



Liberté • Égalité • Fraternité

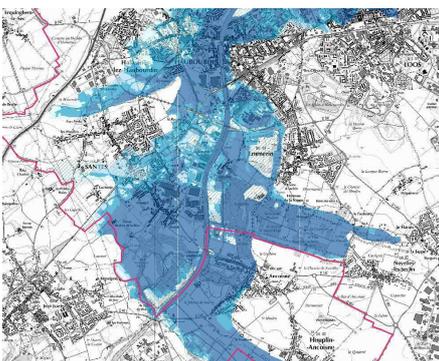
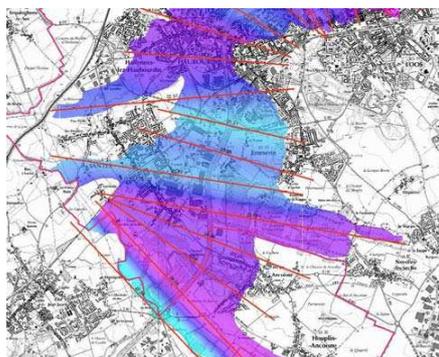
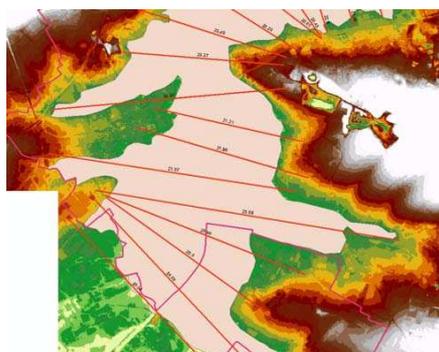
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Direction régionale  
de l'Environnement,  
de l'Aménagement  
et du Logement

NORD-PAS-DE-CALAIS

● Aout 2013  
● 13DHF012  
● Version n°2



# Élaboration de carte des surfaces inondables TRI de Lille et Lens

Phase 3 : Cartographie des zones inondables à partir du croisement hydromorphologie et topogrtaphie sur les TRI de Lille et de Lens

  
**SAFEGE**  
*Ingénieurs Conseils*

SAFEGE - Unité Hydraulique Fluviale  
SIÈGE SOCIAL  
PARC DE L'ILE - 15/27 RUE DU PORT  
92022 NANTERRE CEDEX



# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>1 Preamble.....</b>	<b>3</b>
1.1 Contexte et objectif de l'étude.....	3
1.2 Déroulement de l'étude.....	3
1.3 Cadrage de la phase 3 .....	4
<b>2 Méthodologie .....</b>	<b>5</b>
2.1 Données utilisées .....	5
2.2 Cartographie des hauteurs d'eau.....	10
2.2.1 Création du MNLE.....	10
2.2.2 Calcul des hauteurs d'eau .....	11
2.2.3 Incertitudes de la méthode utilisée .....	13
2.2.3.1 Précision altimétrique de la topographie .....	13
2.2.3.2 Pas de bathymétrie.....	13
2.2.3.3 Espacement entre les profils en travers .....	13
2.2.3.4 Choix de la cote associée au profil .....	13
2.2.3.5 Cohérence des MNLE .....	14
<b>3 Conclusion .....</b>	<b>16</b>

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : MNT CG 59 sur le TRI de Lille.....	6
Figure 2 : MNT PPIGE sur le TRI de Lens.....	7
Figure 3 : Localisation des profils sur le TRI de Lille.....	8
Figure 4 : Localisation des profils sur le TRI de Lens.....	9
Figure 5 : Création du MNLE .....	11
Figure 6 : Calcul des hauteurs d'eau .....	12
Figure 7 : Profil en long du MNLE sur Lille le long du linéaire de la Deûle et de la Lys.....	14
Figure 7 : Profil en long du MNLE sur Lens le long du linéaire de la Deûle.....	15

# 1

## Préambule

### 1.1 Contexte et objectif de l'étude

La directive européenne du 23 Octobre 2007, relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation consiste à élaborer les cartes des surfaces inondables et des cartes des risques inondation dans les TRI pour trois probabilités de dépassement, et ce pour le 22 Décembre 2013.

C'est dans ce contexte de mise en œuvre de la DI que s'inscrit la présente étude, intitulée « Élaboration de carte des surfaces inondables (mise en œuvre de la Directive inondation) – événement fréquent, moyen et extrême – TRI de Lille, Lens».

Le contenu de l'étude comprend pour chacun des TRI de Lille et Lens :

- Une analyse de la documentation et du fonctionnement des bassins versants ;
- Une cartographie hydrogéomorphologique ;
- Une cartographie issue du croisement **hydrogéomorphologie/LiDAR** ;
- Une cartographie issue du **modèle hydraulique** ;
- Une cartographie **harmonisée**.

### 1.2 Déroulement de l'étude

Cette étude, se déroulera en 5 phases :

- ♦ **Phase 1 : Analyse de la documentation et du fonctionnement du bassin versant.** Elle a pour objectifs d'effectuer une première analyse du fonctionnement hydraulique du bassin versant et de poser l'ensemble des spécificités/interrogations sur le secteur d'étude, afin d'adapter la méthodologie à mettre en œuvre.
- ♦ **Phase 2 : Cartographie hydrogéomorphologique.** Elle consiste à délimiter les différentes unités hydrogéomorphologiques de la plaine alluviale, l'enveloppe maximale des inondations, et à comprendre le mode de

fonctionnement des cours d'eau au cours de son histoire. Elle donne lieu à un document cartographique.

