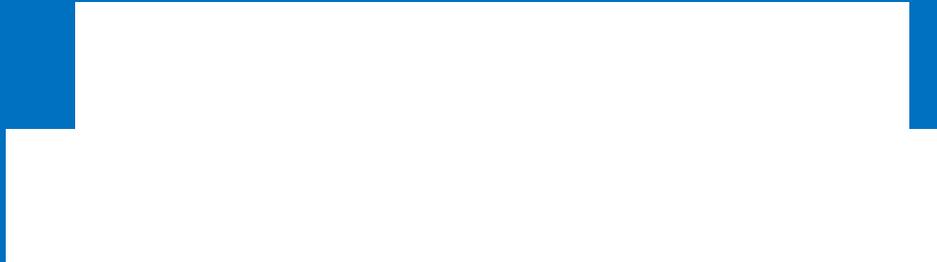


# Mise en œuvre de la phase cartographie de la Directive Inondation – Evènements fréquent, moyen et extrême



## Mise en œuvre de la Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation

- Evaluation préliminaire des risques d'inondation (EPRI)
- Identification des territoires à risque important d'inondation (TRI)
- **Elaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes des risques dans les TRI pour trois probabilités d'occurrence de crue: forte, moyenne, faible**

Déc. 2011

Sept. 2012

22/12/2013  
+  
Rapportage 3 mois

# Elaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes des risques dans les TRI pour trois probabilités d'occurrence de crue

### Phase 1:

- documentation existante
- fonctionnement du bassin versant

### Phase 2:

Cartographie hydrogéomorphologique du TRI

### Phase 3:

Carte des surfaces inondables par croisement hydrogéomorphologie/LIDAR

### Phase 4:

Modélisation simplifiée

Cartes des surfaces inondables par débordement de l'Escaut

# Elaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes des risques dans les TRI pour trois probabilités d'occurrence de crue

### Phase 1:

- documentation existante
- fonctionnement du bassin versant

### Phase 2:

Cartographie hydrogéomorphologique du TRI

### Phase 3:

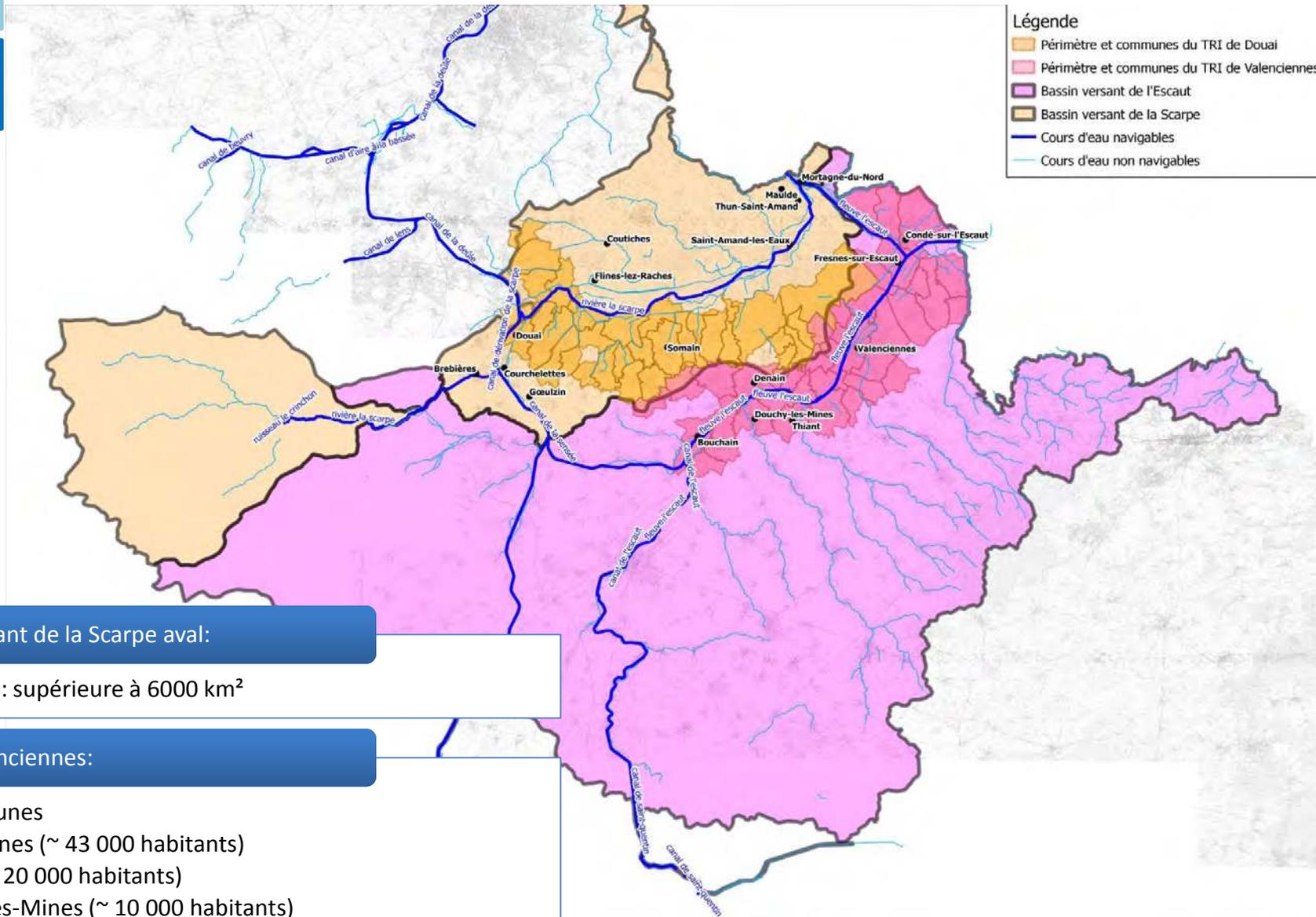
Carte des surfaces inondables par croisement hydrogéomorphologie/LIDAR

