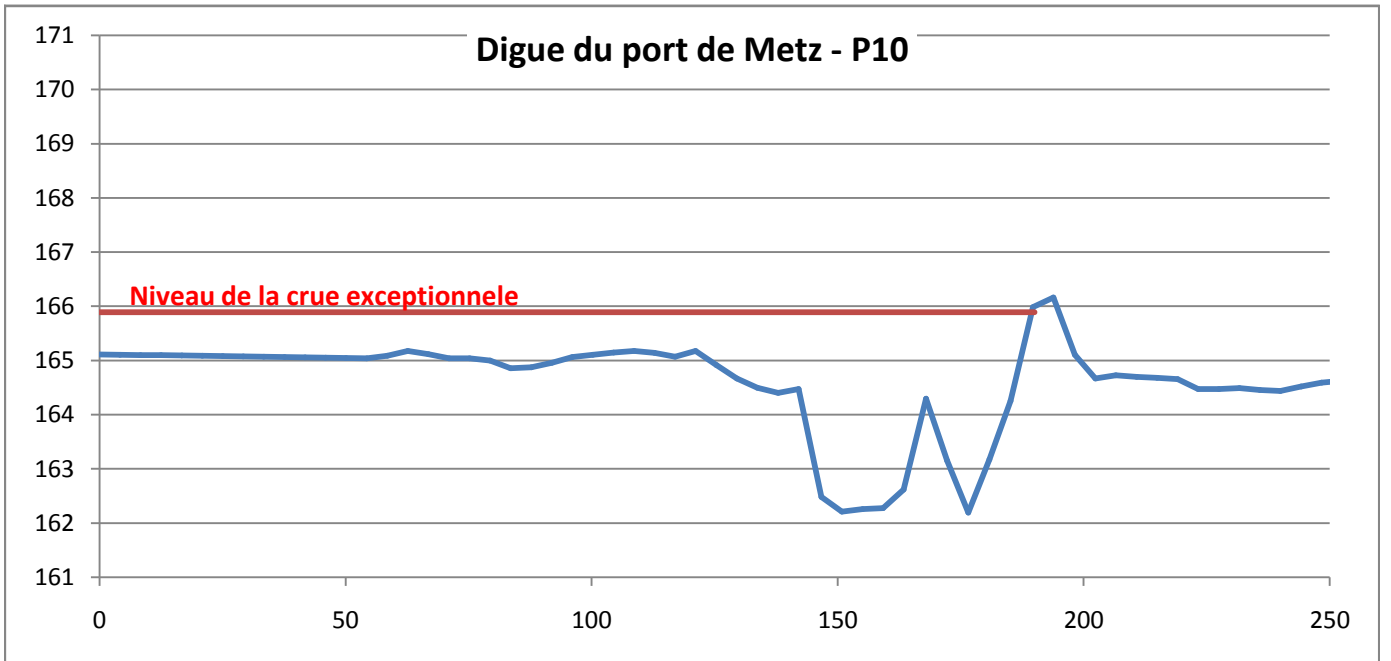
Plan de situation des profils en travers le long de la digue du nouveau port de Metz





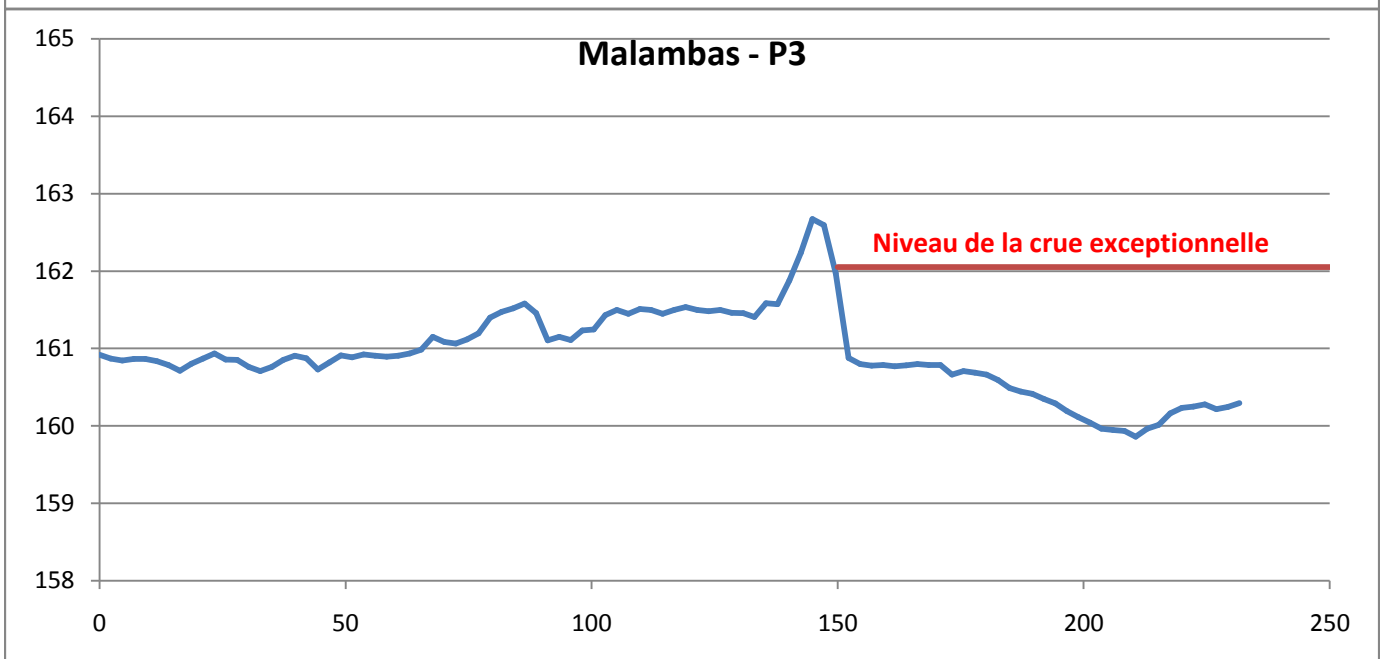
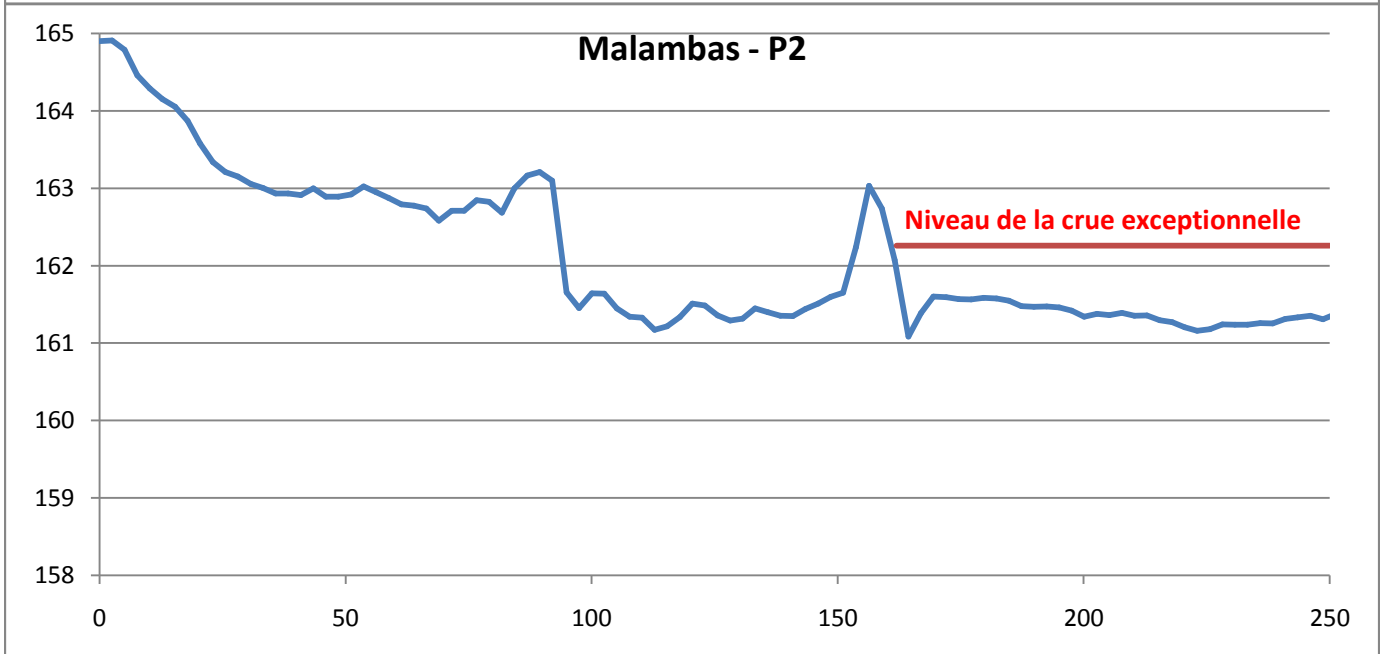
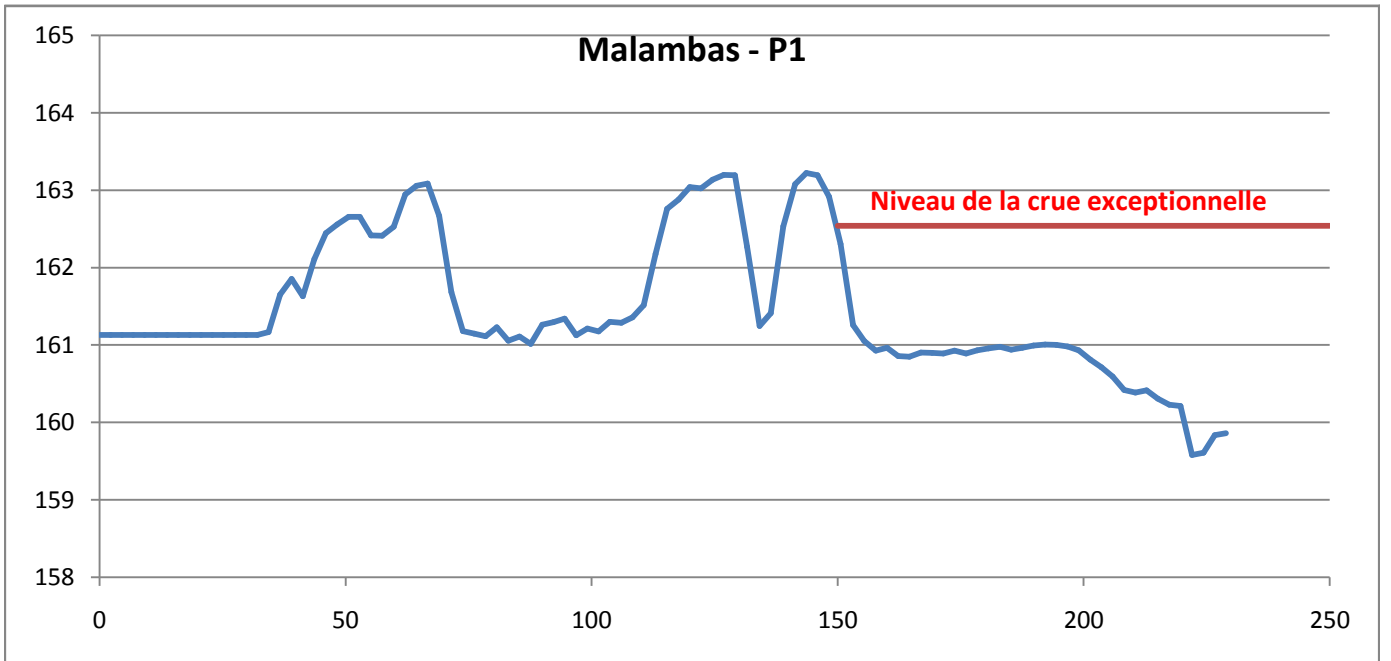