- ♦ **Phase 3 : Cartographie des zones inondables à partir du croisement hydrogéomorphologique et Lidar.** Elle permet d'obtenir les hauteurs d'eau en confrontant les résultats de la phase 2 avec un traitement du Lidar. Elle donne lieu à un document cartographique.
- ♦ **Phase 4 : Modélisation et cartographie des zones inondables.** Elle comprend une modélisation hydraulique simplifiée du lit mineur pour trois situations hydrologiques différentes et la cartographie des zones inondables.
- ♦ **Phase 5 : Harmonisation des cartographies sur le TRI de Lille.** Il s'agit d'intégrer la cartographie des zones inondables de la Marque aux cartographies des phases 3 et 4 et d'en analyser les convergences/différences

**Le présent document constitue le rapport de la phase 3.**

## 1.3 Cadrage de la phase 3

En phase 2 de l'étude, nous avons obtenu une cartographie des unités hydrogéomorphologiques pour les TRI de Lille et Lens. L'approche hydrogéomorphologique étant mal adaptée au contexte du bassin versant Lys-Deûle-Canal de Lens au relief plat et très urbanisé, nous avons favorisé le travail analytique des données topographiques. Sur le TRI de Lille, des données topographiques précises du CG 59 ont été utilisées. Malheureusement, les données topographiques Lidar sur Lens n'étaient pas disponibles, nous avons donc utilisé les données PPIGE peu précises. Pour améliorer les résultats du traitement des données topographiques, nous avons mené une campagne de terrain importante, surtout sur le TRI de Lens.

Malgré les difficultés rencontrées en phase 2, nous avons réalisé une cartographie satisfaisante des unités hydrogéomorphologiques sur les TRI de Lille et de Lens : lit majeur, lit moyen, lit mineur, réseau hydrographique secondaire, paléo-chenaux, remblais et terrils. De toutes ces unités, le lit moyen avait été le plus difficile à déterminer, tout simplement parce que cette unité est peu présente ou n'existe pas dans ce contexte plat et urbain. La délimitation du lit majeur a été faite en se basant, tout d'abord sur la couche alluvions issue de la carte géologique, puis par traitement des données topographiques et enfin vérifiées sur le terrain. Afin de prendre en compte les incertitudes sur la méthode et les données, nous avons différencié limite nette et limite estimée du lit majeur.

L'objectif de cette troisième phase est d'obtenir une cartographie des hauteurs d'eau sur les TRI de Lille et de Lens. Étant donné les résultats de la phase 2, nous nous limiterons à une cartographie de l'enveloppe d'inondation maximale correspondant au lit majeur hydrogéomorphologique (événement extrême). Pour cela, nous avons créé un Modèle Numérique de Ligne d'Eau (MNLE) à partir des données topographiques sur l'enveloppe de la somme des unités hydrogéomorphologiques déterminées en phase 2. Par simple soustraction du MNLE avec la topographie, on obtient les hauteurs d'eau. Sur Lens, les données topographiques Lidar n'ayant toujours pas été livrées, nous avons travaillé avec les données PPIGE afin de ne pas retarder l'avancement de l'étude.

## 2

# Méthodologie

Ce chapitre présente les données utilisées et la méthode employée pour obtenir une cartographie des hauteurs d'eau issues du croisement entre les résultats de l'approche hydrogéomorphologie en phase 2 et la topographie sur les TRI de Lille et de Lens.

## 2.1 Données utilisées

Aucune donnée complémentaire n'a été récoltée pour cette phase. Seules les données topographiques supplémentaires sur Lens auraient été nécessaires mais elles sont toujours indisponibles et la date de livraison incertaine. Afin de ne pas retarder l'avancement du projet, nous réutiliserons la topographie de la phase 2 sur Lens.

Les données utilisées issues de la phase 2 sont :

- ✓ Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) sur Lens issu des données topographiques PPIGE (précision altimétrique:  $\pm 50$  cm en urbain,  $\pm 75$  cm en rural), mailles de 1 m<sup>2</sup> ;
- ✓ Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) sur Lille issu des données topographiques CG 59, (précision altimétrique:  $\pm 10$  cm), mailles de 1 m<sup>2</sup> ;
- ✓ Les unités hydrogéomorphologiques cartographiées,
- ✓ Les profils en travers issus du traitement du MNT (tous les 500 m sur le linéaire de cours d'eau de la zone d'étude, soit un total de 190 profils : 94 sur le TRI de Lens et 96 sur le TRI de Lille).

Rappelons que la topographie disponible ne contient aucune donnée bathymétrique, la géométrie de la rivière n'est donc pas prise en compte. Les hauteurs d'eau calculées dans le lit mineur n'auront donc guère de sens.