### Phase 4:

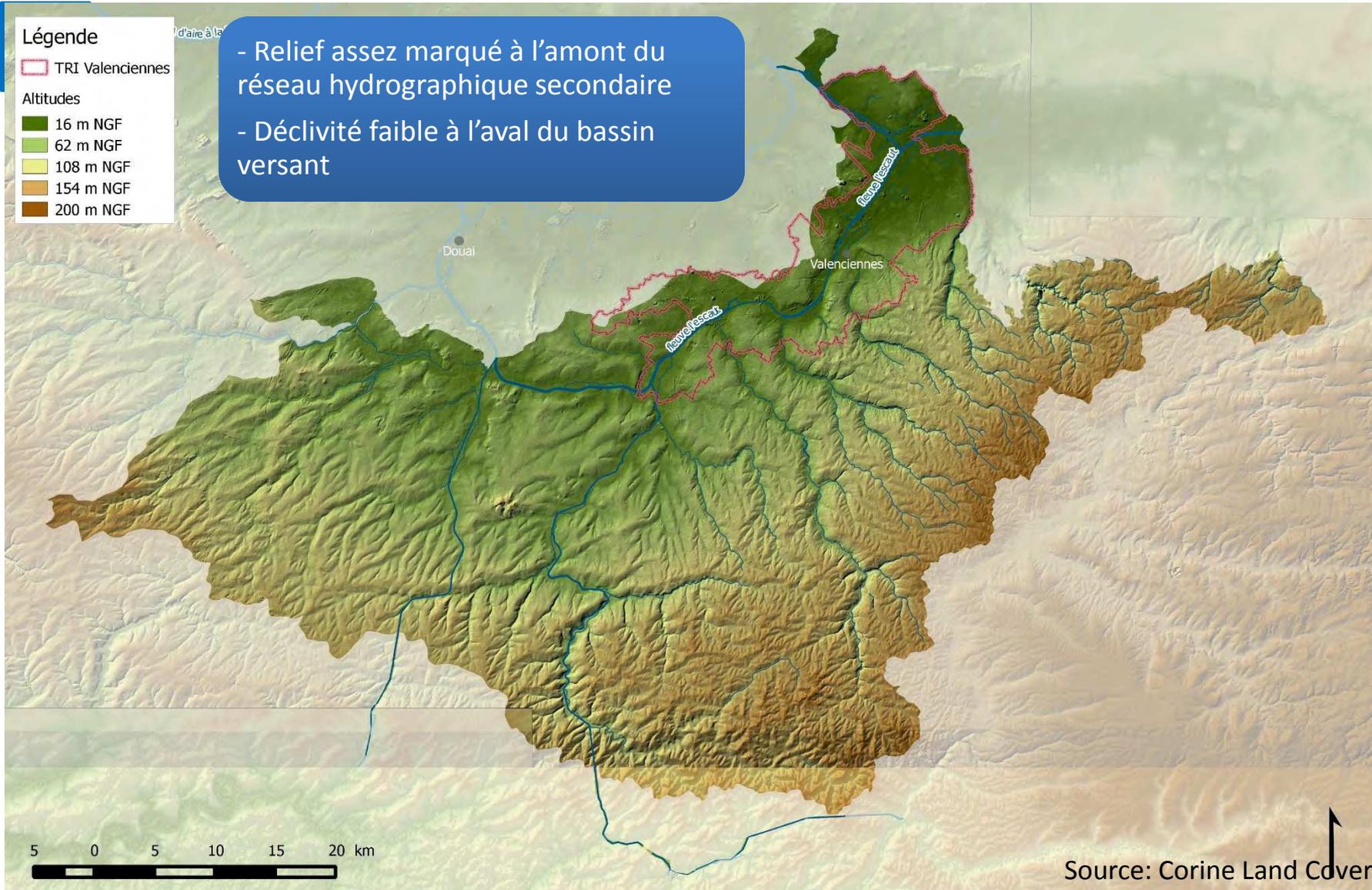
Modélisation simplifiée

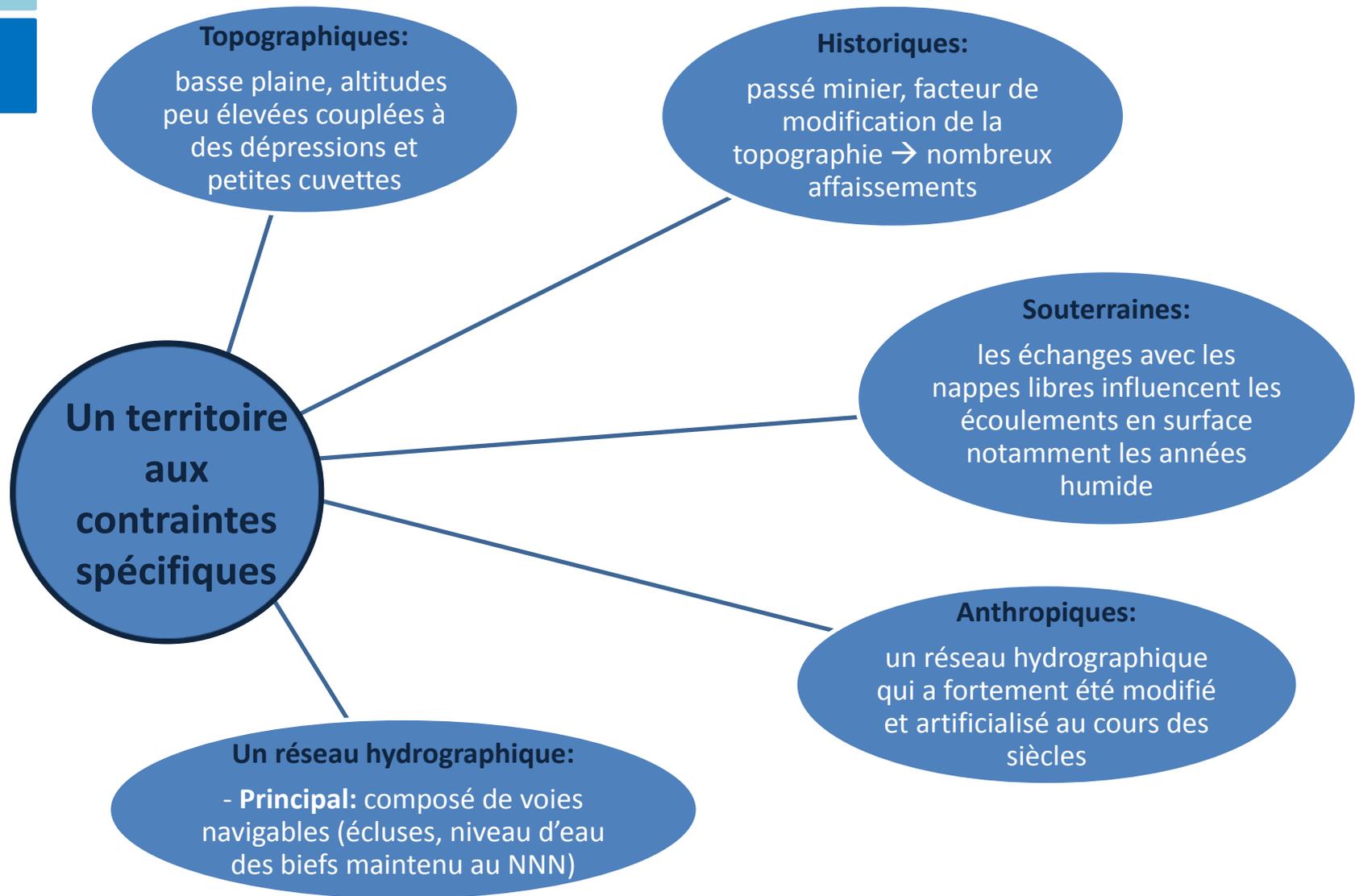
Cartes des surfaces inondables par débordement de l'Escaut