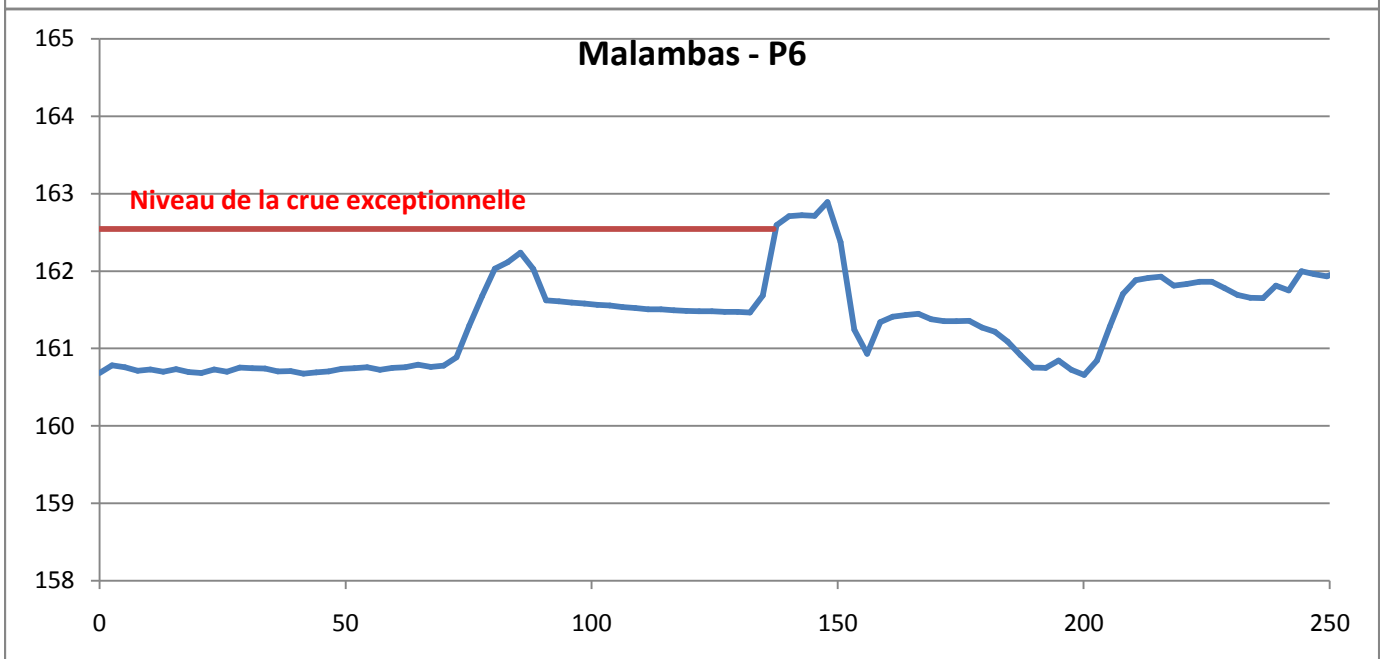
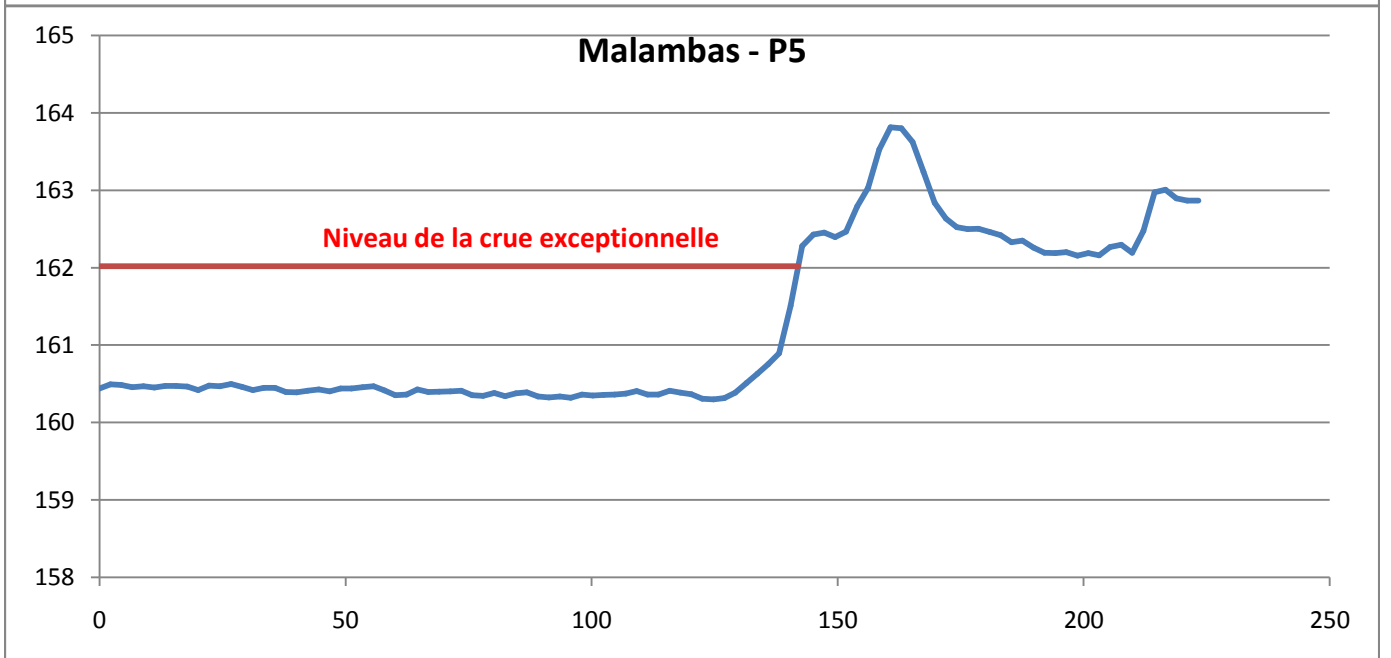
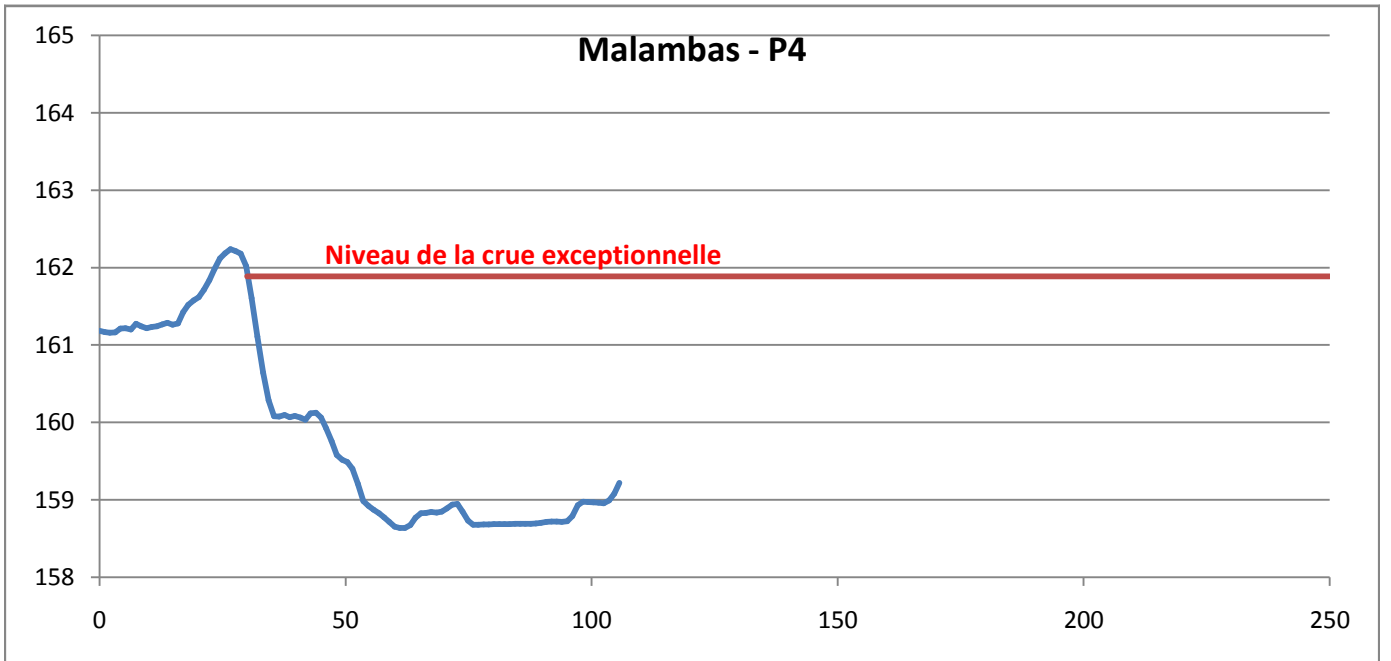


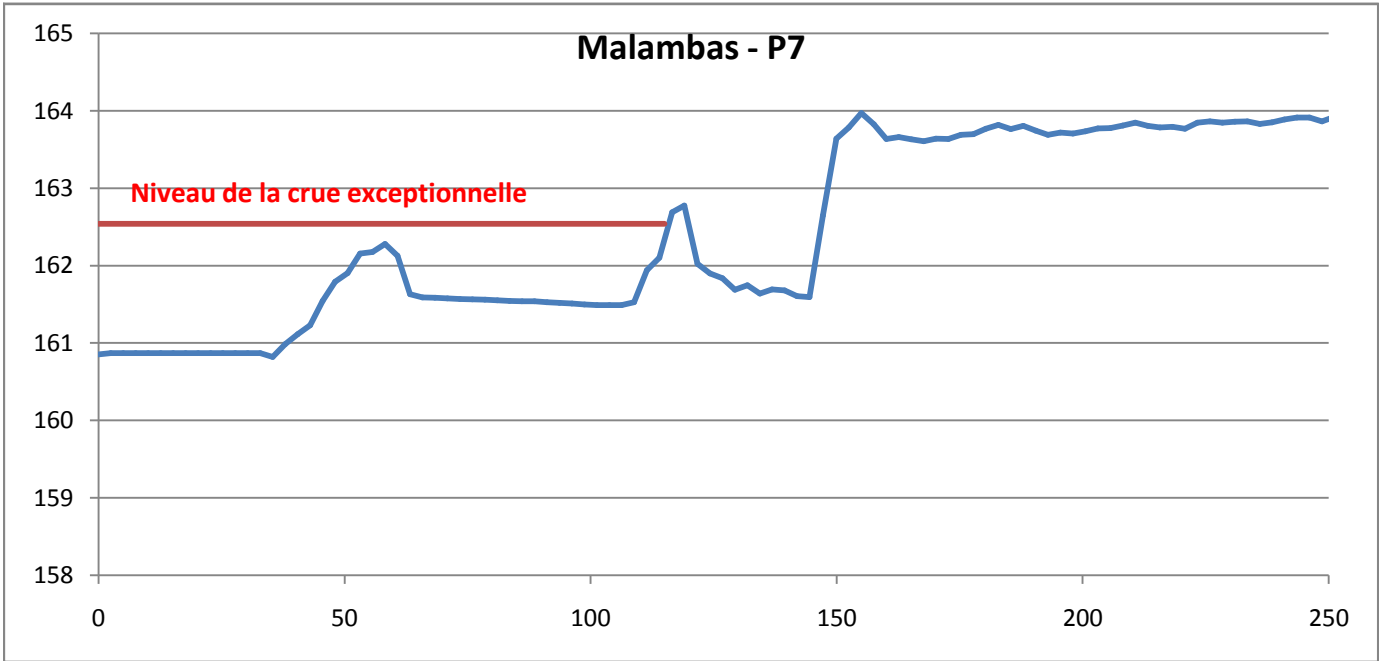


Plan de situation des profils en travers le long de la digue du Malambas à Hauconcourt