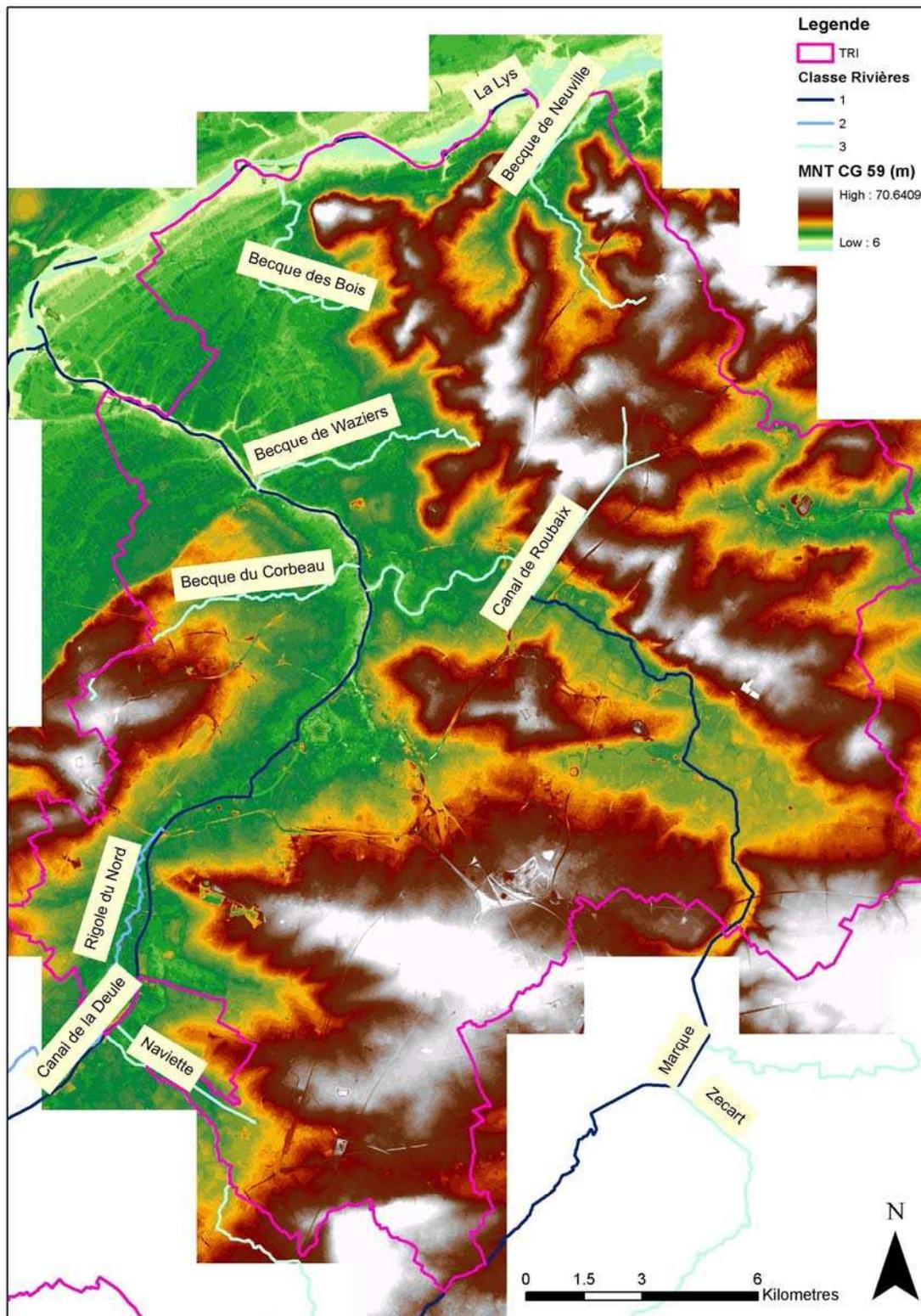


Figure 1 : MNT CG 59 sur le TRI de Lille

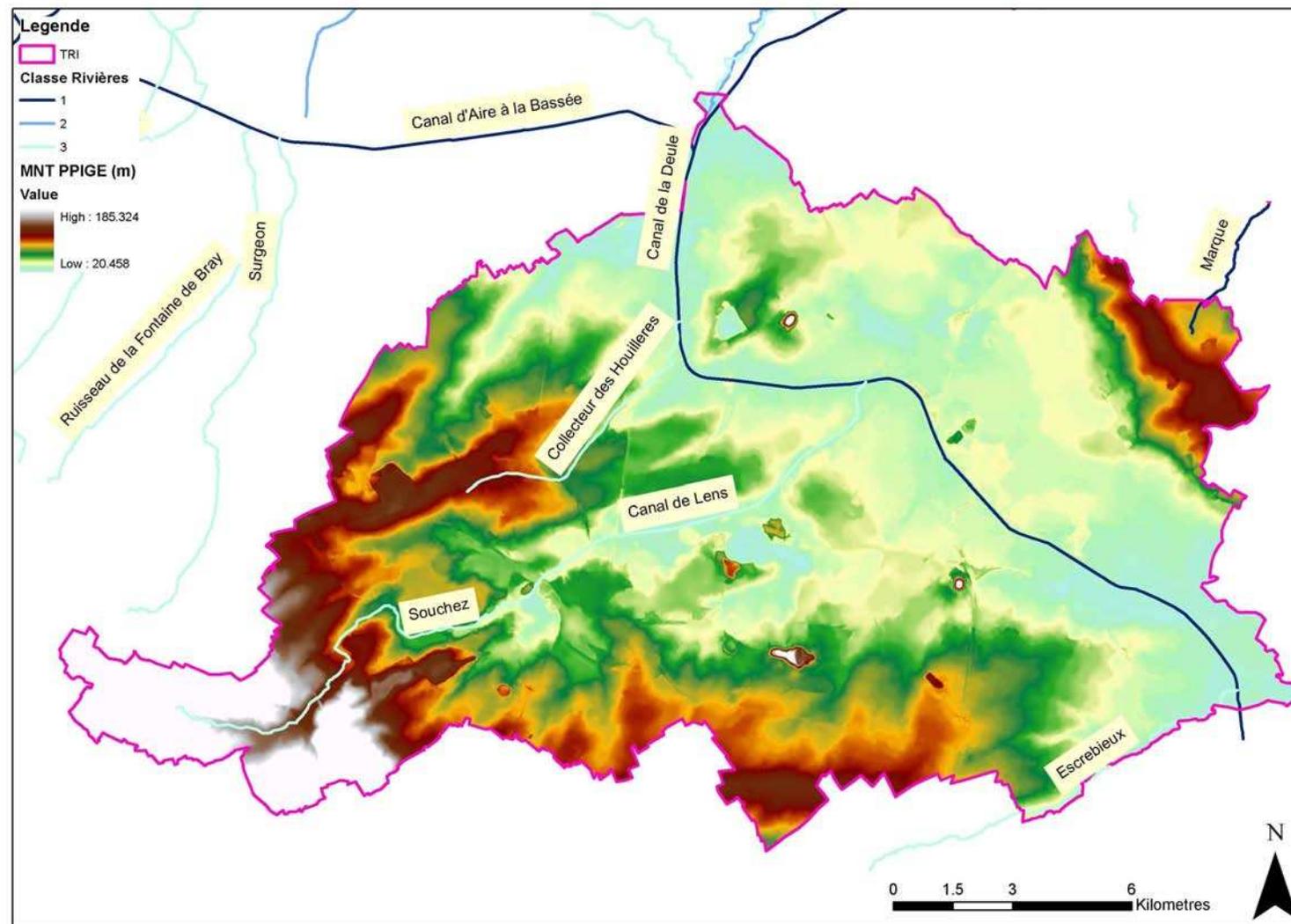


Figure 2 : MNT PPIGE sur le TRI de Lens

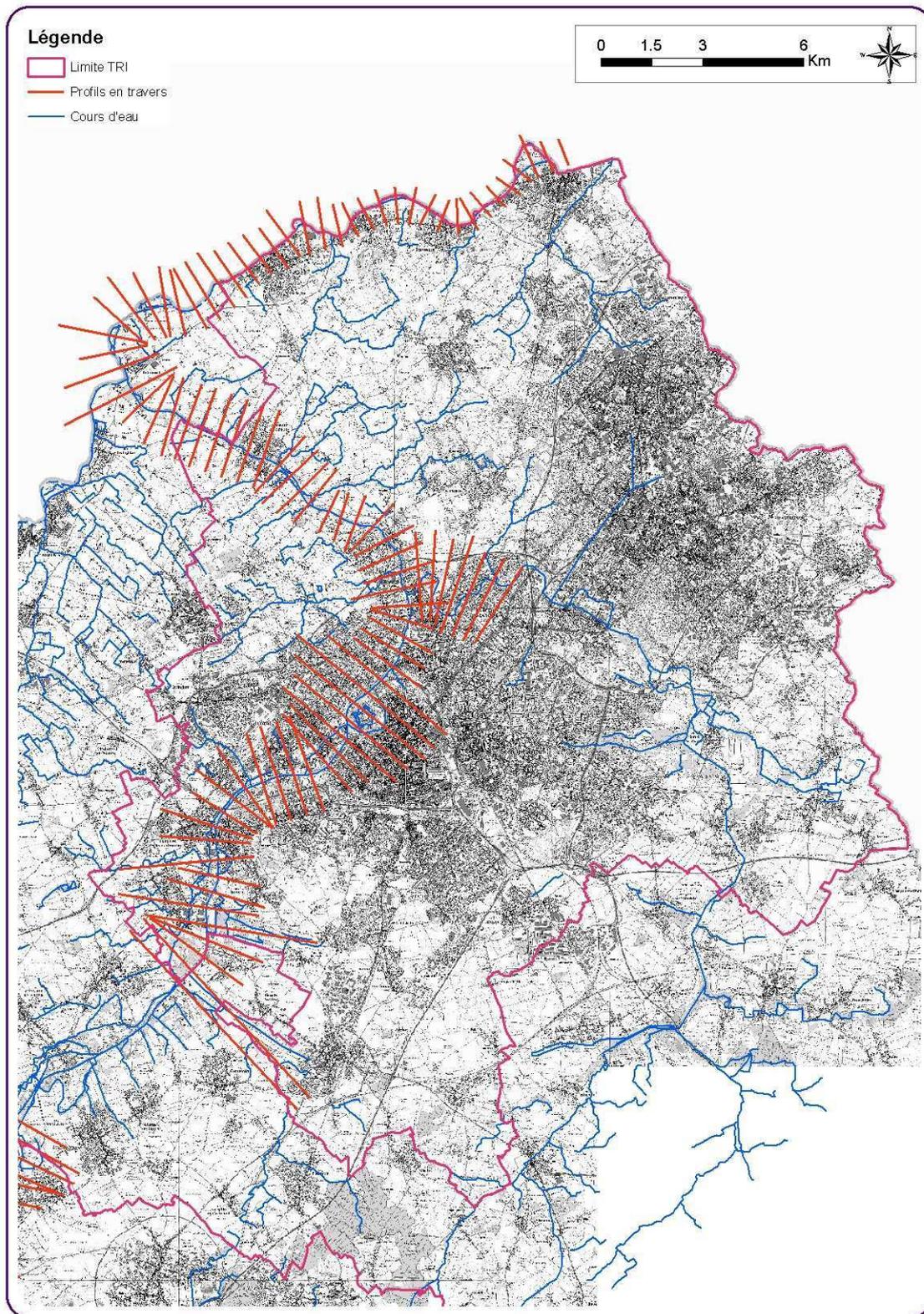


Figure 3 : Localisation des profils sur le TRI de Lille

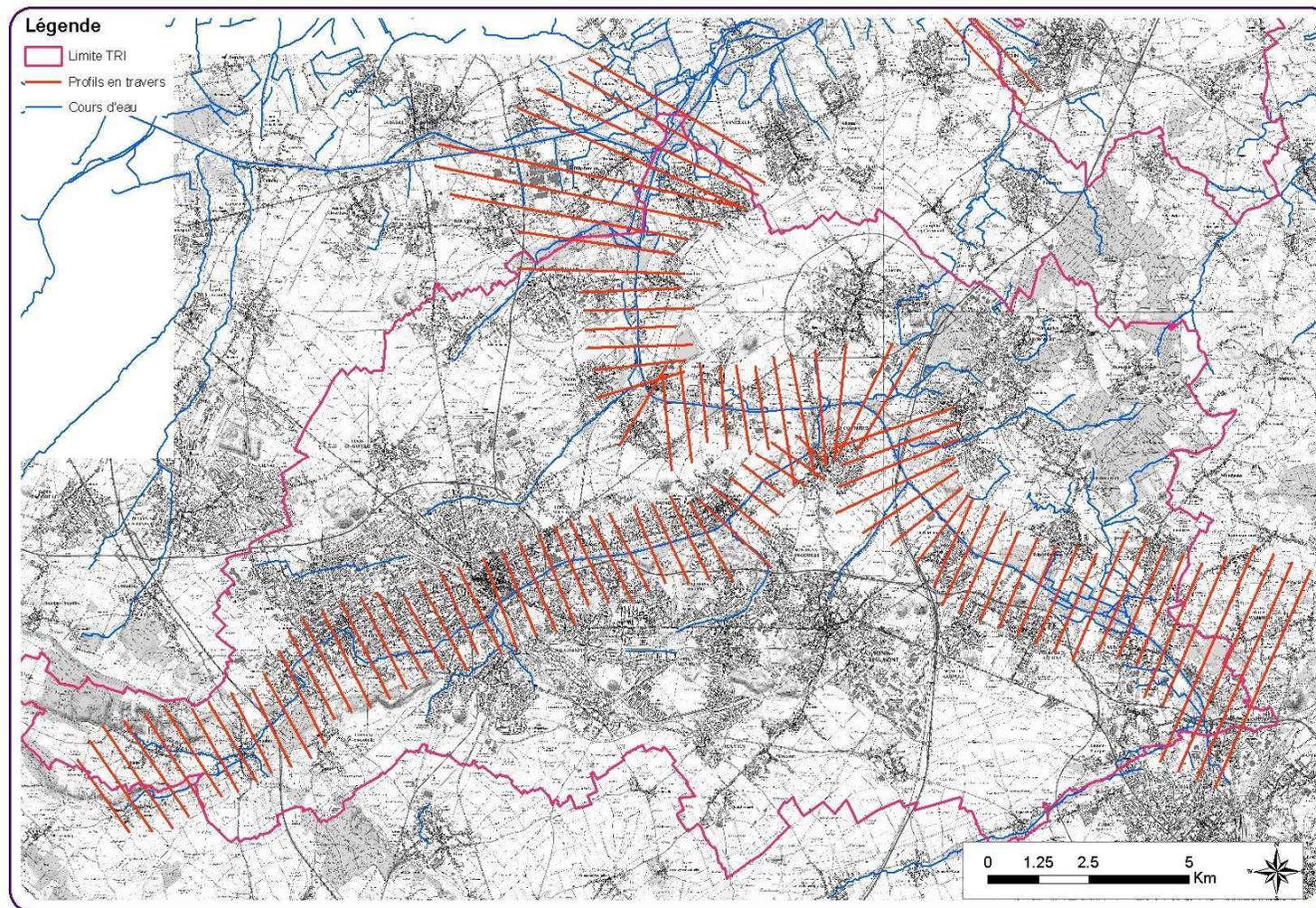


Figure 4 : Localisation des profils sur le TRI de Lens

## 2.2 Cartographie des hauteurs d'eau

Les hauteurs d'eau (H) résultent de la soustraction du Modèle Numérique de Terrain (MNT) au Modèle Numérique de Ligne d'Eau (MNLE):

$$H = \text{MNLE} - \text{MNT}$$

Les MNT sur les TRI de Lille et de Lens ont été créés sous forme de raster SIG en phase 2 de l'étude.

### 2.2.1 Création du MNLE

Le MNLE est une surface de ligne d'eau dont la valeur est calculée en croisant l'enveloppe hydrogéomorphologique maximale et la topographie.