# Le secteur d'étude: Bassin versant et TRI



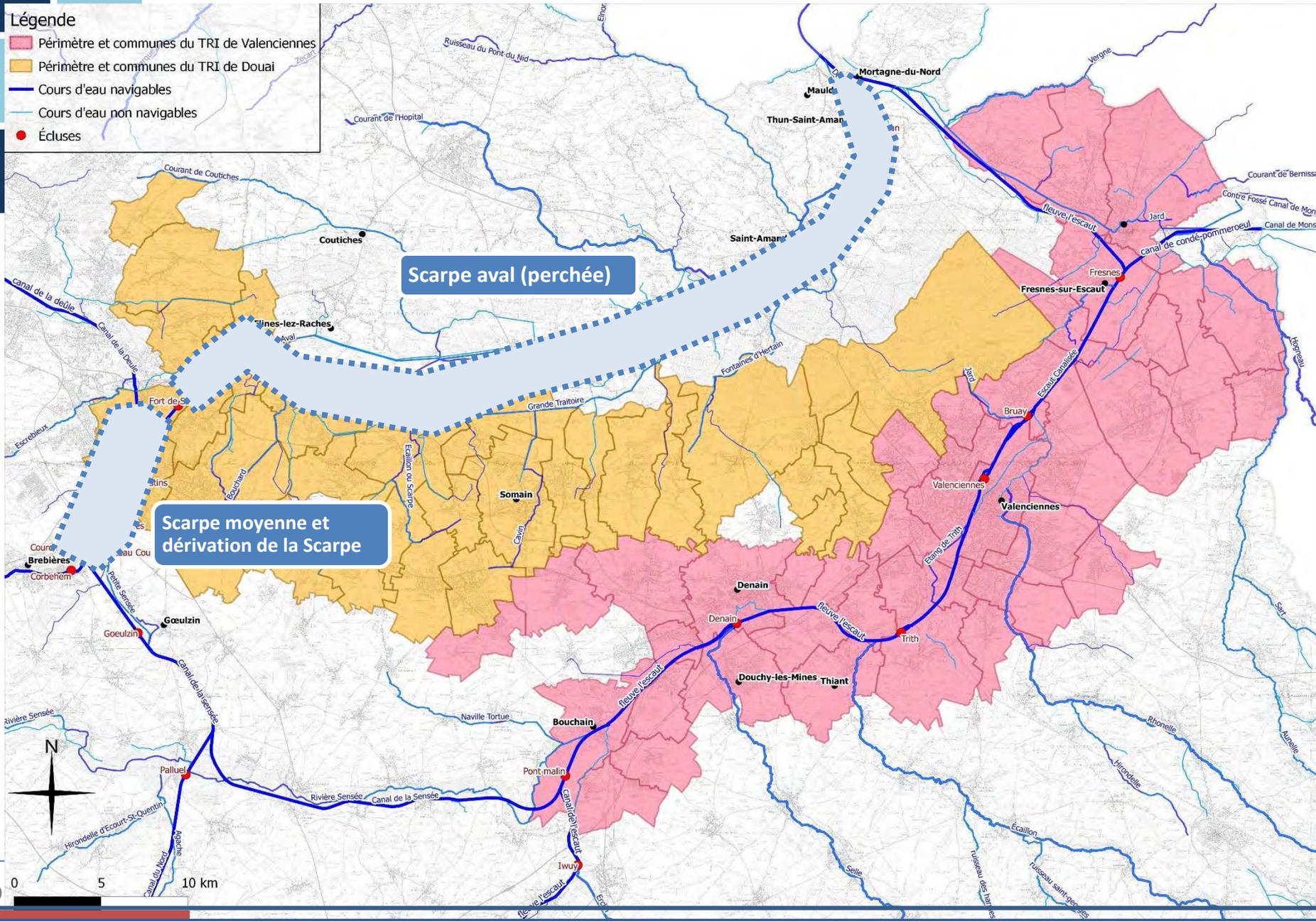
# Le secteur d'étude: topographie