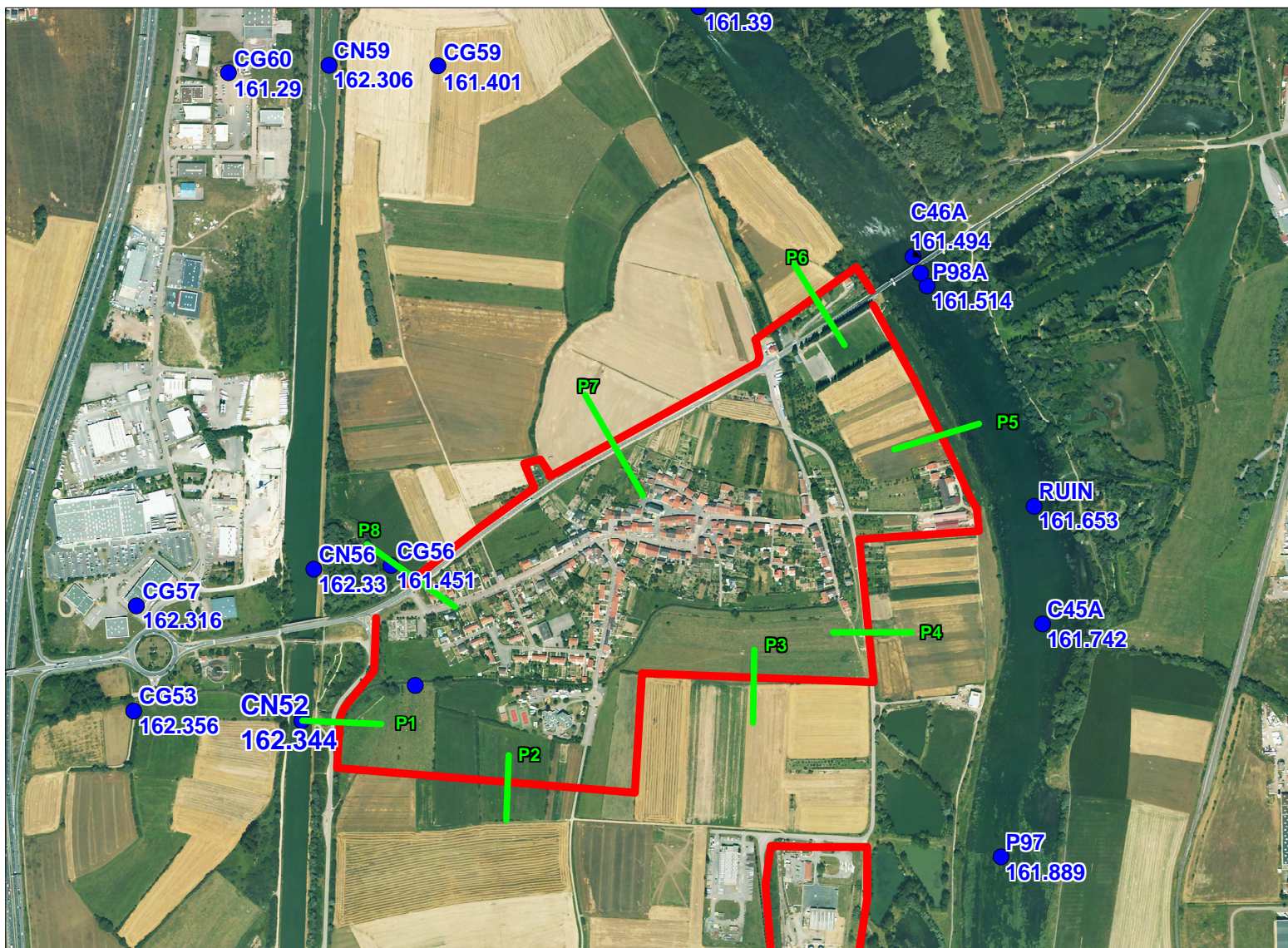


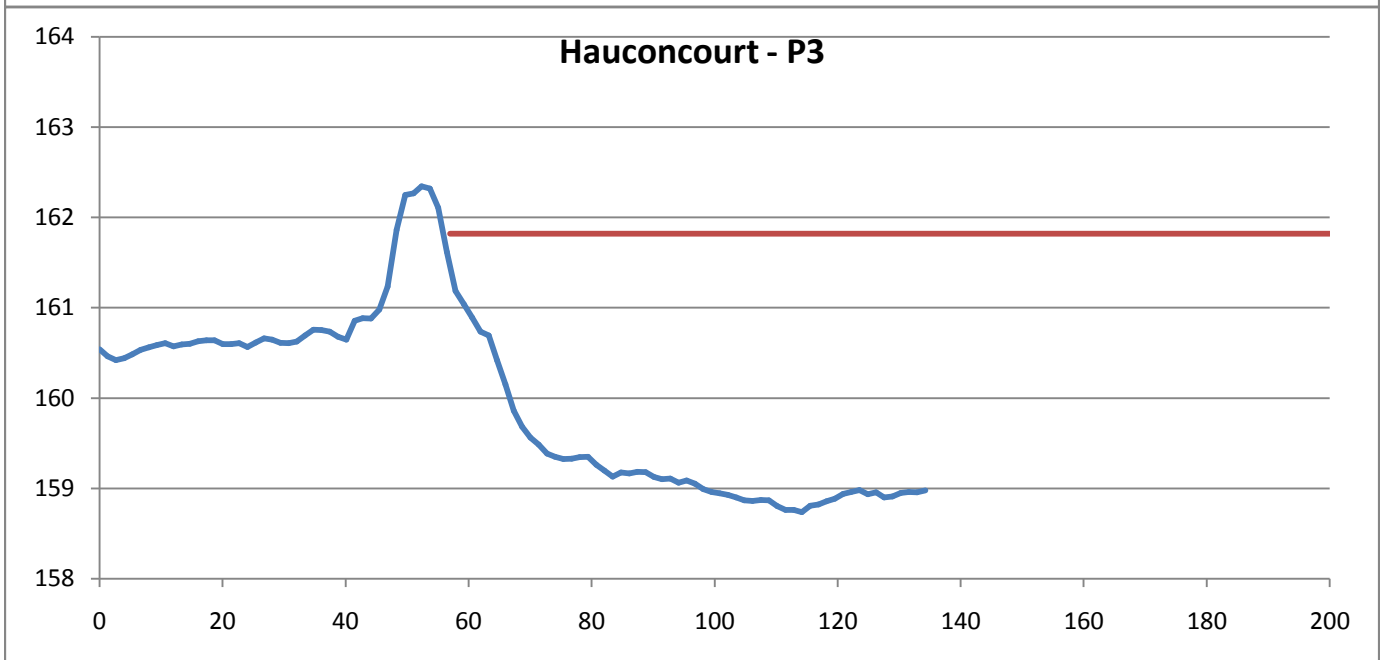
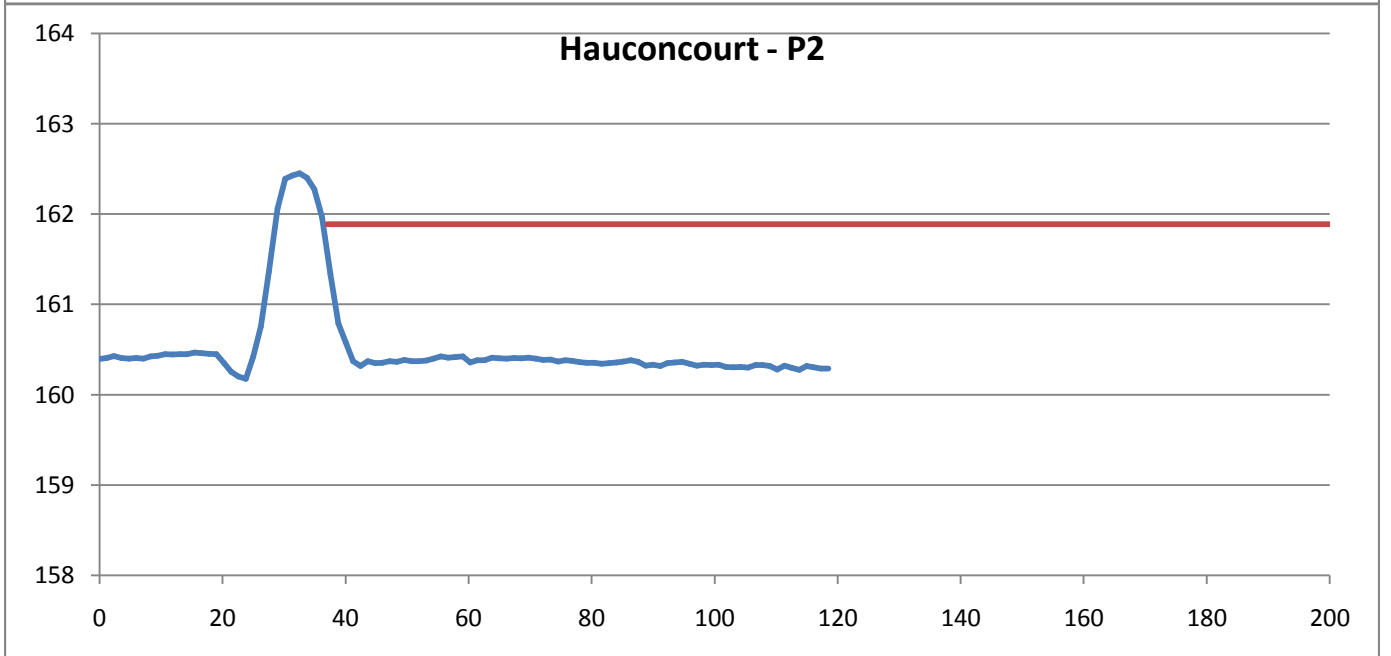
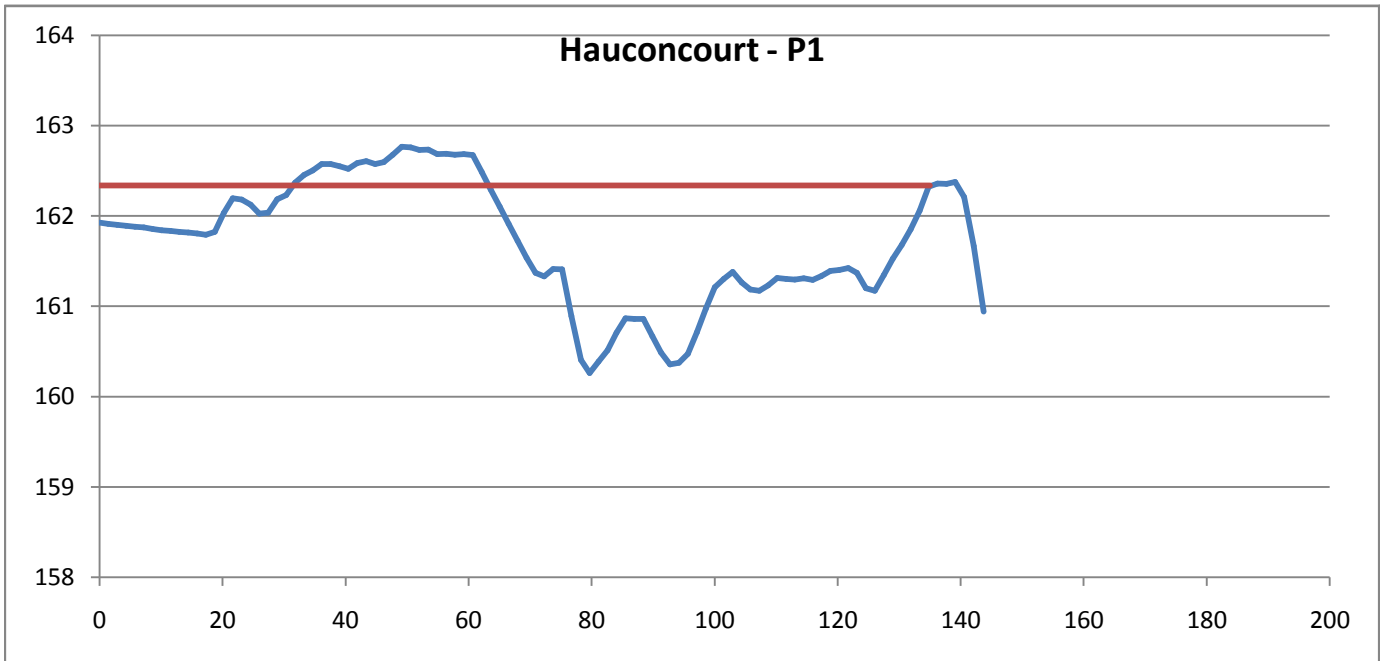


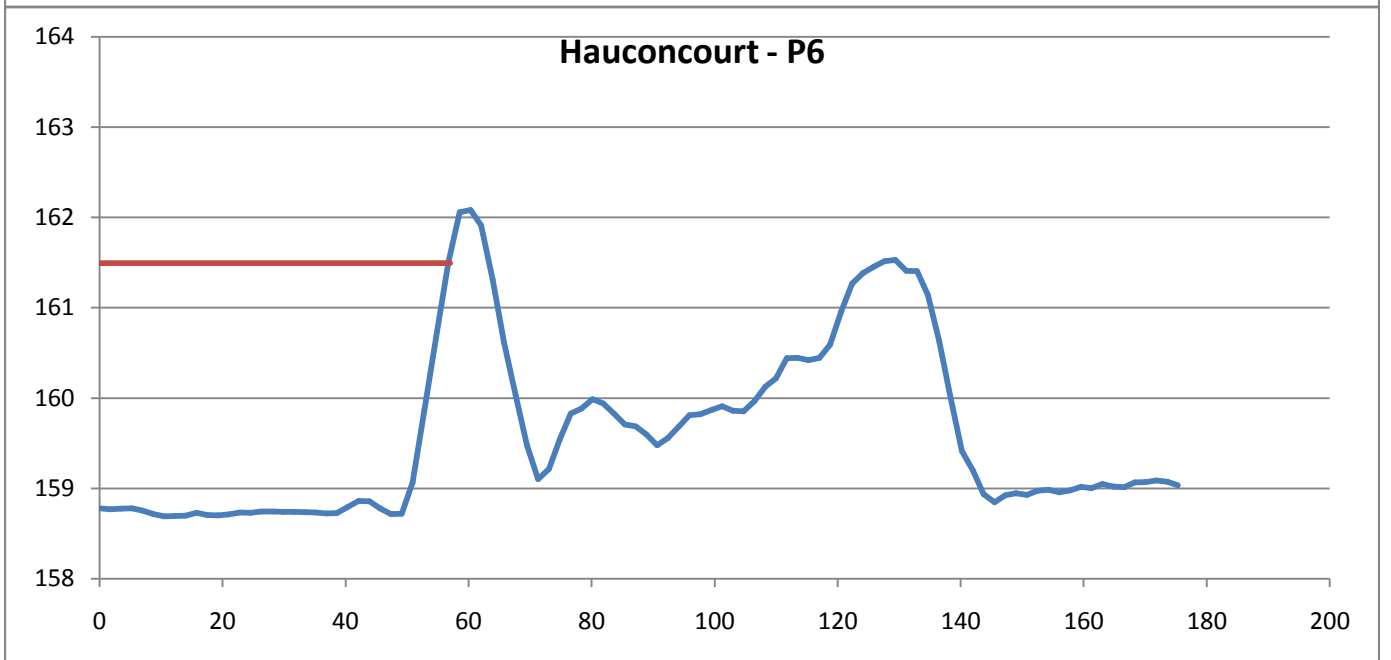
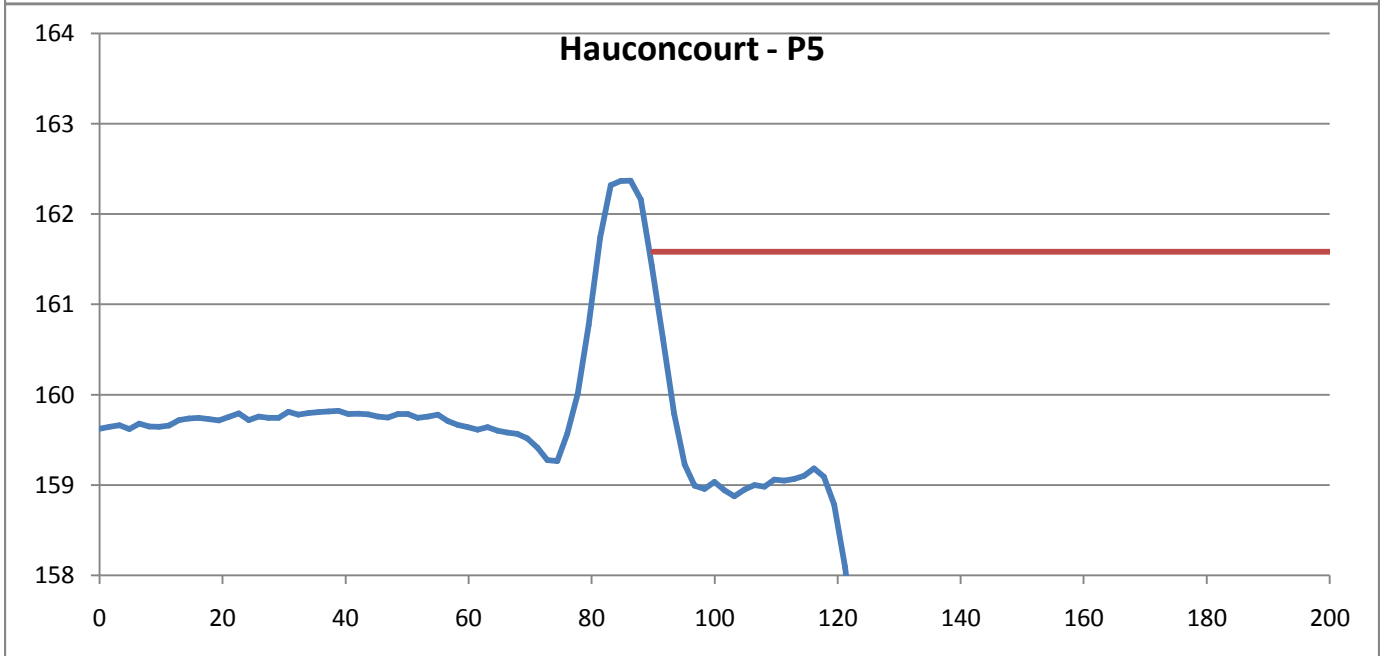
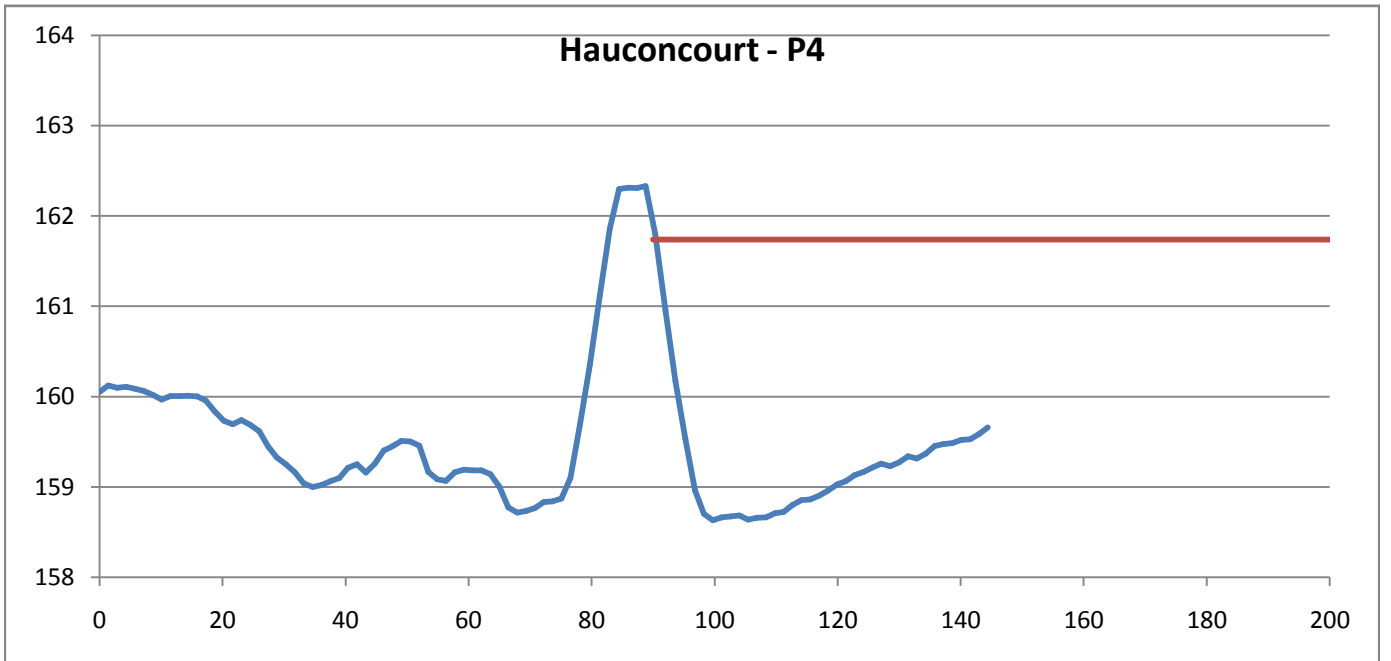