L'enveloppe hydrogéomorphologique utilisée est celle du lit majeur, résultat de la fusion de toutes les unités hydrogéomorphologiques déterminées en phase 2.

Afin de calculer cette surface, nous avons décidé de réutiliser les 190 profils en travers tracés lors de la phase 2 de l'étude en leur attribuant une valeur de ligne d'eau puis en interpolant de manière automatique entre ces profils pour obtenir le MNLE.

La valeur de ligne d'eau attribuée à chaque profil correspond à l'altitude maximum du MNT aux points d'intersection entre le profil et l'enveloppe hydrogéomorphologique.

Chaque profil coupe l'enveloppe hydrogéomorphologique en plusieurs points. En ces points, on extrait l'altitude du MNT. En théorie l'altitude des points devrait être la même car une ligne d'eau est horizontale. On observe souvent des différences d'altitude de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres entre les points. Afin de maximiser les hauteurs d'eau, on donne au profil la valeur maximale entre les altitudes des points. Chaque profil se voit ainsi attribuer une valeur de ligne d'eau.

Afin d'obtenir une surface de ligne d'eau, il reste à interpoler de manière automatique entre ces profils. Pour cela, on utilise la méthode spline d'interpolation sous ArcGIS. Cet algorithme de calcul est bien adapté, il permet de limiter l'interpolation à un contour défini, dans notre cas il s'agit de l'enveloppe hydrogéomorphologique.

Le résultat de l'interpolation est un raster dont les mailles sont de 5m<sup>2</sup>: c'est notre MNLE.

Ce mode opératoire est effectué pour chacun des TRI de Lille et de Lens.