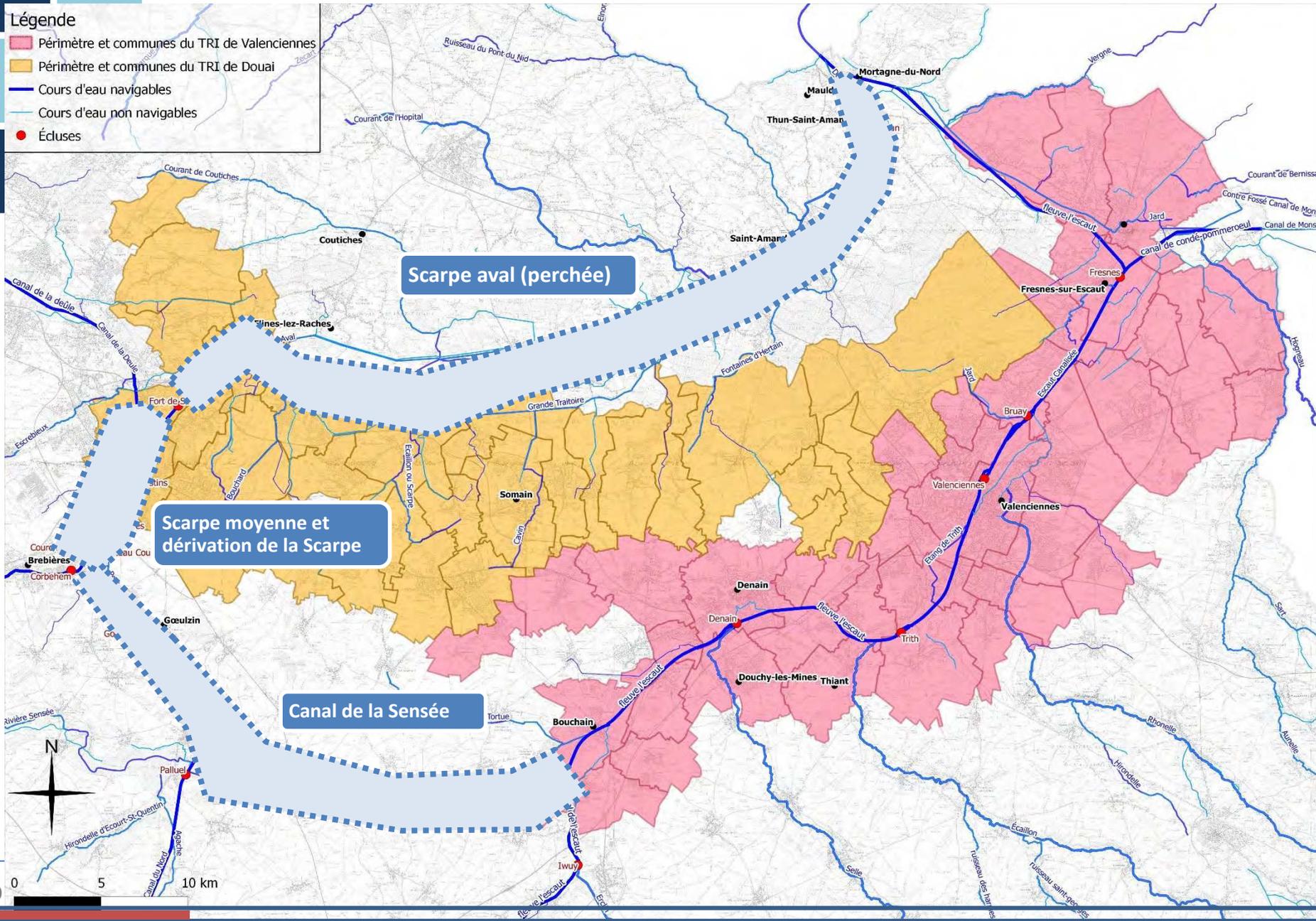




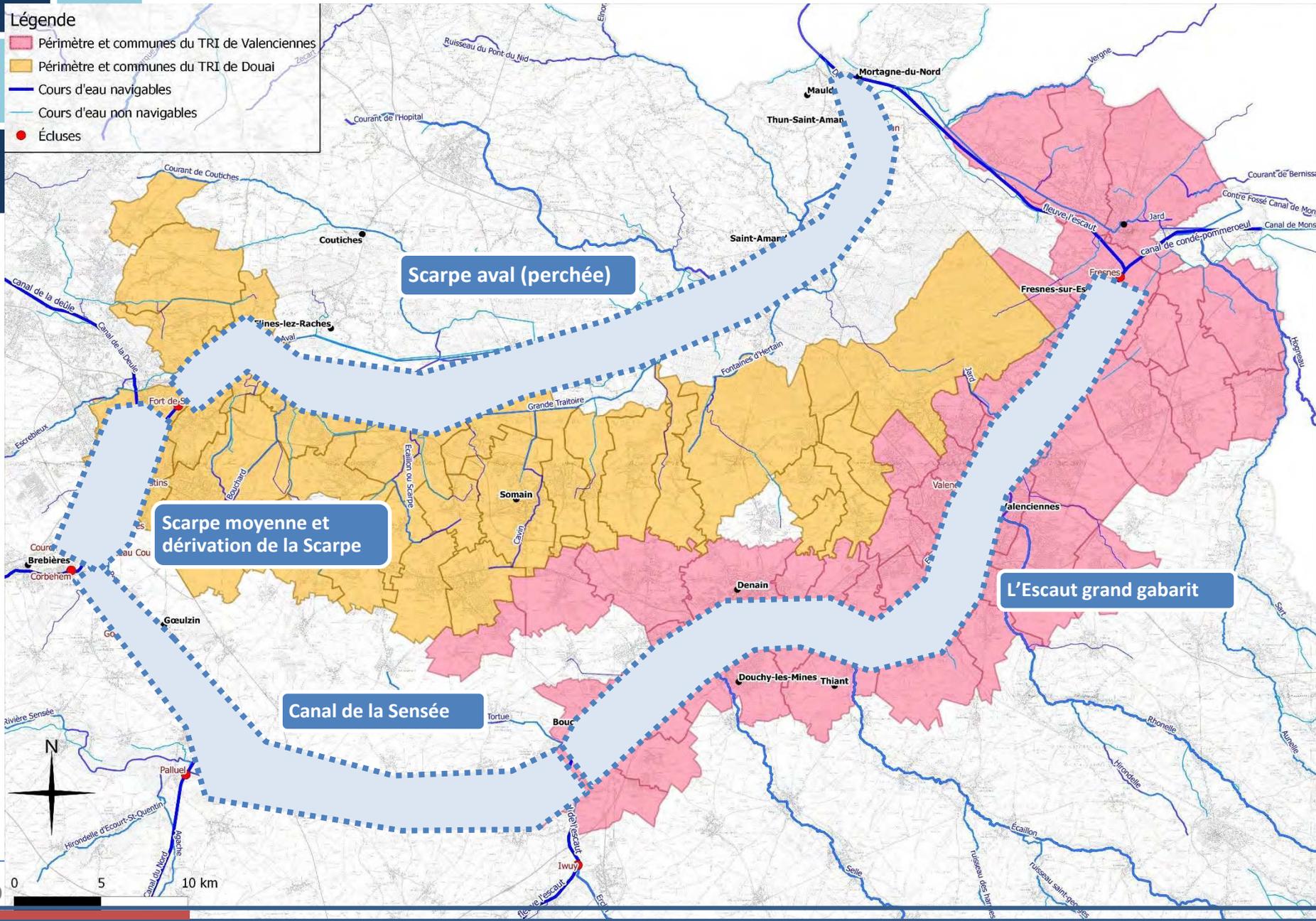
# Le réseau hydrographique: les voies navigables