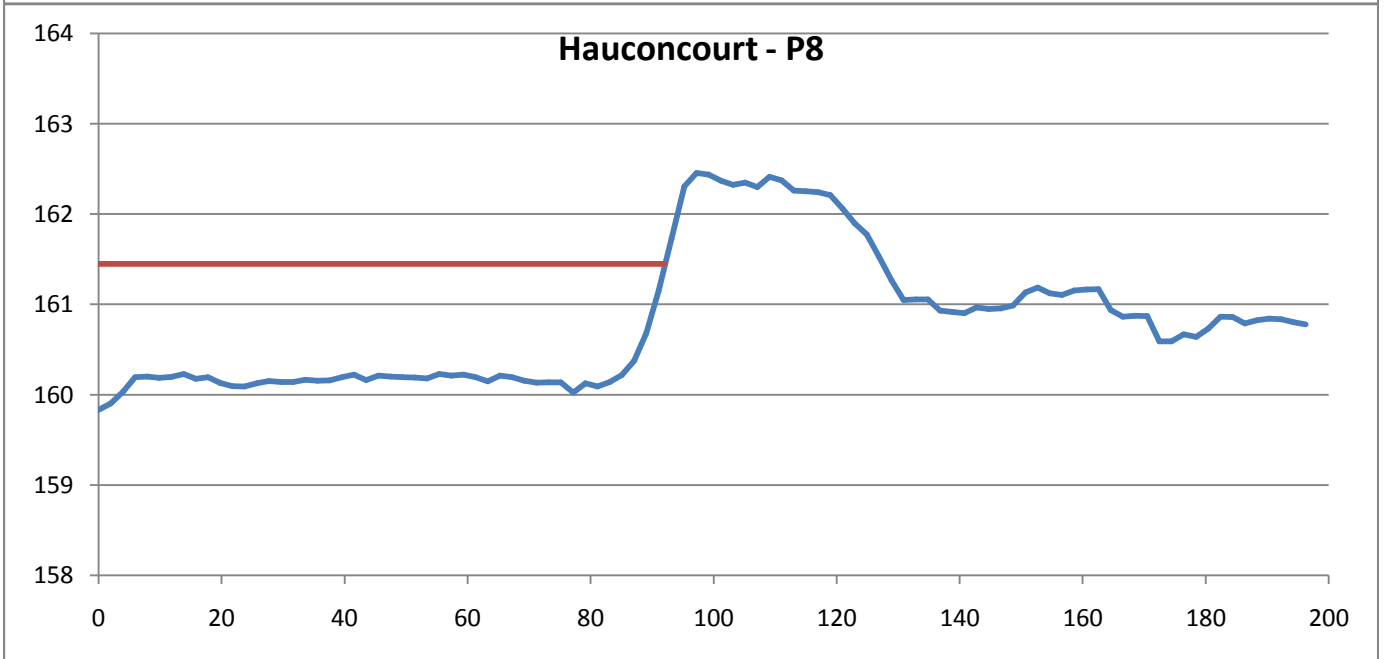
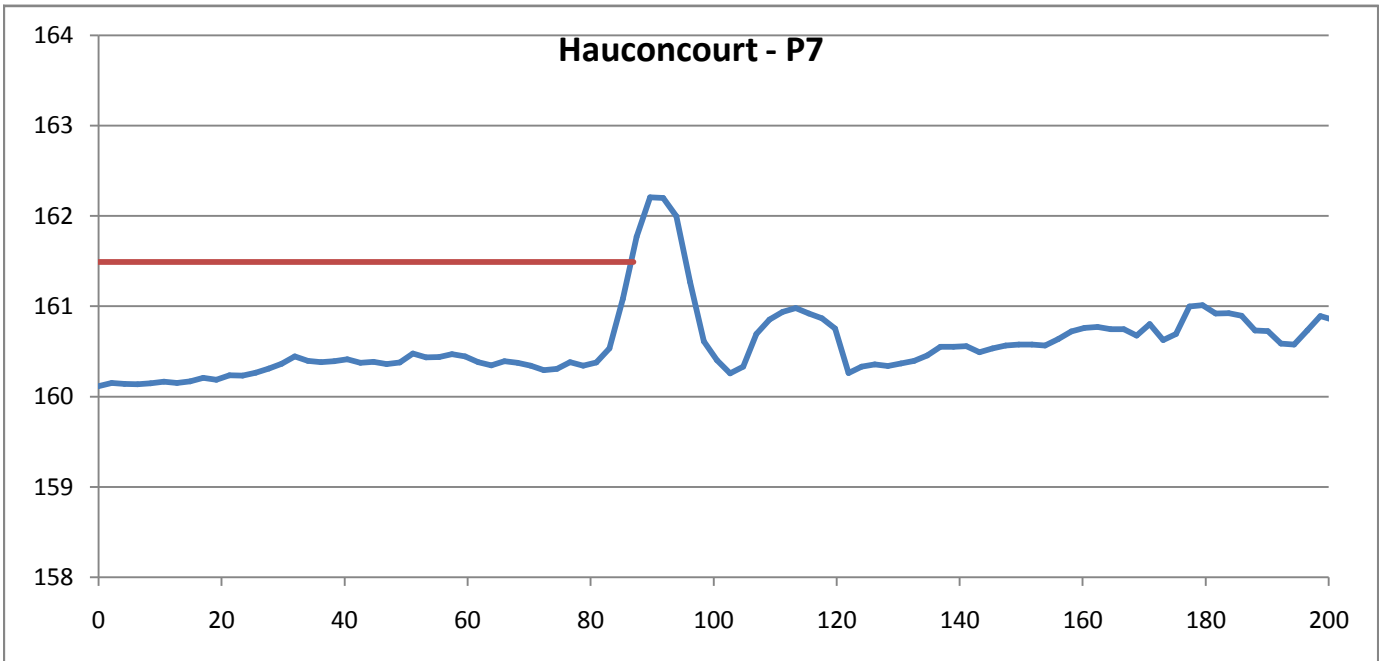


Plan de situation des profils en travers le long de la digue de Hauconcourt

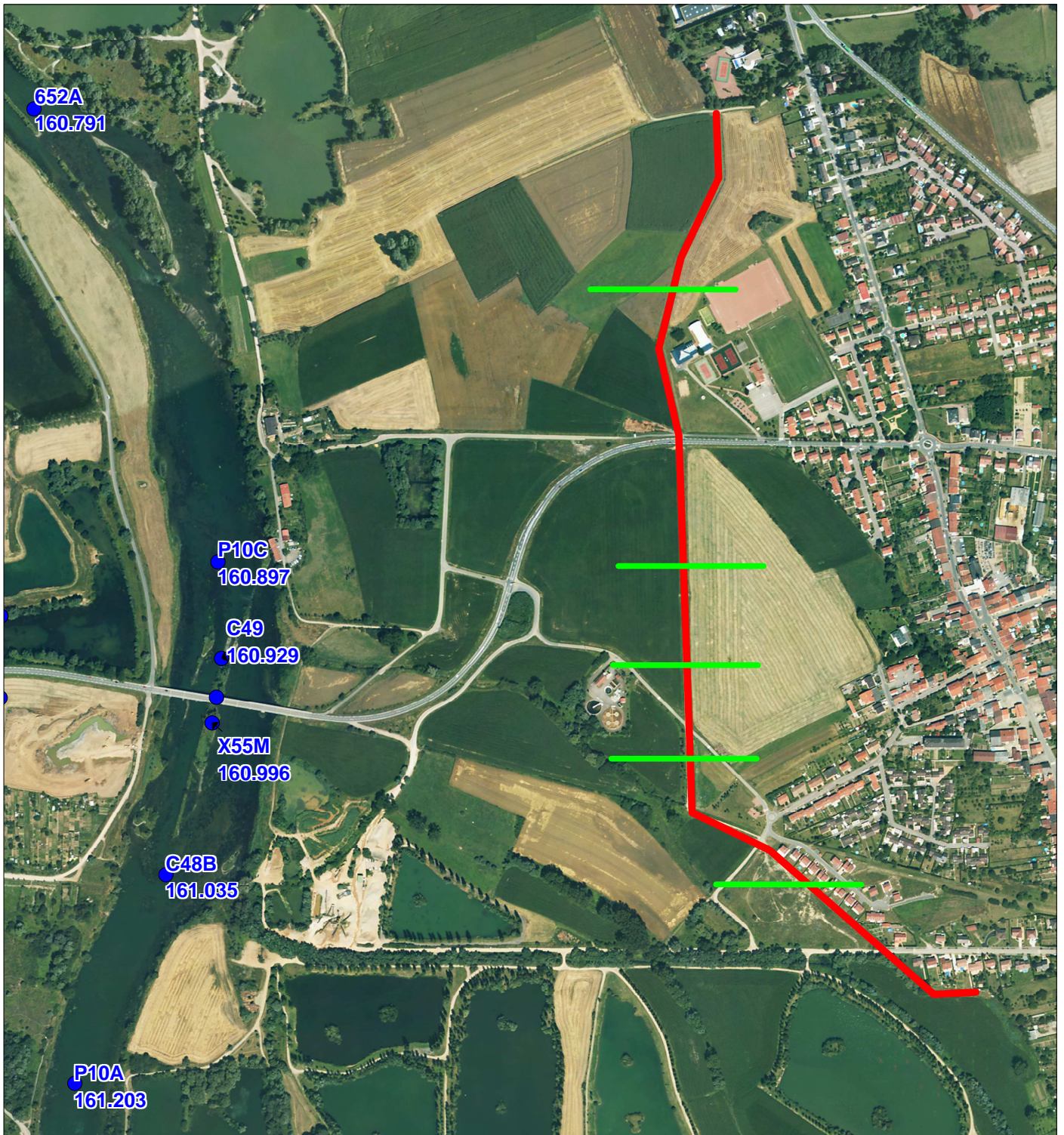


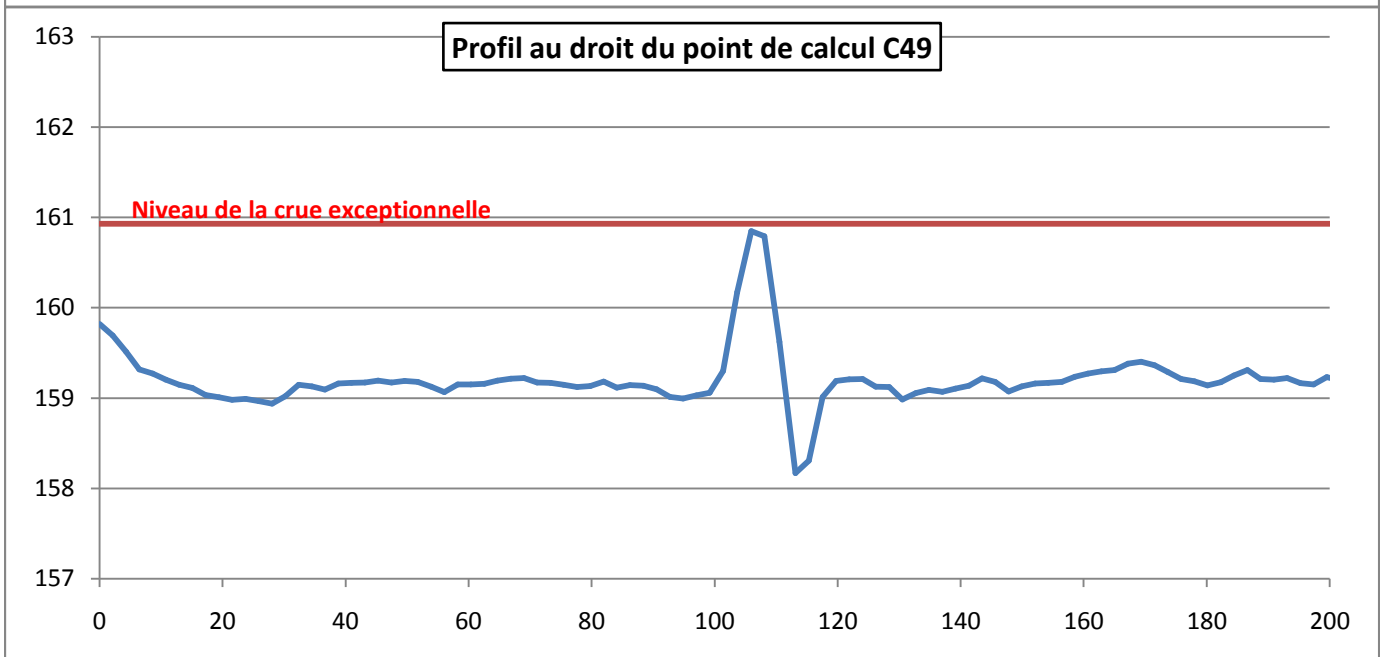
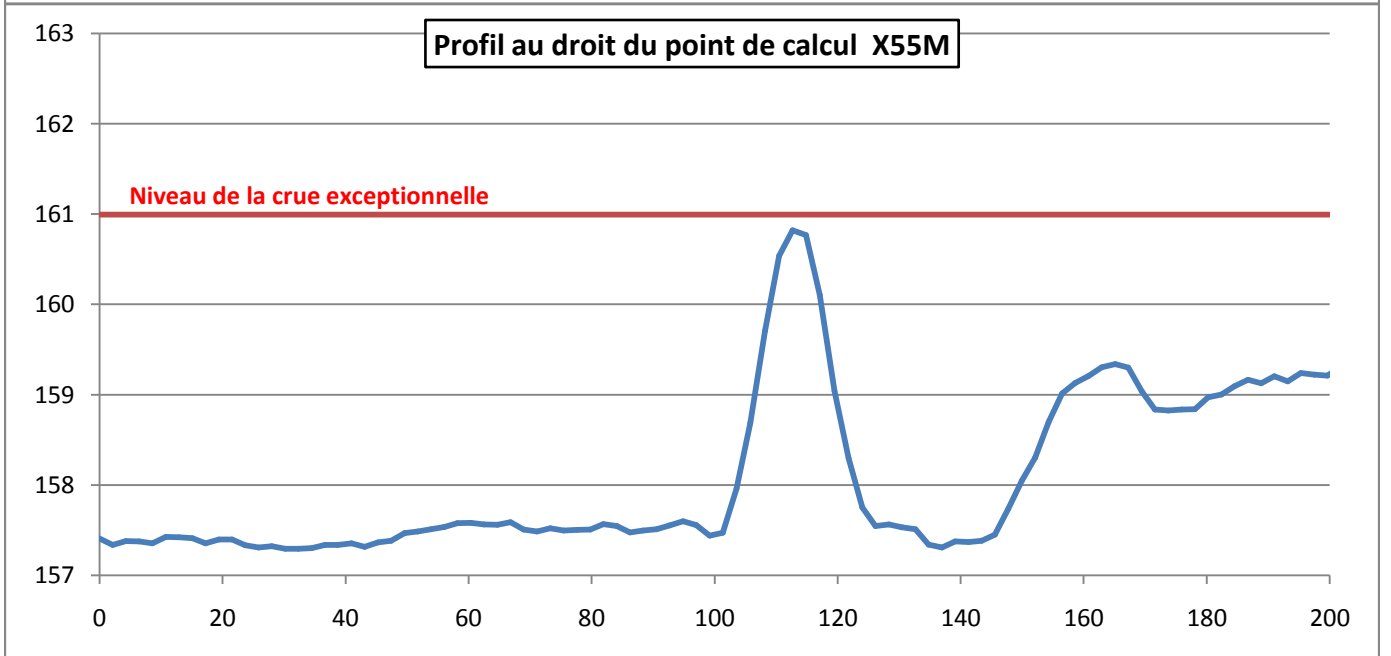
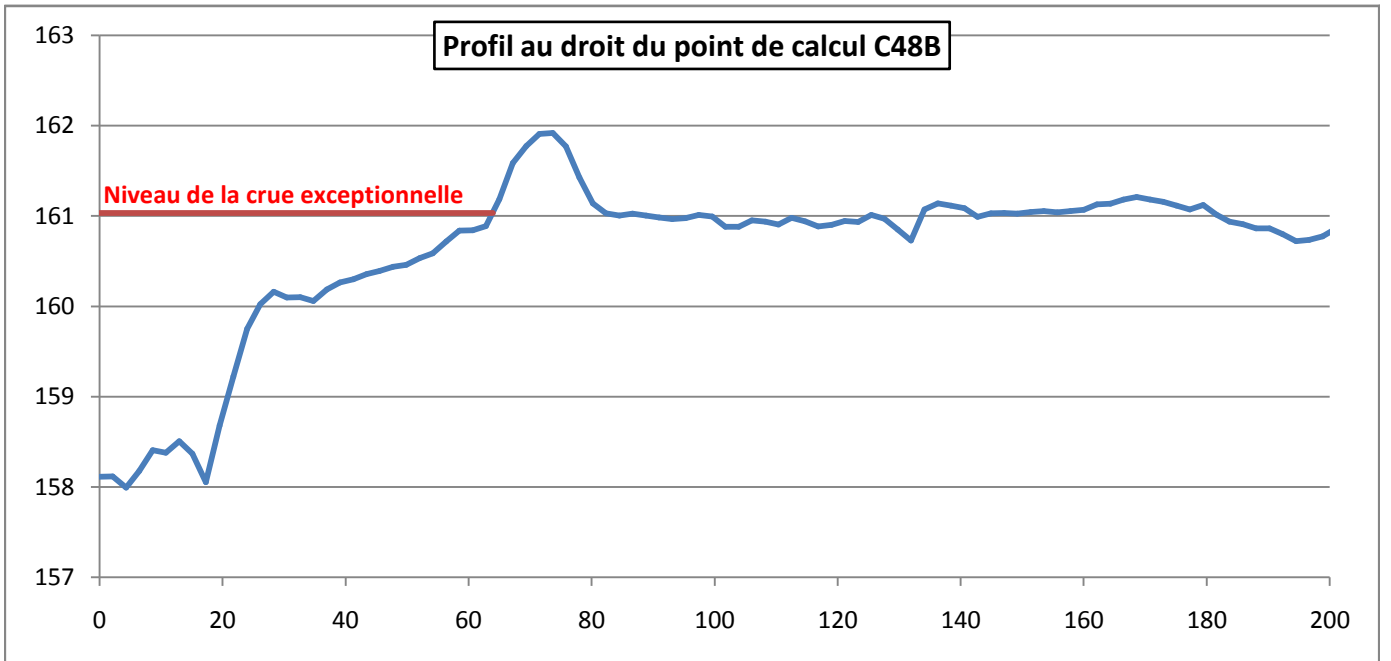