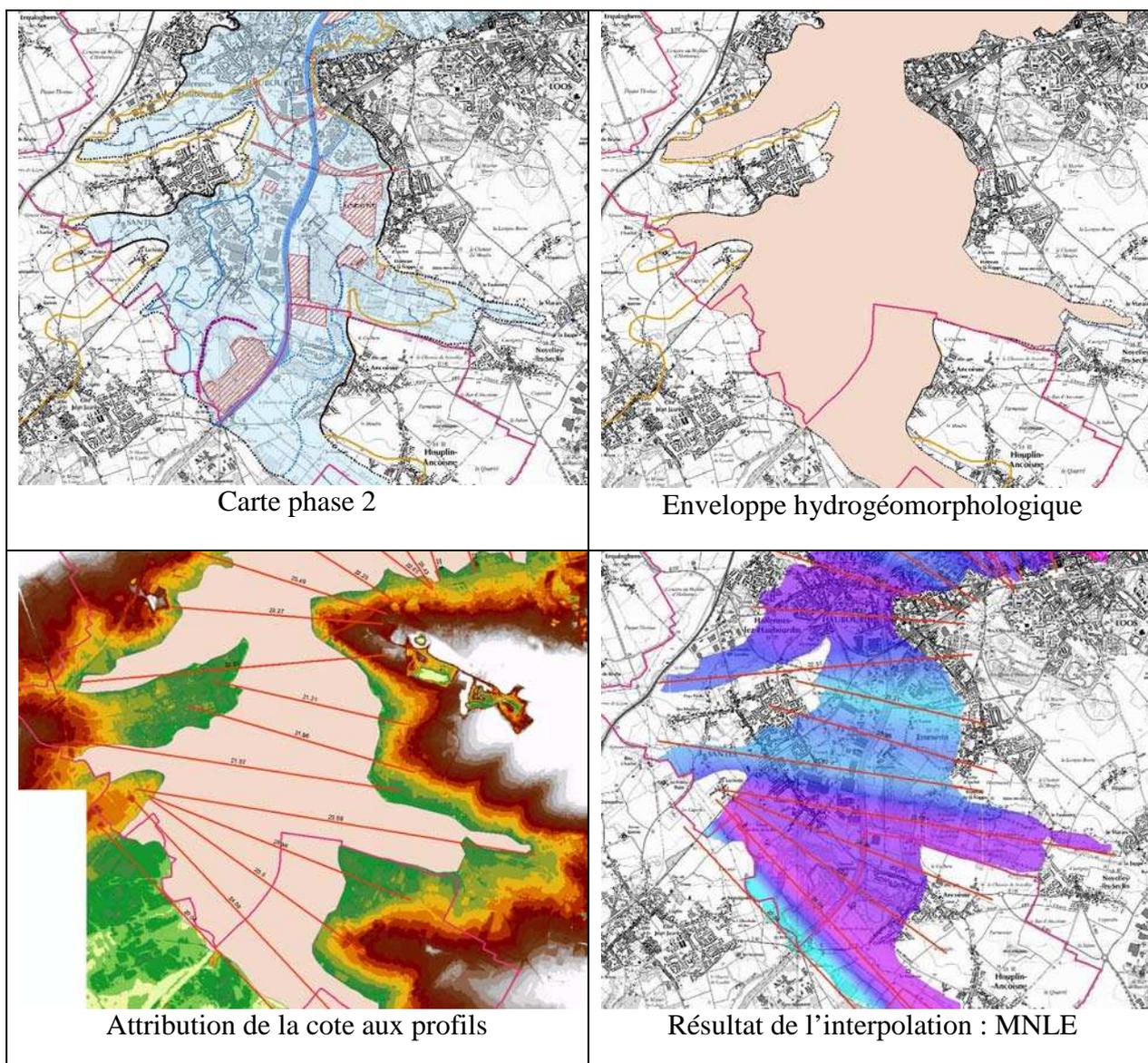


Figure 5 : Création du MNLE

## 2.2.2 Calcul des hauteurs d'eau

Par simple soustraction avec ArcGIS entre les deux rasters MNT et MNLE, on obtient le raster des hauteurs d'eau :  $H = MNLE - MNT$ .

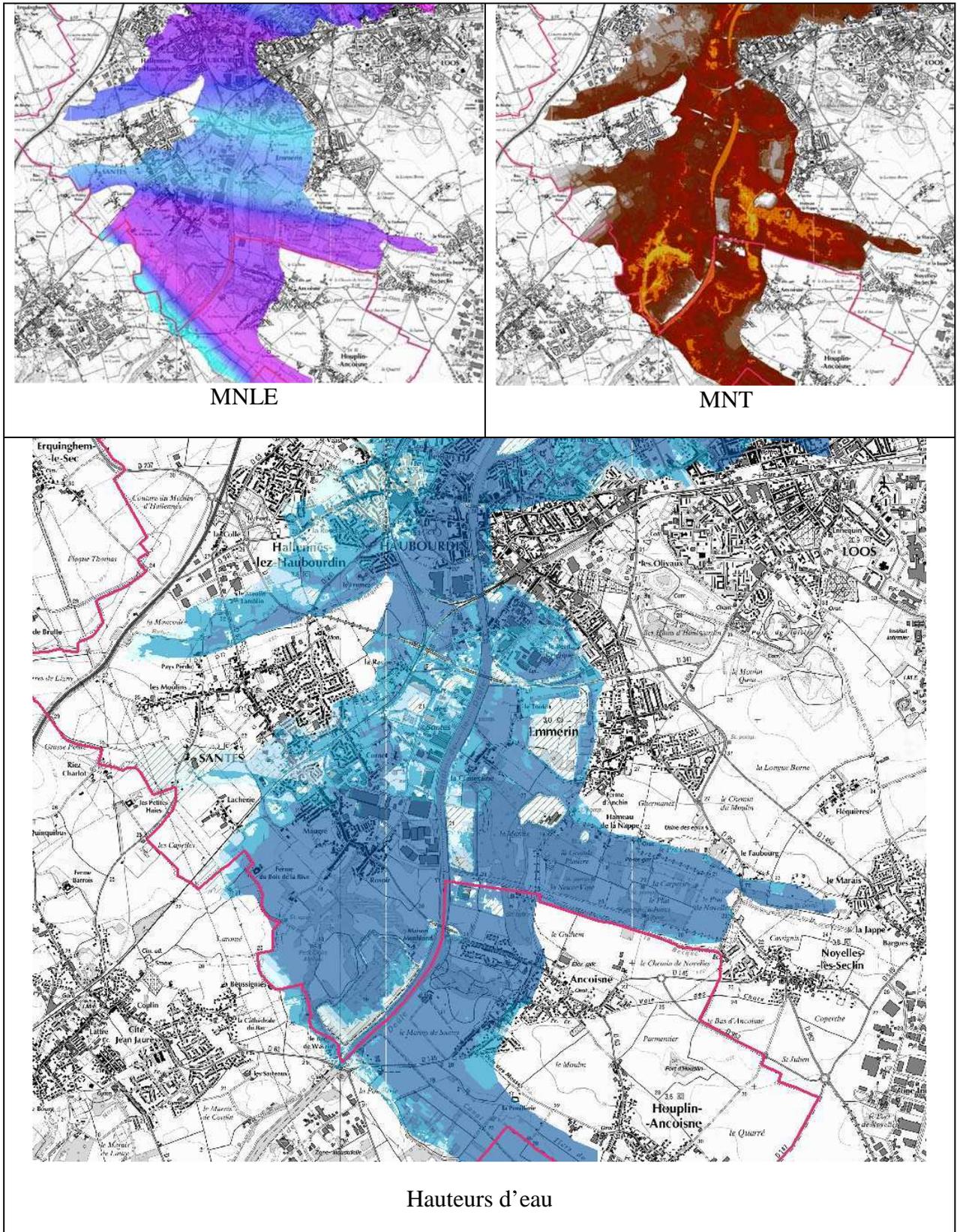


Figure 6 : Calcul des hauteurs d'eau

L'atlas cartographique des hauteurs d'eau au 1/25 000ème est présent en annexe du présent rapport.