# Le réseau hydrographique: les voies navigables



# Le réseau hydrographique: les voies navigables

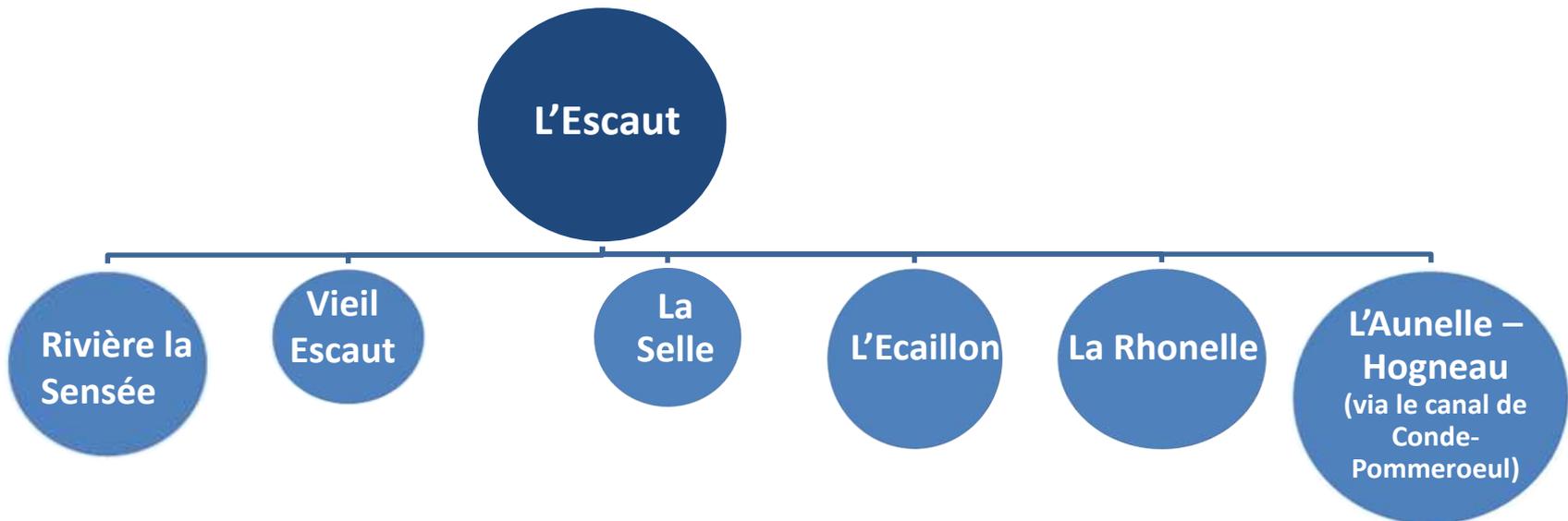




# Le réseau hydrographique secondaire

Cartographie des zones inondables par débordement de l'Escaut

**Le réseau hydrographique secondaire n'est pas modélisé mais sera pris en compte dans l'hydrologie**



## Archives

**Douai:** 17 inondations liées au débordement de la Scarpe ou de ses affluents depuis la tempête du 13 juillet 1788

**Valenciennes:** 29 débordements de l'Escaut et de ses affluents depuis 1365

## Évènements significatifs

**Décembre 1993:** une des plus importantes (80 arrêtés de catastrophe naturelle), quasi-totalité des cours d'eau en crue

**Janvier 2003:** plus localisée, la crue de l'Hogneau a été la plus violente (Q20ans)

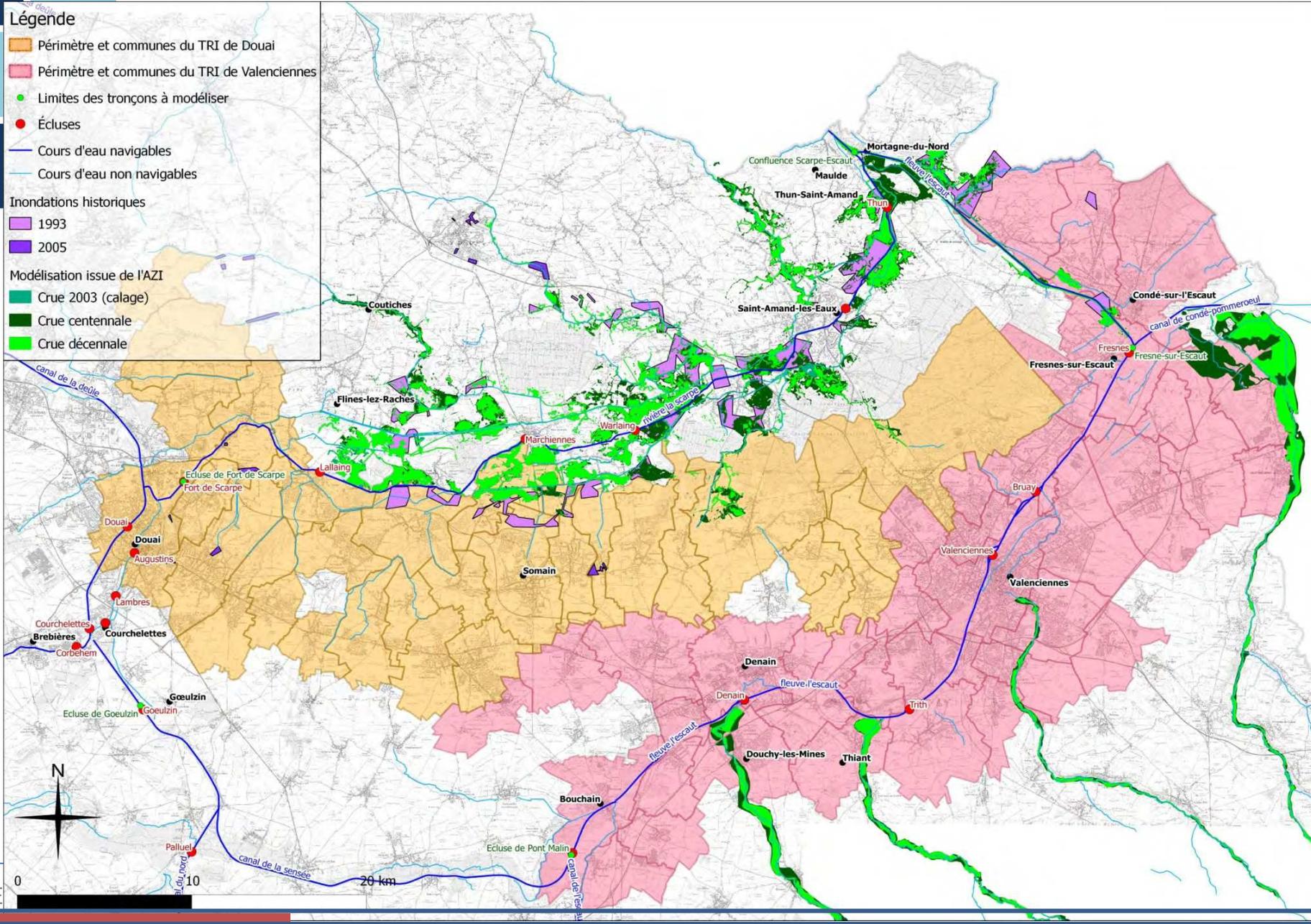
**Février 2002:** cumuls 3x supérieurs à la moyenne, crue des affluents de la rive droite de l'Escaut en particulier la Rhonelle