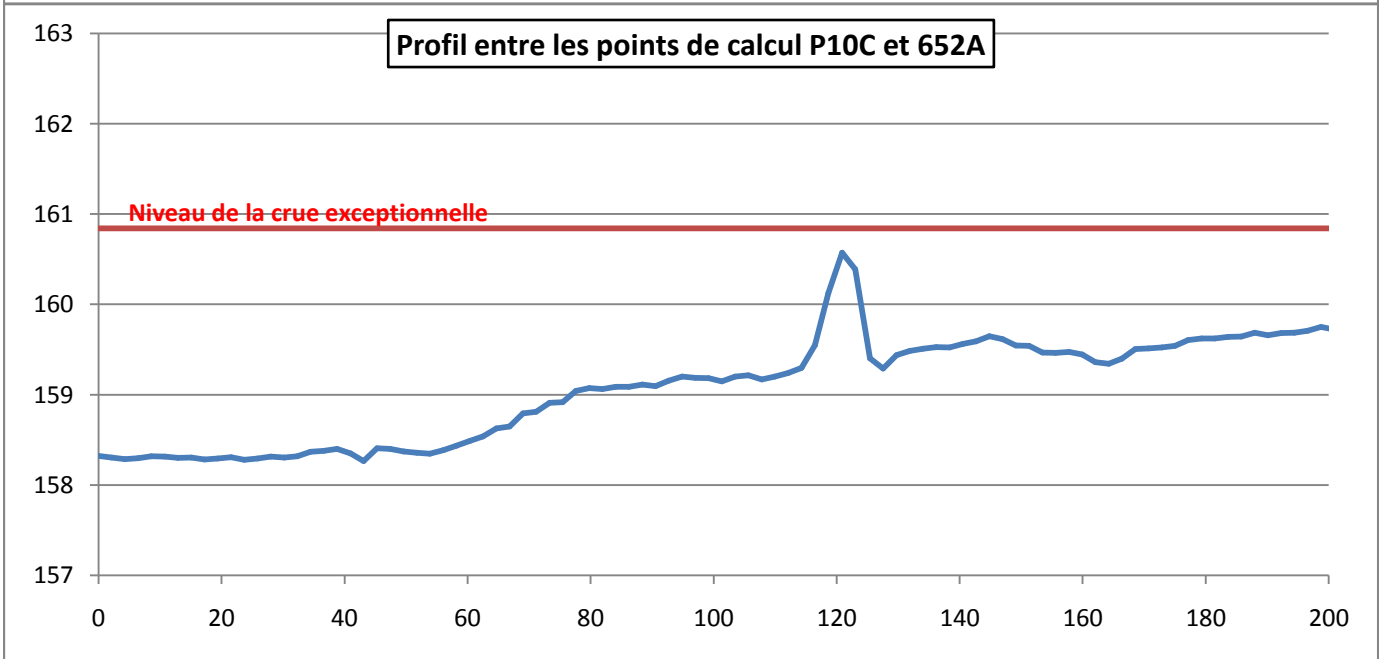
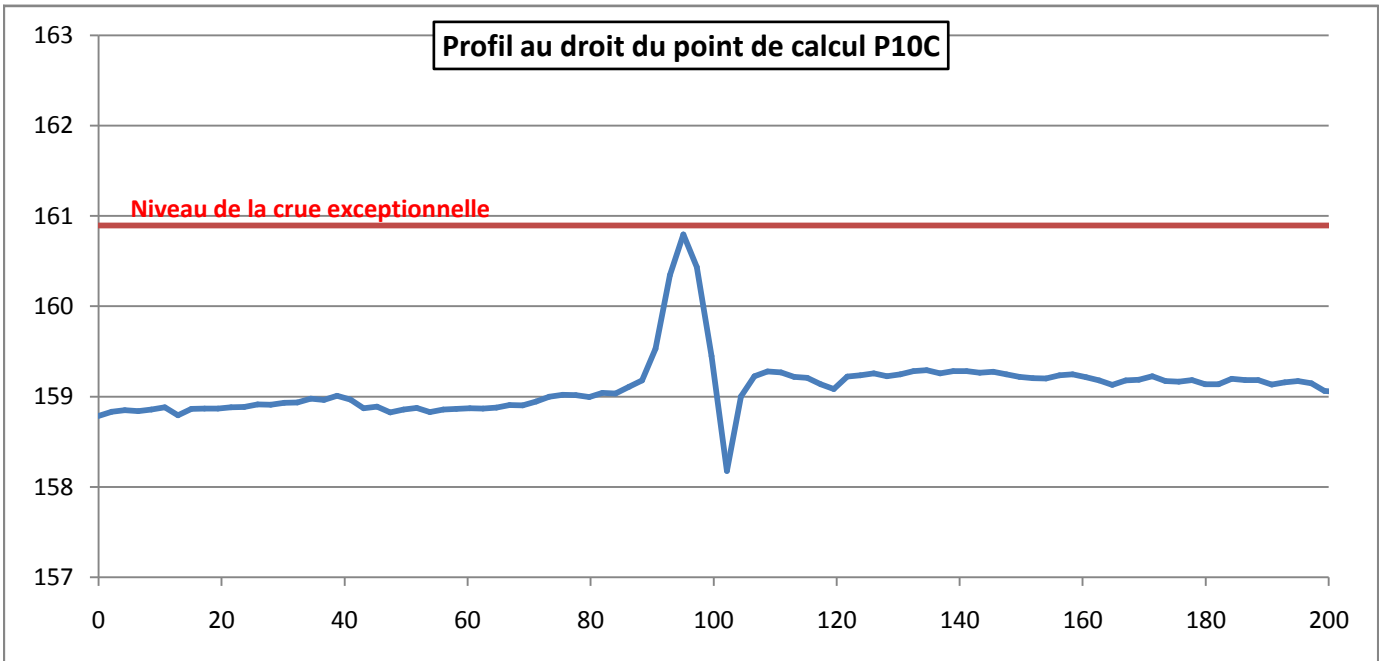




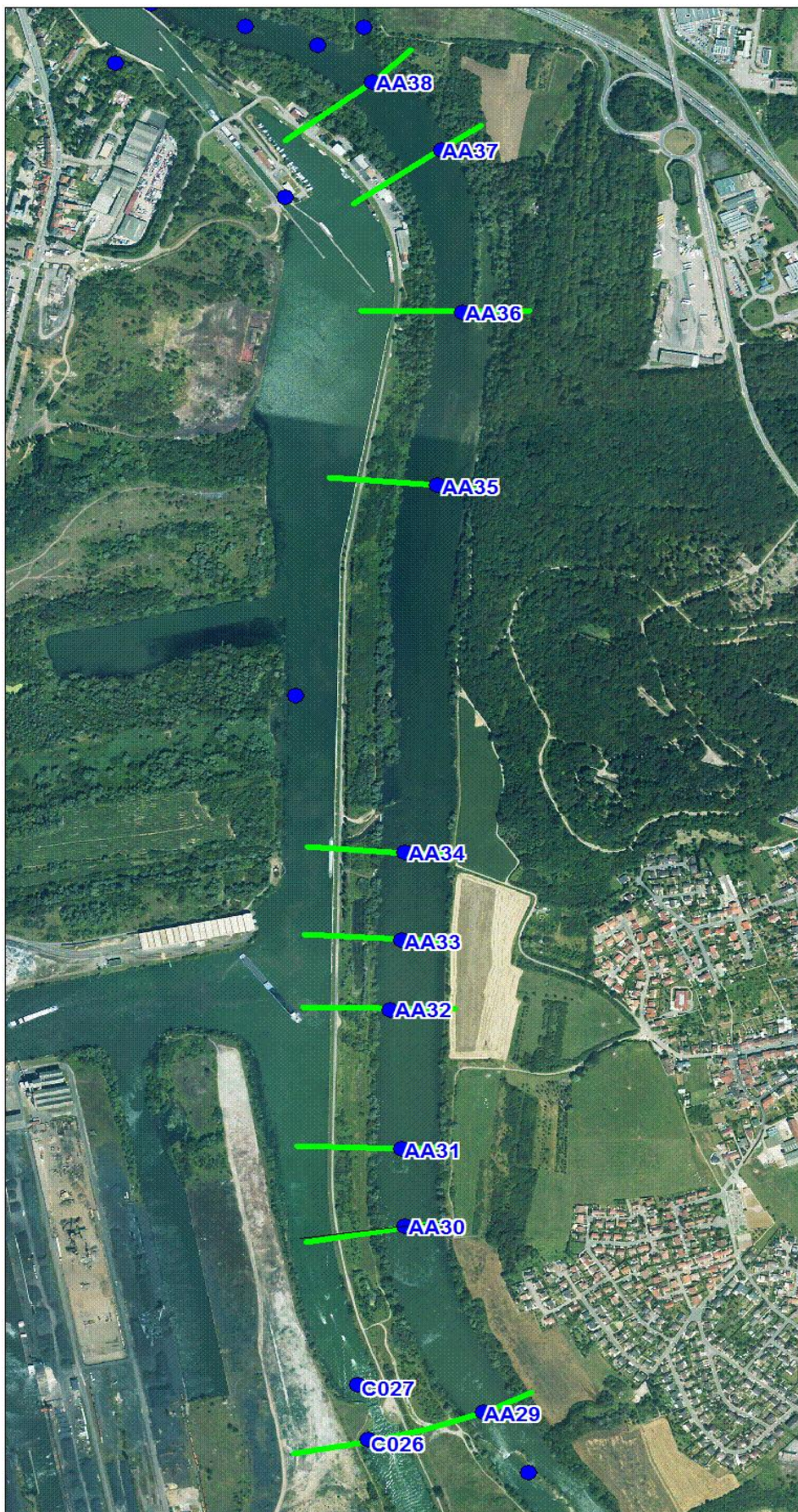
Plan de situation des profils en travers le long de la digue de Ay-sur-Moselle