## 2.2.3 Incertitudes de la méthode utilisée

Rappelons que l'atlas cartographique produit ne doit être utilisé qu'après lecture de ce rapport et à l'échelle du 1/25 000. La méthode employée pour calculer les hauteurs d'eau, croisement de l'enveloppe hydrogéomorphologique du lit majeur avec la topographie, comporte un certain nombre de sources d'incertitudes décrites dans cette section. Ces incertitudes sont pour la plupart difficilement quantifiables.

### 2.2.3.1 Précision altimétrique de la topographie

Les données topographiques disponibles pour le TRI de Lille sont issues du Lidar CG 59 dont la précision altimétrique est de  $\pm 10$  cm.

Les données topographiques disponibles pour le TRI de Lens sont issues du MNT PPIGE dont la précision altimétrique est de  $\pm 50$  cm en milieu urbain et  $\pm 75$  cm en milieu rural.

La topographie est la donnée principale utilisée en phase 3 (et en phase 2), on note le déséquilibre de précision altimétrique entre les deux TRI. Le calcul des hauteurs d'eau est bien plus précis sur le TRI de Lille que sur le TRI de Lens.

### 2.2.3.2 Pas de bathymétrie

Les données topographiques du CG 59 et PPIGE ne tiennent pas compte du fond du lit de la rivière. Aucune donnée topographique n'a été incluse.

Le calcul de hauteur d'eau en lit mineur est donc complètement erroné.

### 2.2.3.3 Espacement entre les profils en travers

Un travail conséquent d'extraction de profil en travers sur tout le linéaire des cours d'eau concernés par l'étude avait été mené en phase 2. La distance entre deux profils consécutifs est de 500 m. Plus cette interdistance est grande, plus l'incertitude générée par l'interpolation sera grande.

Par un souci de respect des délais, nous avons réutilisés ces profils pour la création du MNLE.

### 2.2.3.4 Choix de la cote associée au profil

Comme expliqué au paragraphe 2.2.1, un profil coupe l'enveloppe HGM en plusieurs points (2, 3 ou 4). Afin de maximiser la hauteur d'eau, nous avons associé au profil la cote maximale de ces différents points.

Sur Lille, la différence d'altitude entre les points des rives gauche et droite est inférieure, en moyenne de 20-30 cm.

Sur Lens, la différence d'altitude entre les points des rives gauche et droite est très variable, elle peut être de quelques mètres, en moyenne elle est de 50-100 cm.

### 2.2.3.5 Cohérence des MNLE

Afin d'évaluer la cohérence des MNLE, on peut calculer la différence de cote entre deux profils consécutifs. Classiquement, la cote du profil amont est supérieure au profil aval.

Ci-après sont présentés les profils en long extraits du MNLE sur la Deûle et la Lys pour Lille et sur la Deûle pour Lens.

On observe des incohérences sur les deux profils en long, mais celui sur Lille reste compréhensible, avec une pente assez nette. Le profil en long du MNLE sur Lens est difficilement interprétable.

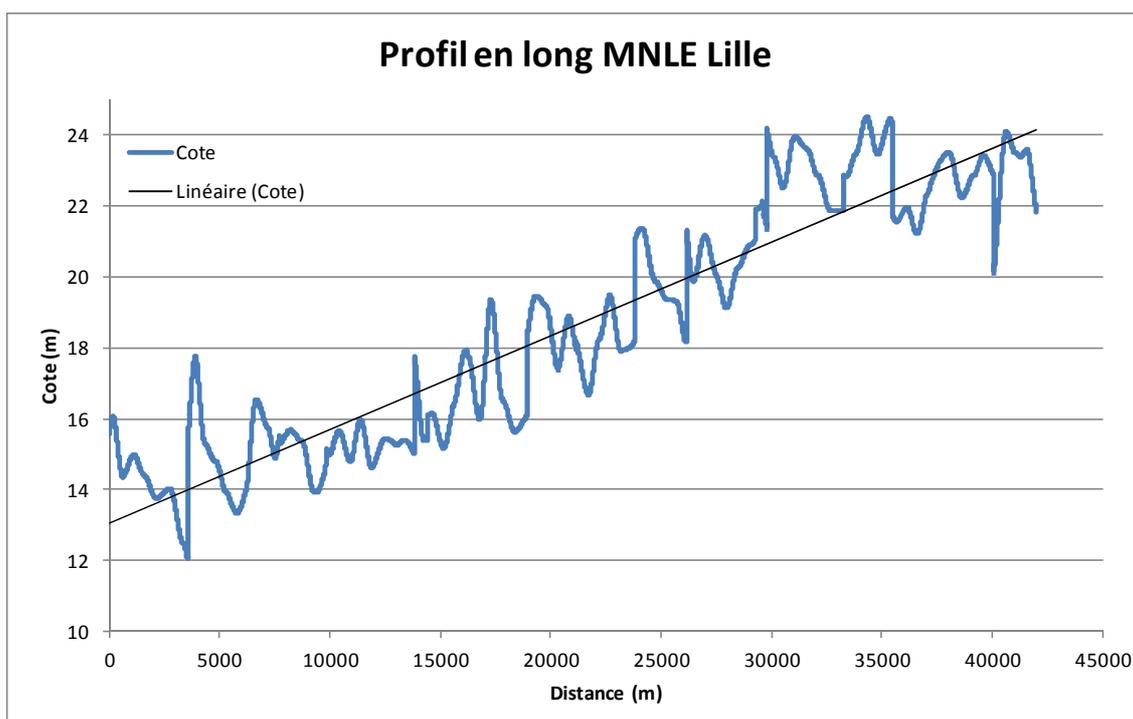


Figure 7 : Profil en long du MNLE sur Lille le long du linéaire de la Deûle et de la Lys et une courbe de tendance linéaire