**Juillet 2005:** évènement pluvieux postérieur à un autre évènement ayant saturé les sols, importance hétérogène sur le territoire

# Historique des inondations

## Légende

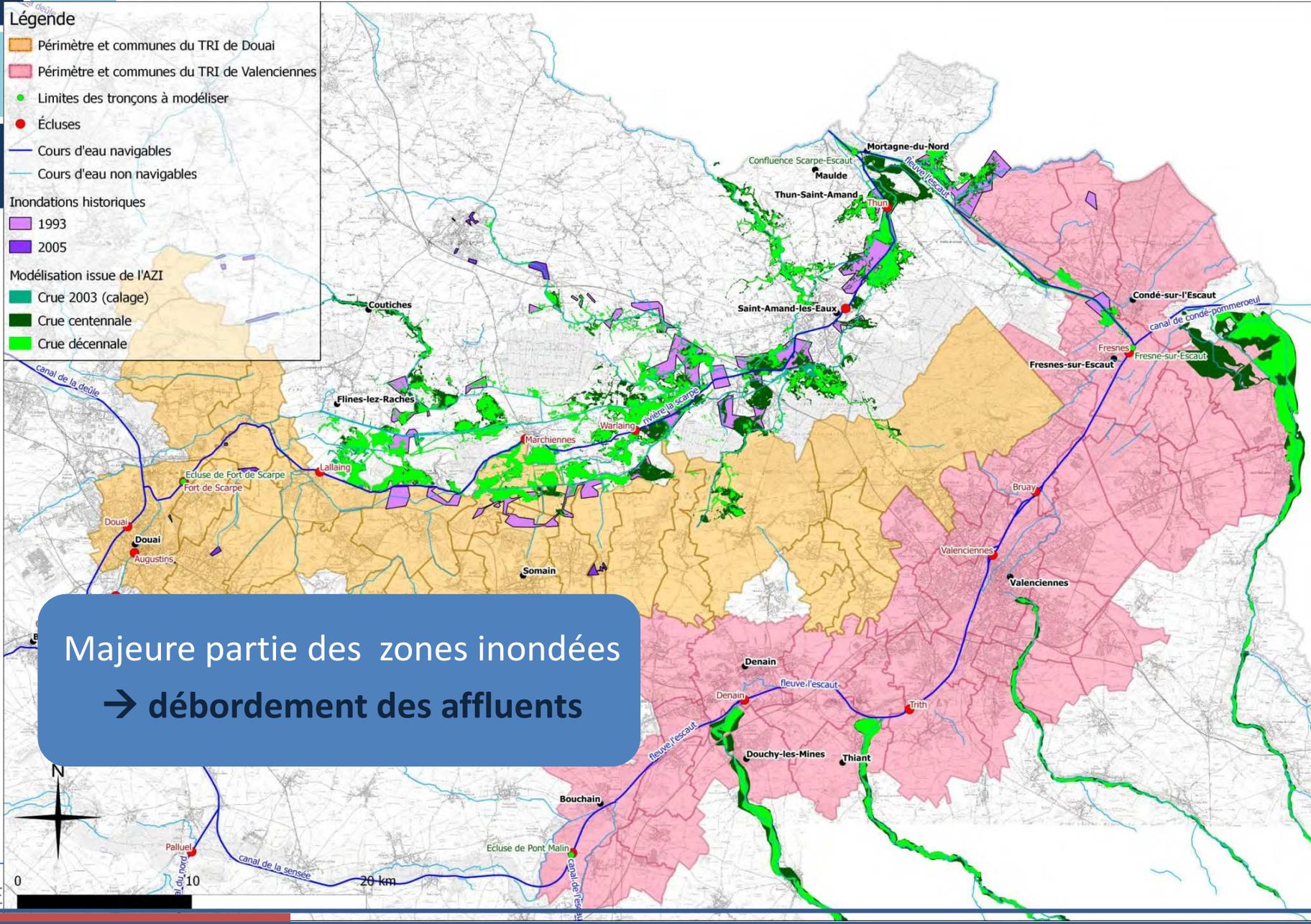
- Périmètre et communes du TRI de Douai
  - Périmètre et communes du TRI de Valenciennes
  - Limites des tronçons à modéliser
  - Écluses
  - Cours d'eau navigables
  - Cours d'eau non navigables
- Inondations historiques
- 1993
  - 2005
- Modélisation issue de l'AZI
- Crue 2003 (calage)
  - Crue centennale
  - Crue décennale



# Historique des inondations

## Légende

- Périmètre et communes du TRI de Douai
  - Périmètre et communes du TRI de Valenciennes
  - Limites des tronçons à modéliser
  - Écluses
  - Cours d'eau navigables
  - Cours d'eau non navigables
- Inondations historiques
- 1993
  - 2005
- Modélisation issue de l'AZI
- Crue 2003 (calage)
  - Crue centennale
  - Crue décennale



Majeure partie des zones inondées  
→ débordement des affluents

# Elaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes des risques dans les TRI pour trois probabilités d'occurrence de crue