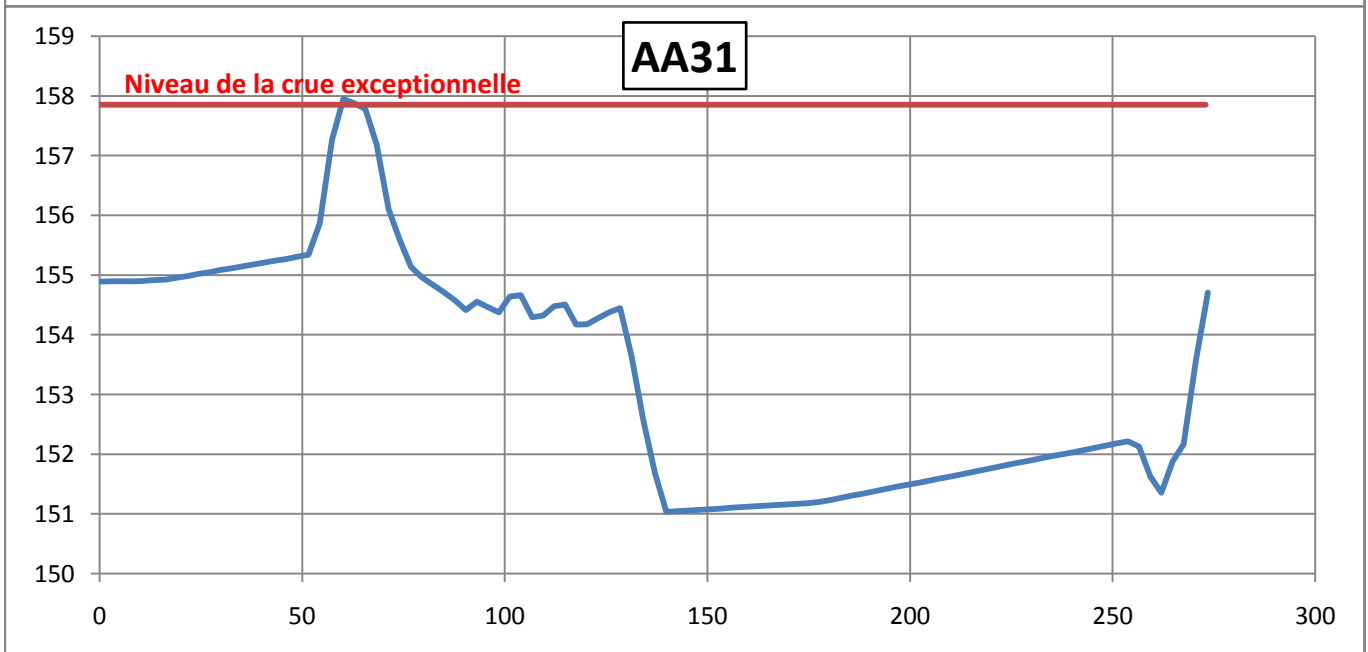
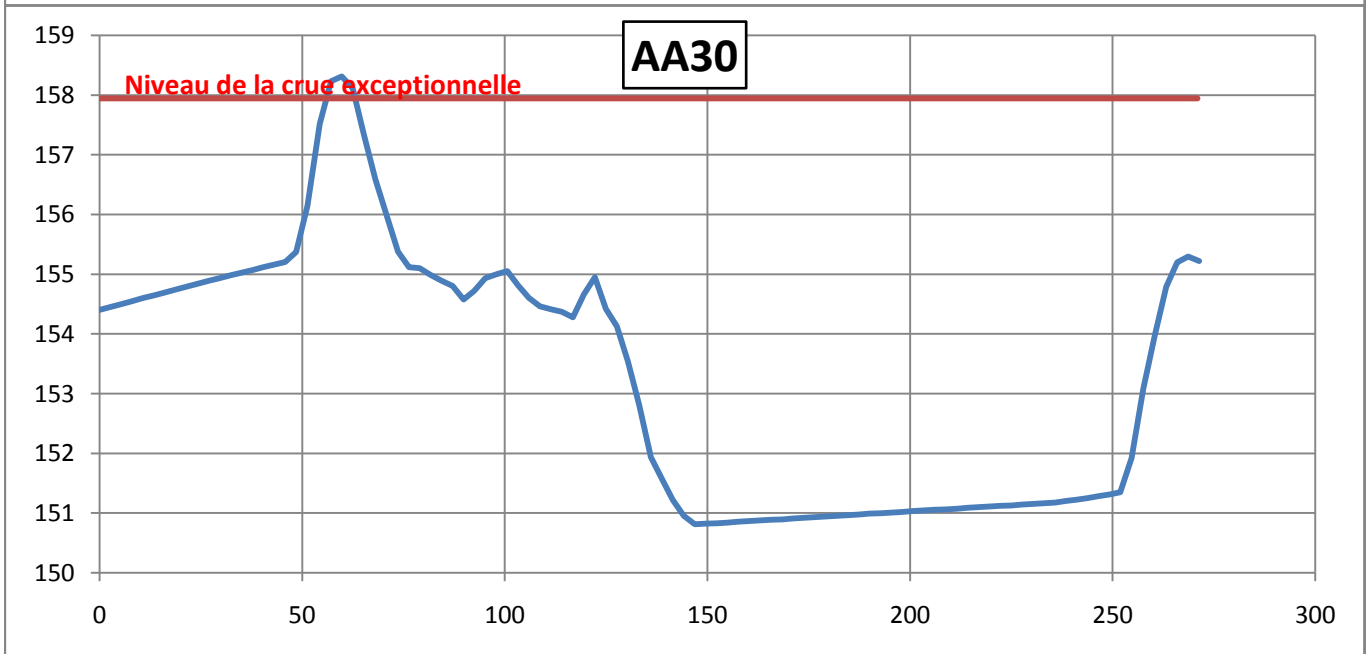
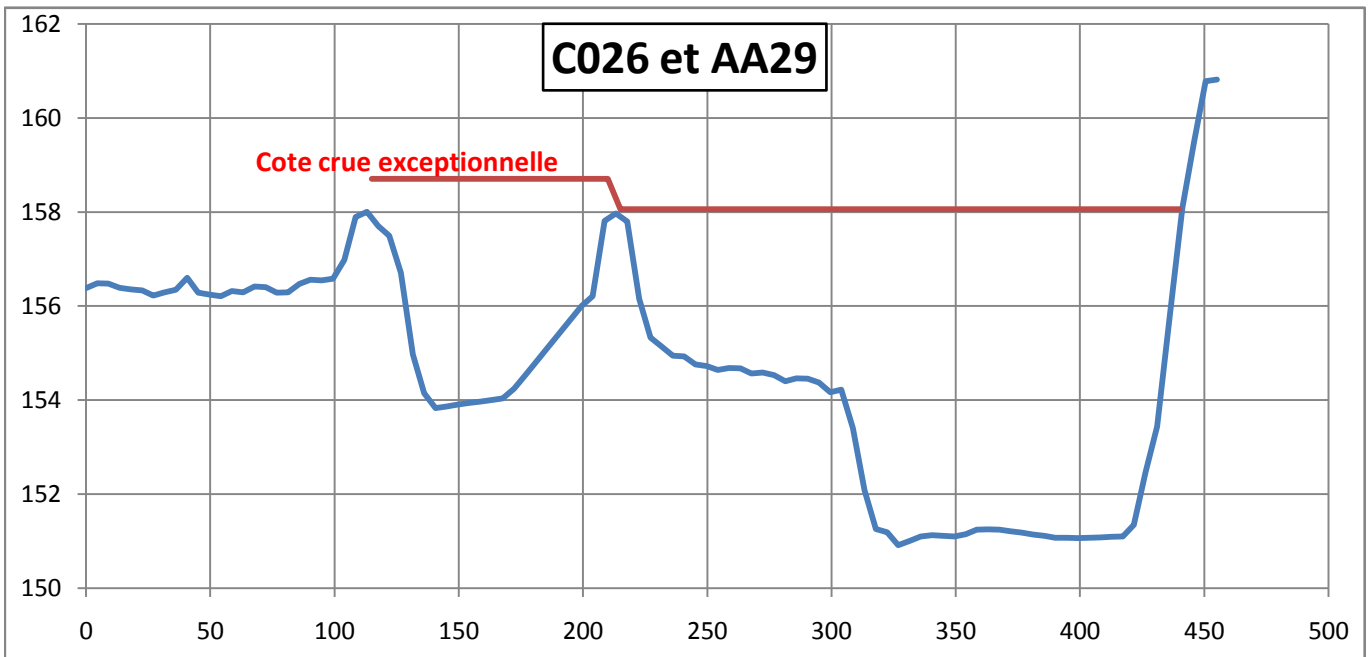


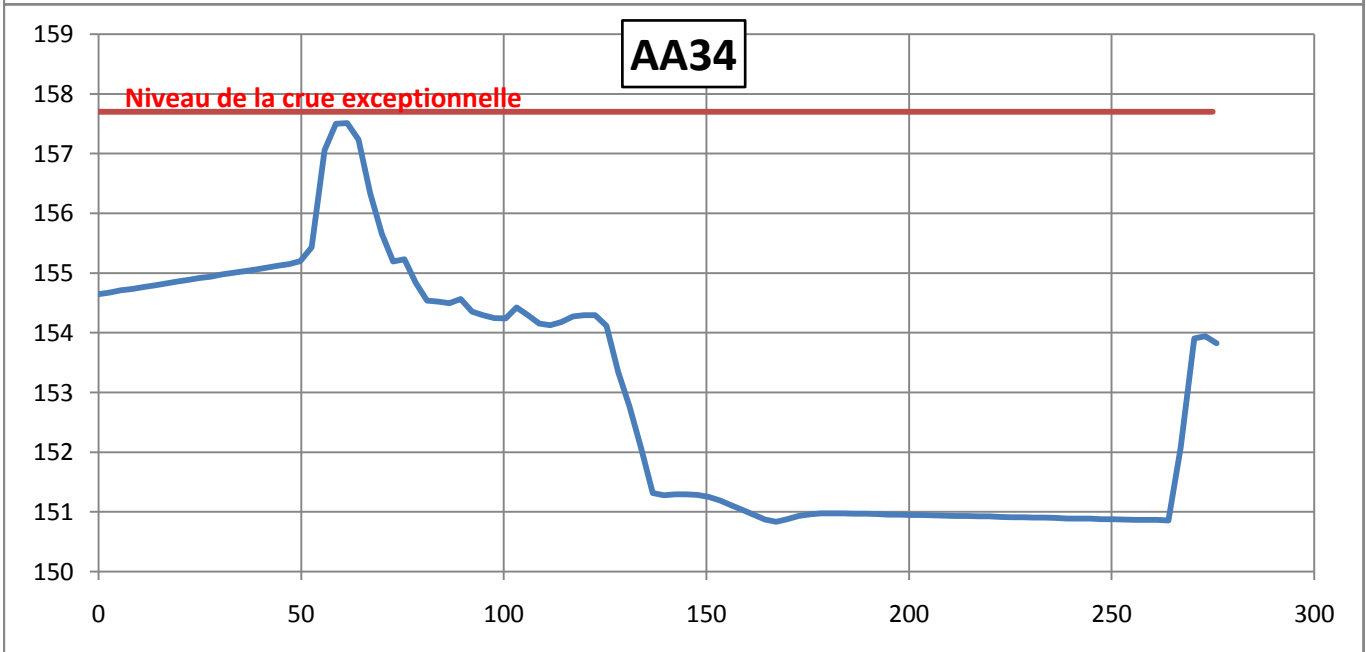
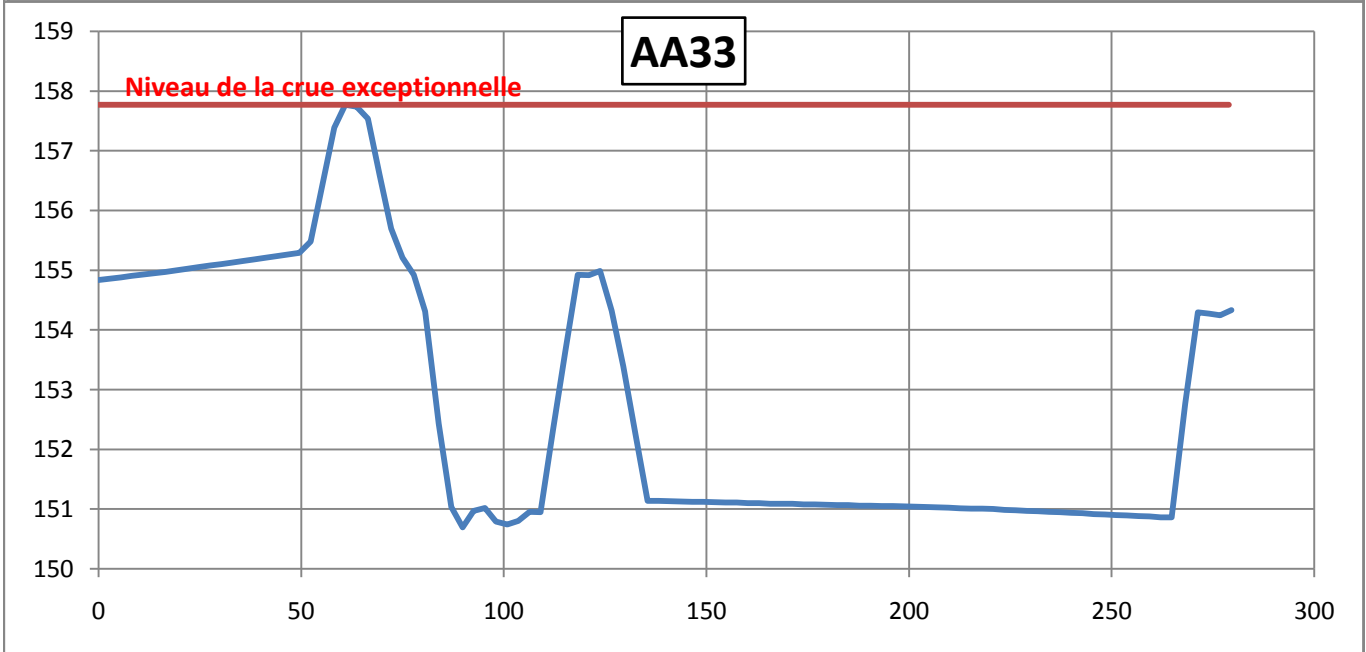
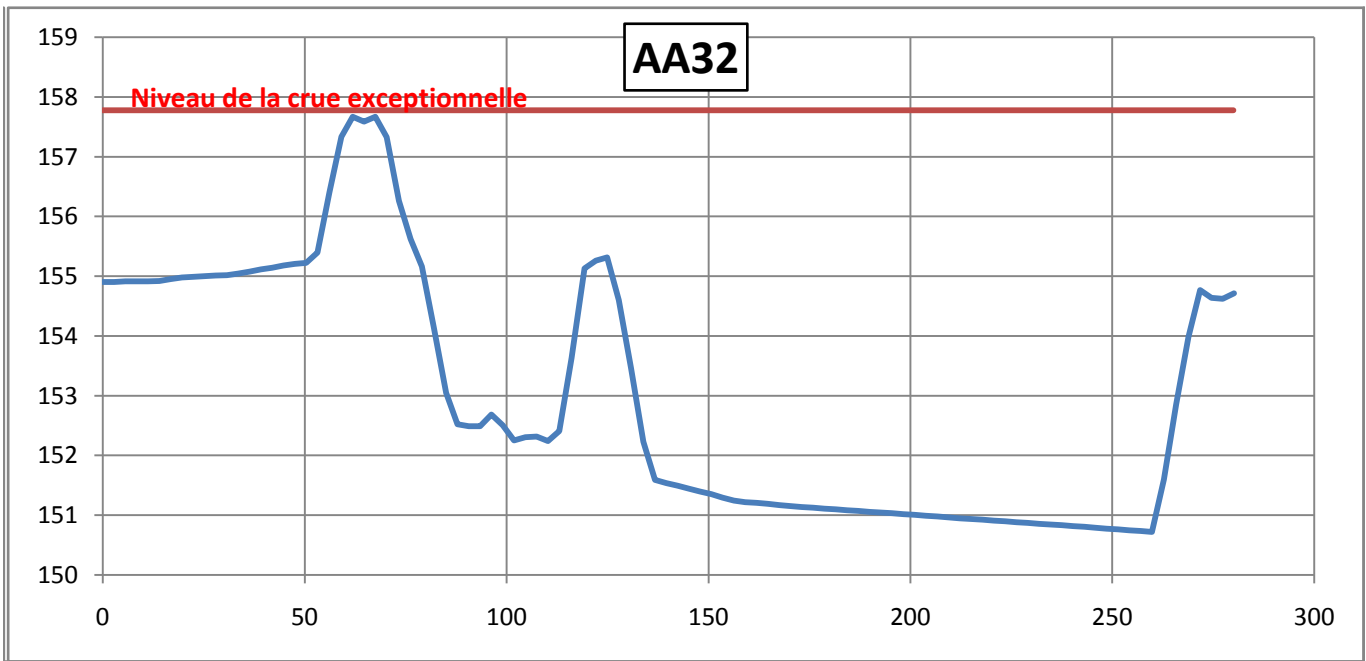