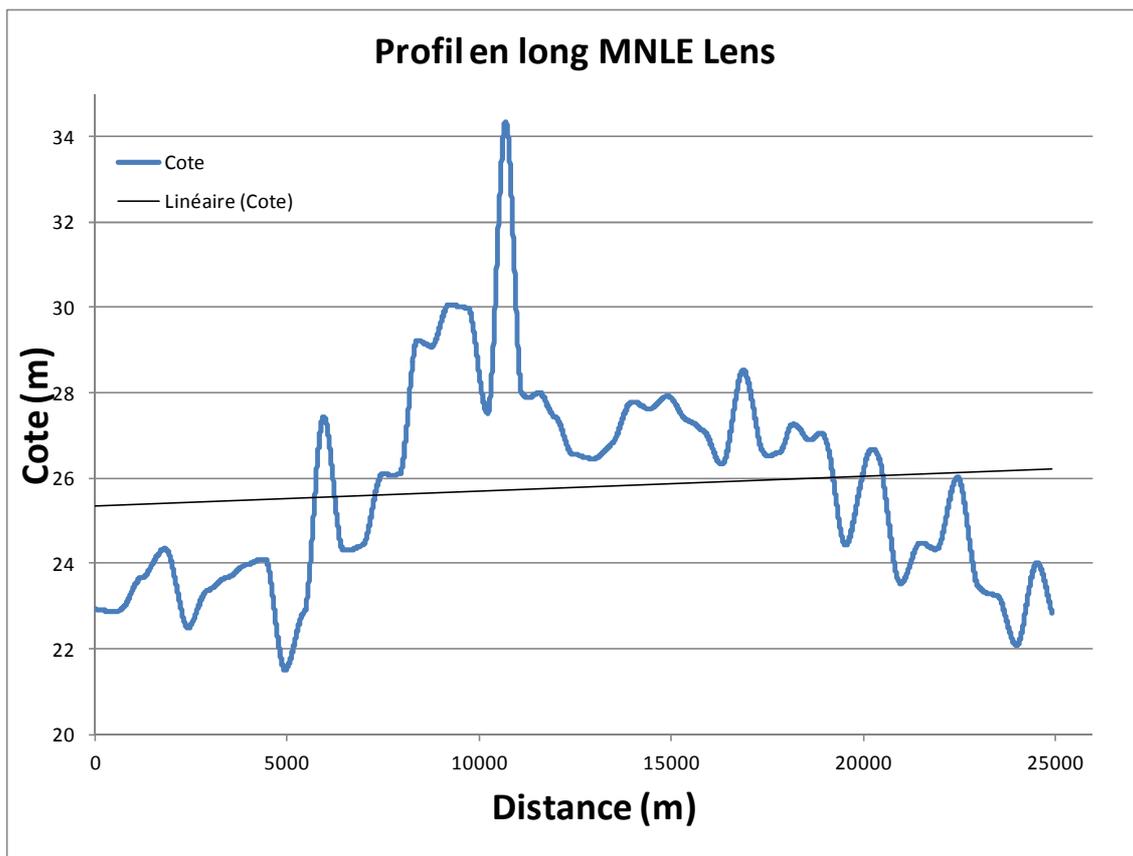


Figure 8 : Profil en long du MNLE sur Lens le long du linéaire de la Deûle et une courbe de tendance linéaire

## 3

### Conclusion

Cette troisième phase de l'étude avait pour objectifs de cartographier les hauteurs d'eau sur les TRI de Lille et de Lens en croisant les résultats de la phase hydrogéomorphologique précédente avec la topographie.

La seule donnée nécessaire (levé Lidar sur Lens) n'étant pas disponible, aucune donnée n'a été récoltée. Le travail effectué en phase 2 de l'étude a été très important, ce qui a facilité le succès de cette phase. En effet les données topographiques ont déjà été traitées, les Modèles Numériques de Terrain créés, les profils en travers tracés, les unités hydrogéomorphologiques délimitées.

Les résultats cartographiques des hauteurs d'eau sont satisfaisants. Tout d'abord, sur Lille, les hauteurs d'eau sont assez cohérentes, le MNT du CG 59 permet d'obtenir des résultats pertinents. Sur Lens, les hauteurs d'eau sont plutôt difficilement interprétables, les incertitudes élevées.

Les données et la méthodologie induisent différentes sources d'incertitudes. Tout d'abord la précision altimétrique des données topographiques, 10 cm sur Lille et 50-75 cm sur Lens. Bien que les hauteurs d'eau dans le lit mineur ne nous intéresse pas directement pour la cartographie, il est nécessaire de rappeler qu'aucune donnée bathymétrique n'a été utilisée, les hauteurs d'eau calculées dans le lit mineur n'ont pas de sens. Enfin le choix maximisant de la cote attribuée à chacun des profils et l'interpolation entre les profils espacés de 500 m augmentent encore un peu les incertitudes sur les hauteurs d'eau.

Il faudra garder à l'esprit ces incertitudes au moment de comparer les cartographies issues de cette phase 3 avec celles qui seront produites en phase 4 par modélisation hydraulique, surtout pour Lens où normalement les données topographiques précises seront disponibles et utilisées.

## ANNEXE 1

Atlas cartographique des hauteurs d'eau au 1/25 000ème