### Phase 1:

- documentation existante
- fonctionnement du bassin versant

### Phase 2:

Cartographie hydrogéomorphologique du TRI

### Phase 3:

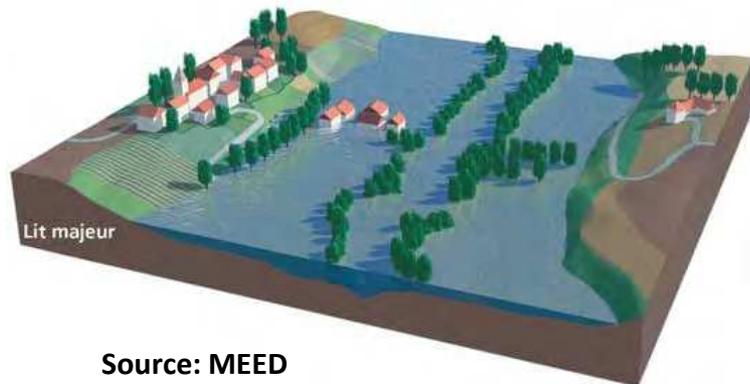
Carte des surfaces inondables par croisement hydrogéomorphologie/LIDAR

### Phase 4:

Modélisation simplifiée

Cartes des surfaces inondables par débordement de l'Escaut

# L'approche hydrogéomorphologique



Source: MEED

**Approche naturaliste** basée sur l'observation des **formes de la plaine alluviale**



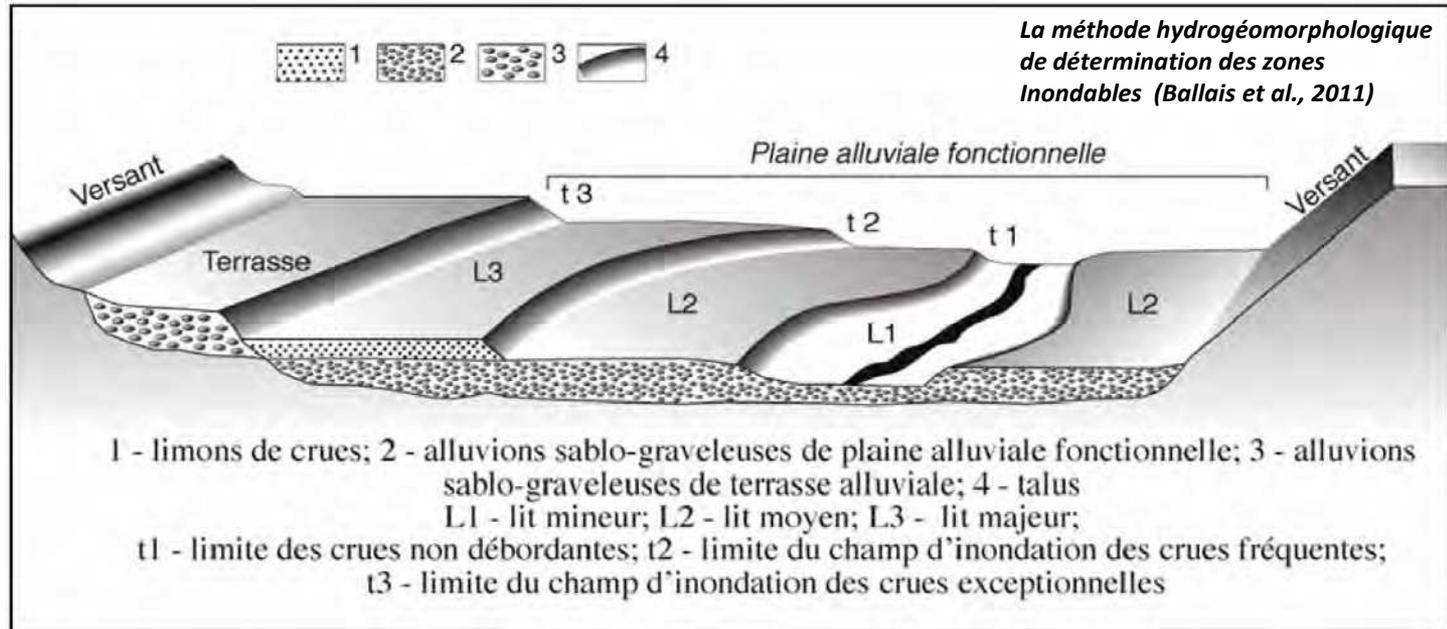
Identifier et cartographier les **différentes unités hydrogéomorphologiques** façonnées par la rivière lors des crues successives:

**lit mineur:** crues non débordantes

**lit moyen:** crues fréquentes

**lit majeur:** crues rares à exceptionnelles

## Dans la bibliographie...



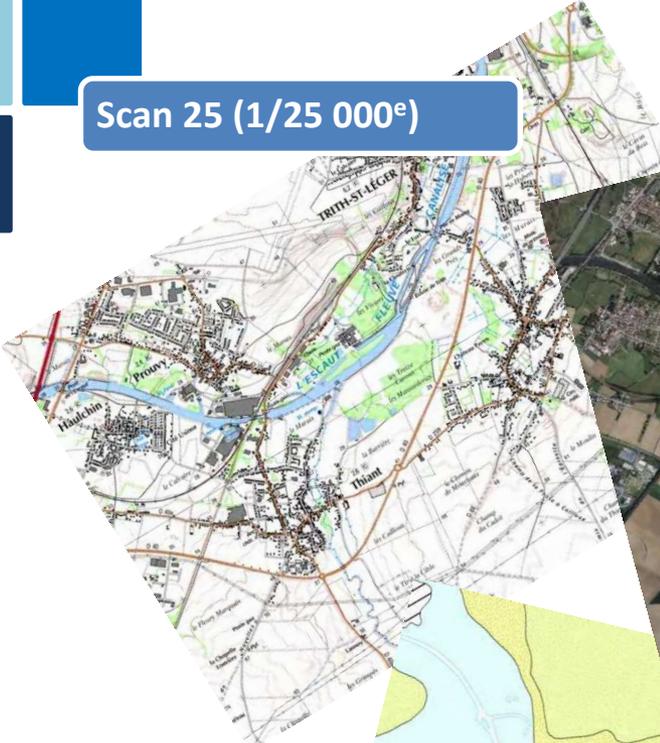
## Application au territoire...