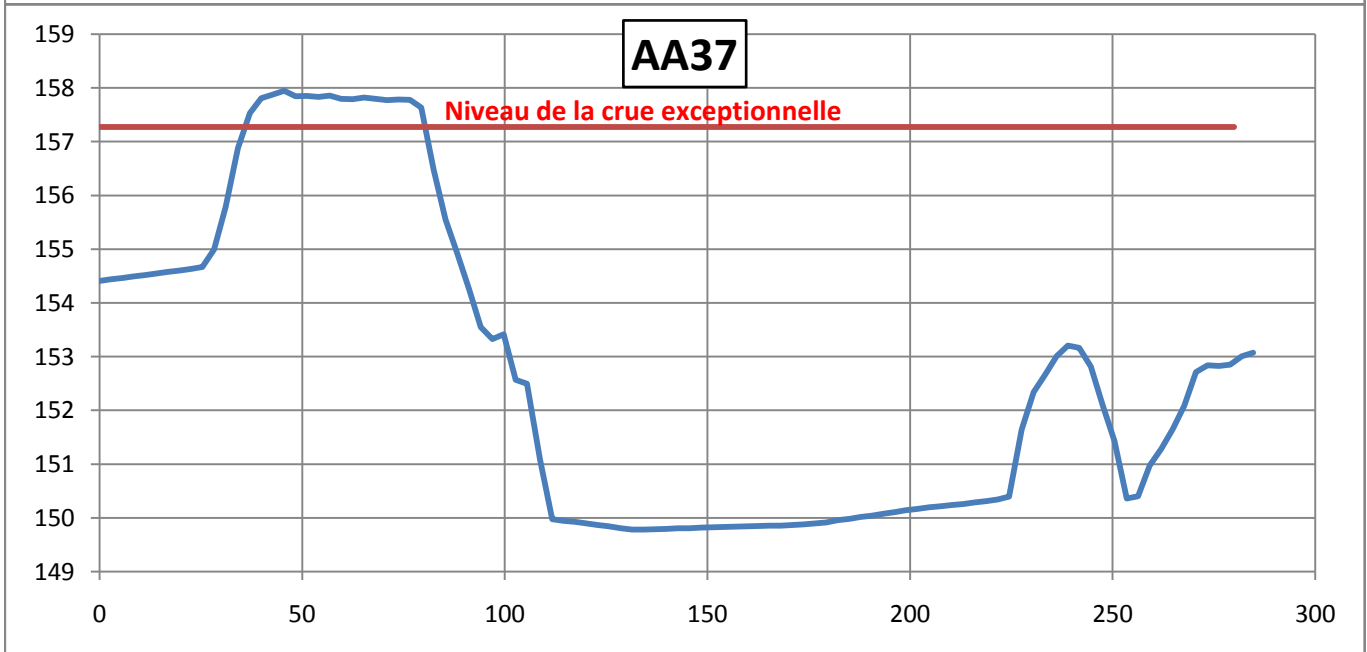
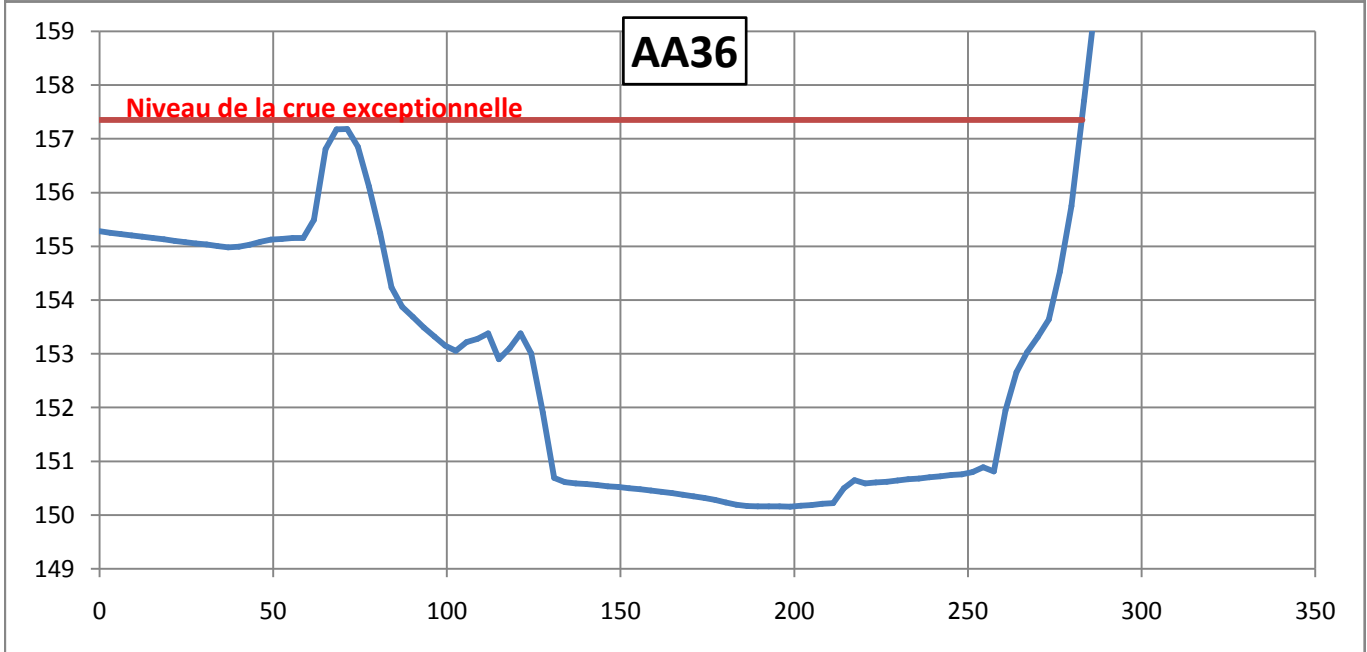
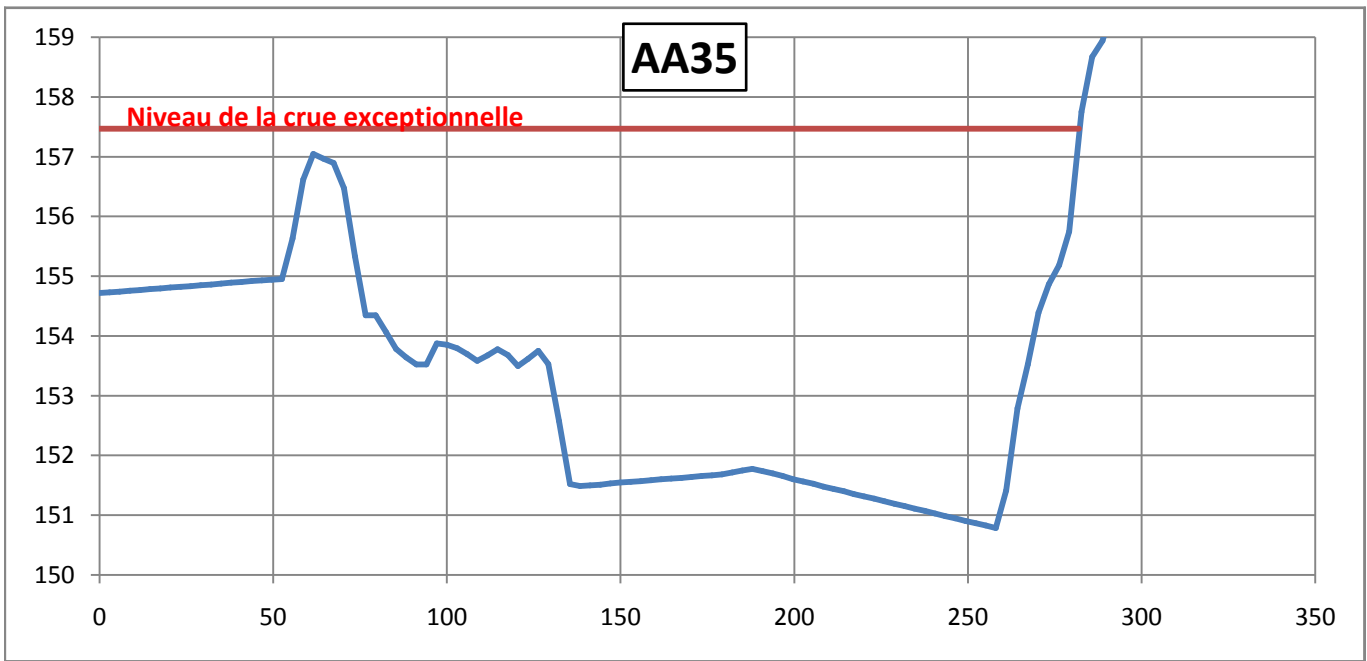


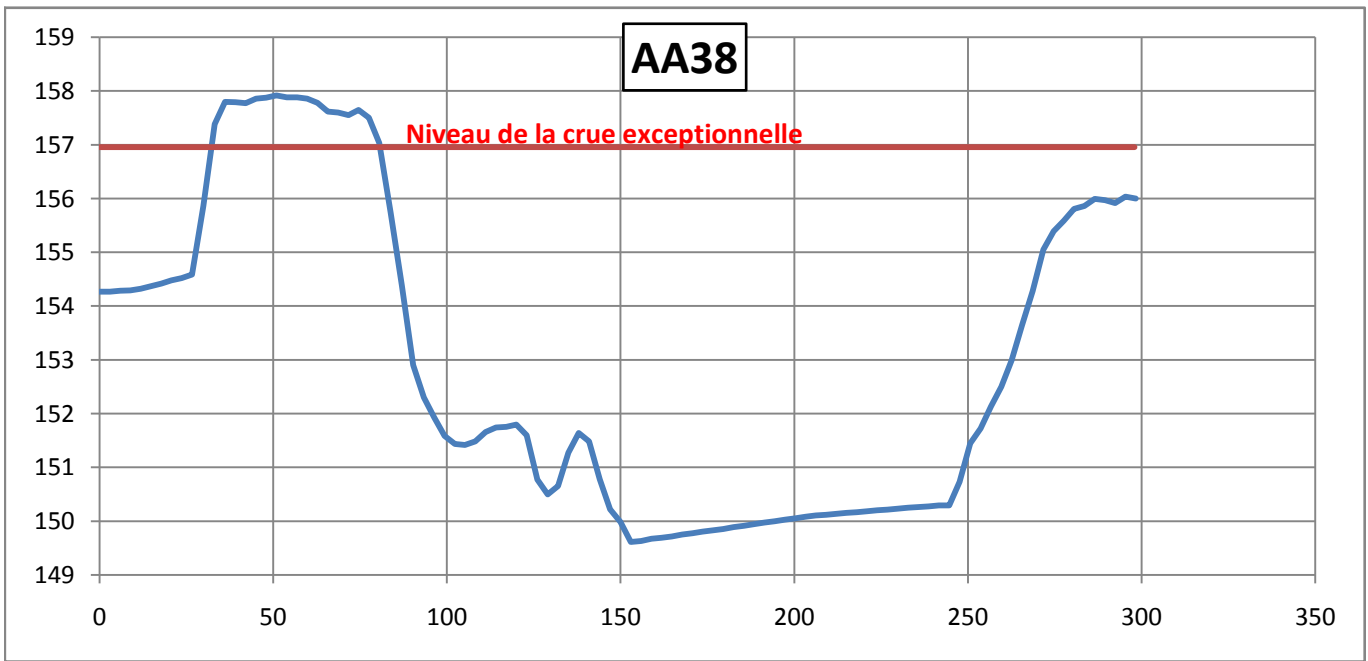
Plan de situation des profils en travers le long de la digue du port de Thionville







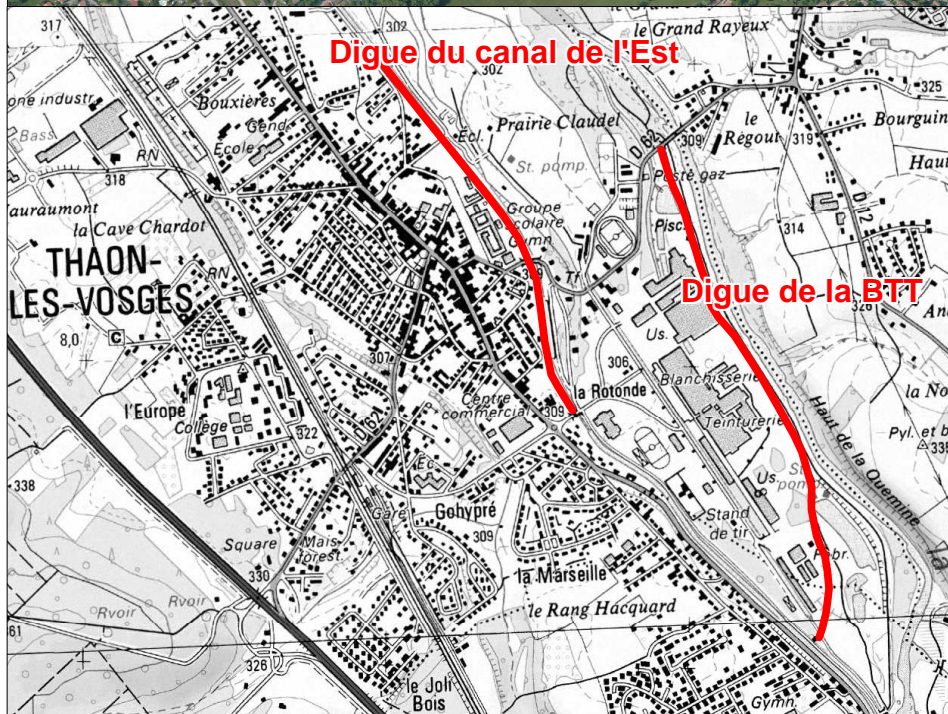
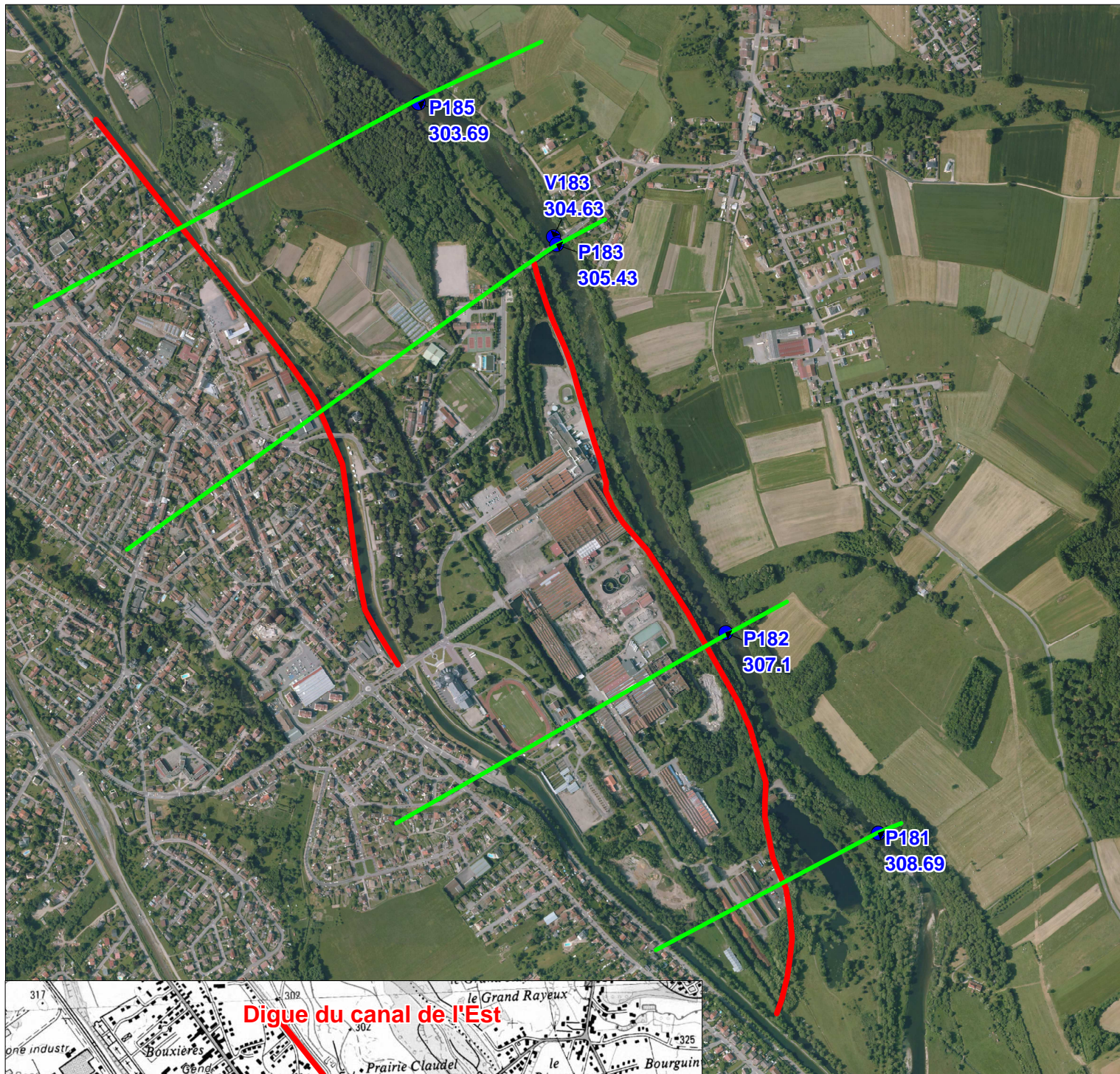


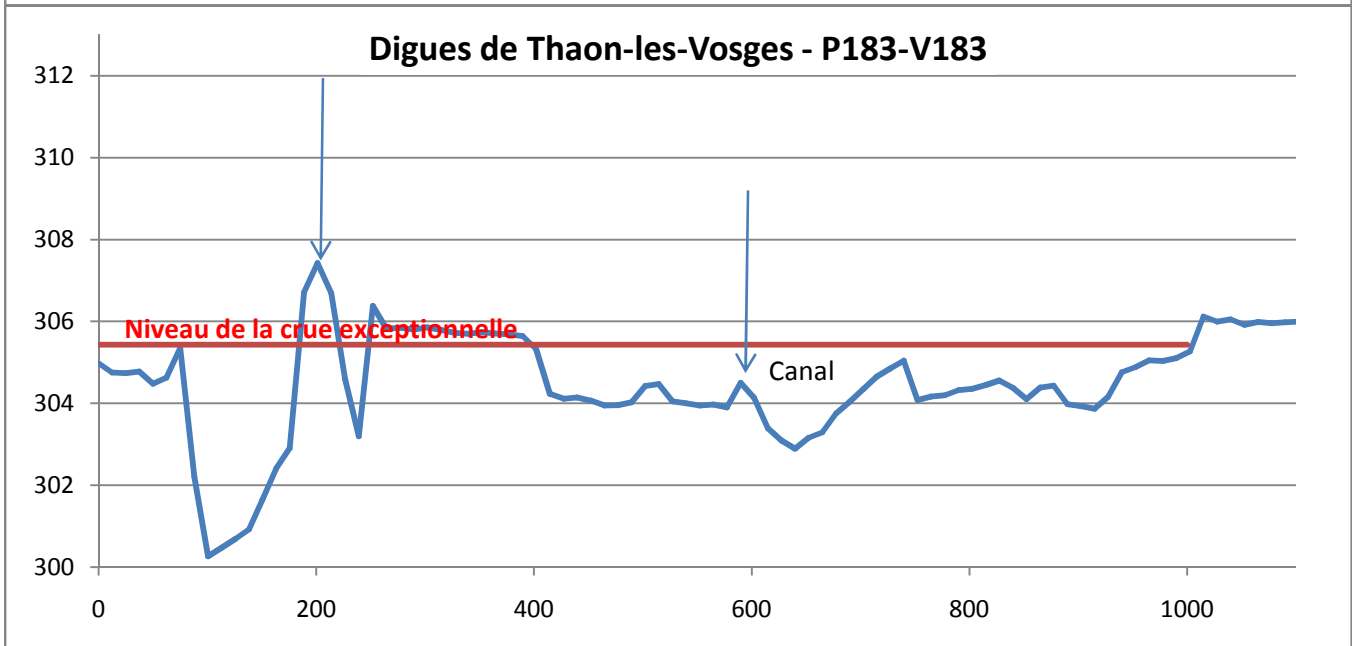
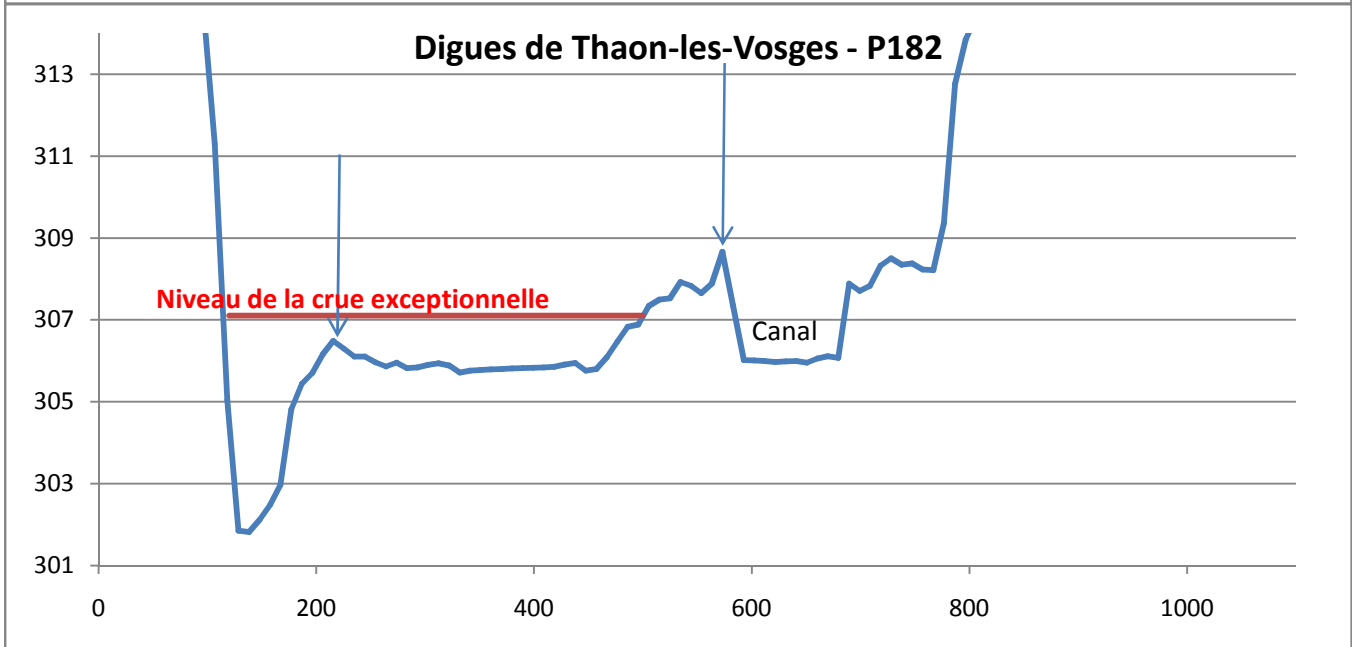
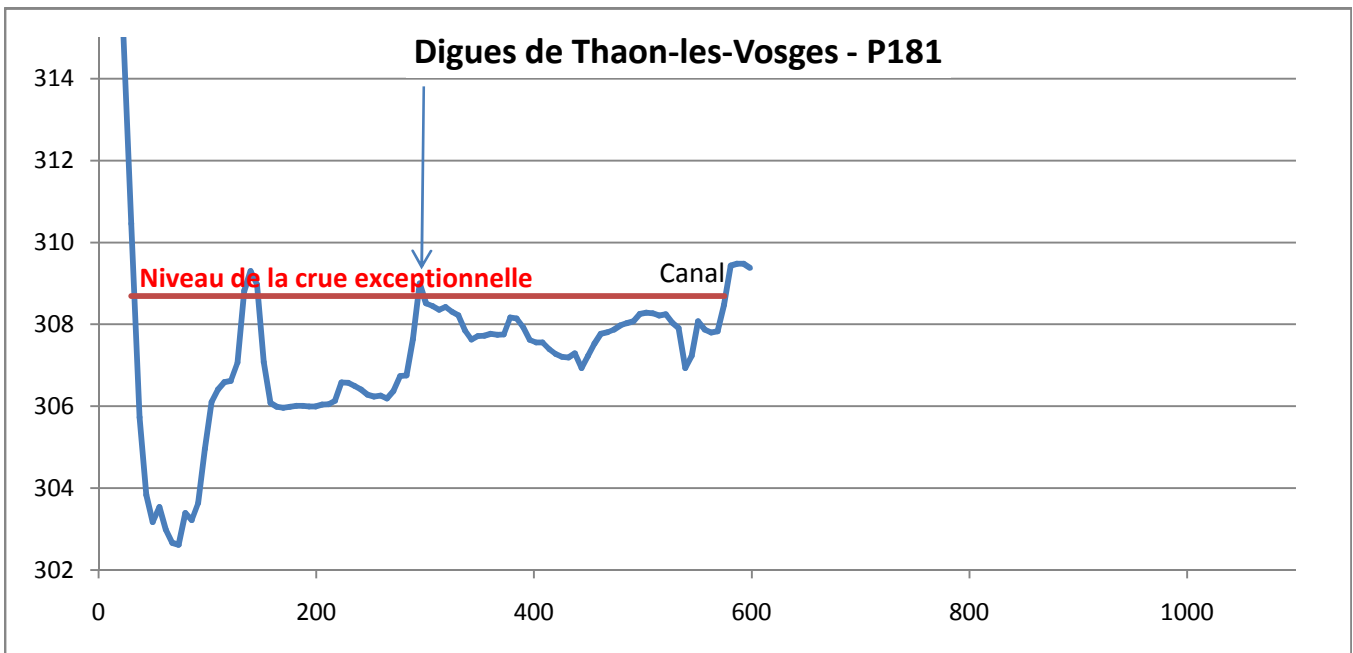


Plan de situation et profils en travers des digues pour la crue extrême

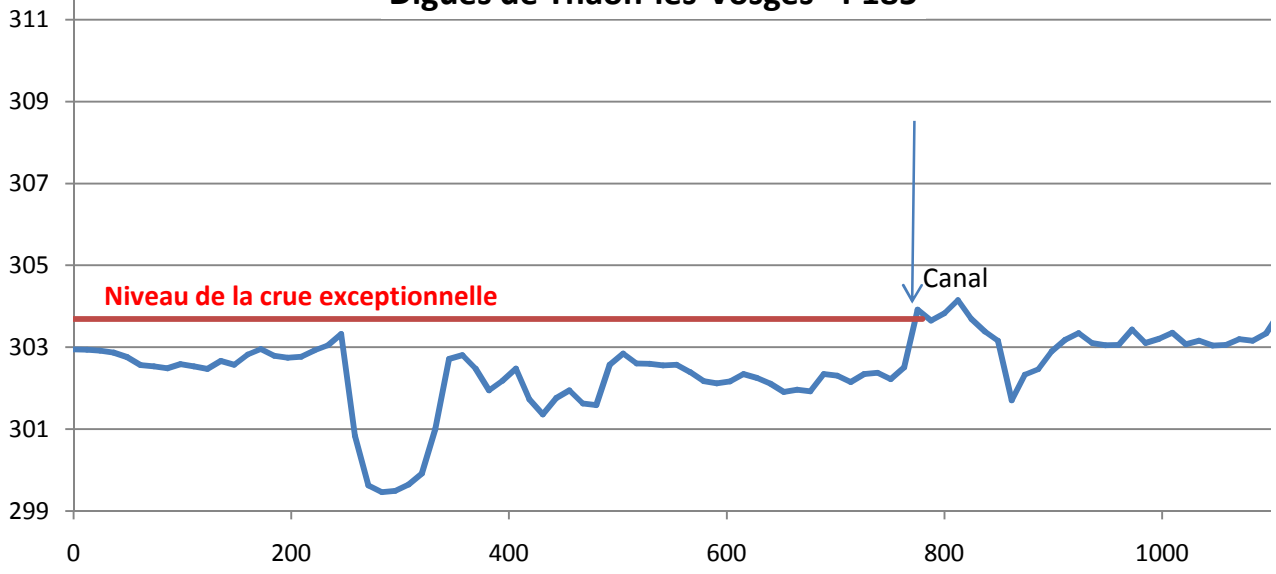
TRI EPINAL

Plan de situation des profils en travers le long des digues de la BTT et du canal de l'Est à Thaon-les-Vosges





Digues de Thaon-les-Vosges - P185



Annexe 2 : Méthodes d'estimation de la population et du nombre d'emplois en zone inondable

Description de la méthode d'estimation de la population

Données sources :

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

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

Population INSEE à la commune 2010

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

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

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

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

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

On utilise alors un recalage aux deux étapes suivantes.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Données sources :

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

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

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

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

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

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

Etape 1 : Extraction de la base SIRENE

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

Etape 2 : Géocodage de SIRENE Base de données

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

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

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

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

Sources d'erreurs et biais

Les erreurs possibles sont :

Erreurs liées au fichier SIRENE :

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

Erreurs liées au géocodage :

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

Concernant la méthode :

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

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

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