**forte anthropisation:** « la méthode ne permet pas de tracer les différents lits actuels d'une plaine alluviale fortement urbanisée, qui a donc été fortement remaniée »

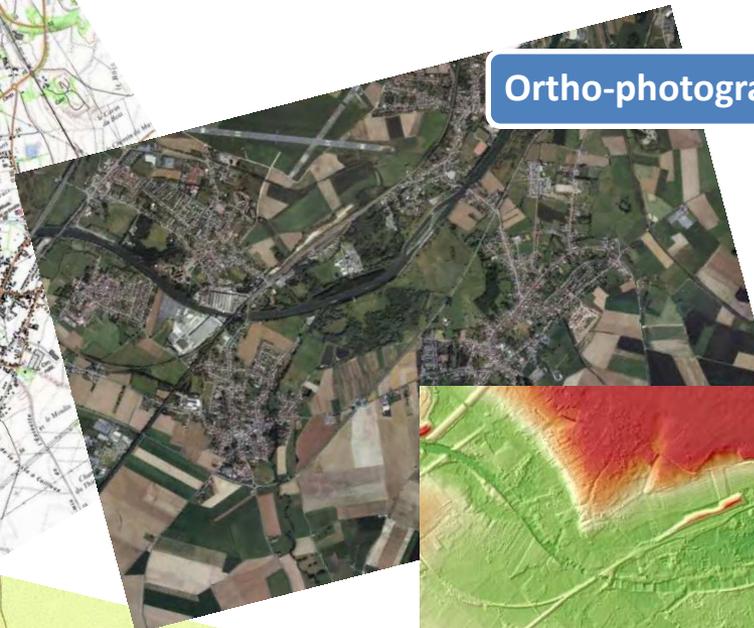
[Recommandation techniques pour l'élaboration de la cartographie des surfaces inondables et des risques, MEDE]

« Les talus qui séparent les différentes unités de la plaine alluviale ont été observés [...] sur les cours d'eau méditerranéens. En revanche, dès que l'on va vers le nord, ceux-ci s'atténuent voire disparaissent. » [Thèse Virginie Delorme-Laurent, 2007]

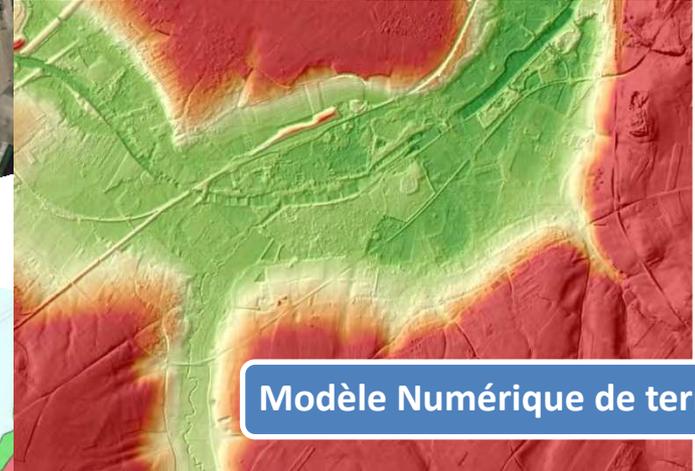
## Les données disponibles



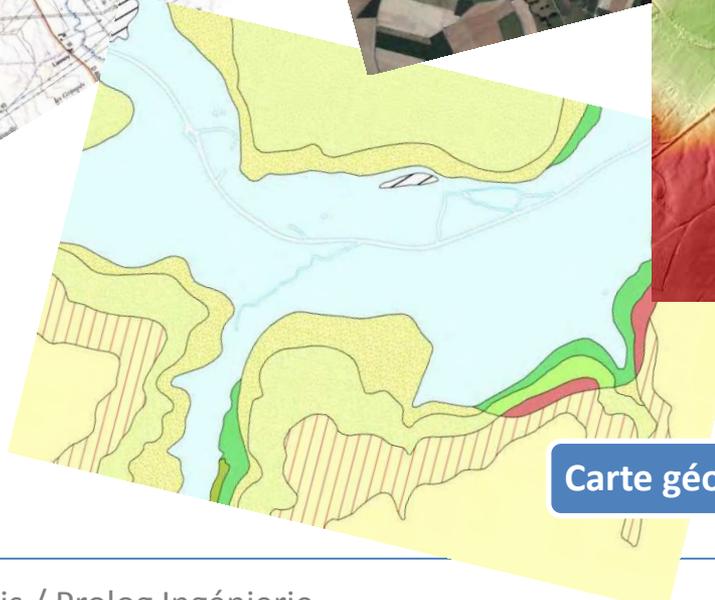
Scan 25 (1/25 000<sup>e</sup>)



Ortho-photographies



Modèle Numérique de terrain (MNT)



Carte géologique (1/50 000<sup>e</sup>)

## Adaptation aux contraintes du territoire



### Analyse de la carte géologique

- Délimitation de la plaine alluviale
- 1<sup>ère</sup> enveloppe maximale des inondations



### Analyse de la topographie

- Données LIDAR
- Correction de la 1<sup>ère</sup> enveloppe



### Mobilisation numérique du lit majeur

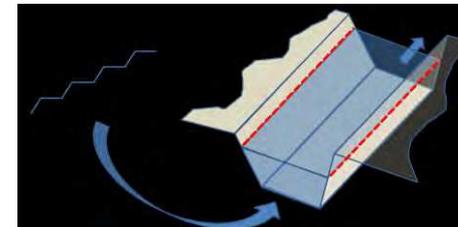
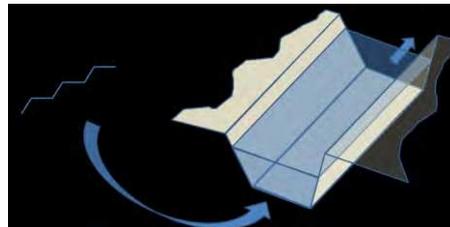
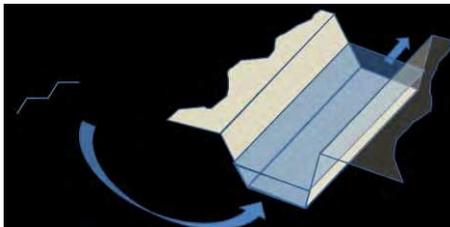
- « remplissage numérique par palier » de plaine alluviale
- Permet de prendre en compte numériquement les reliefs

## Les limites

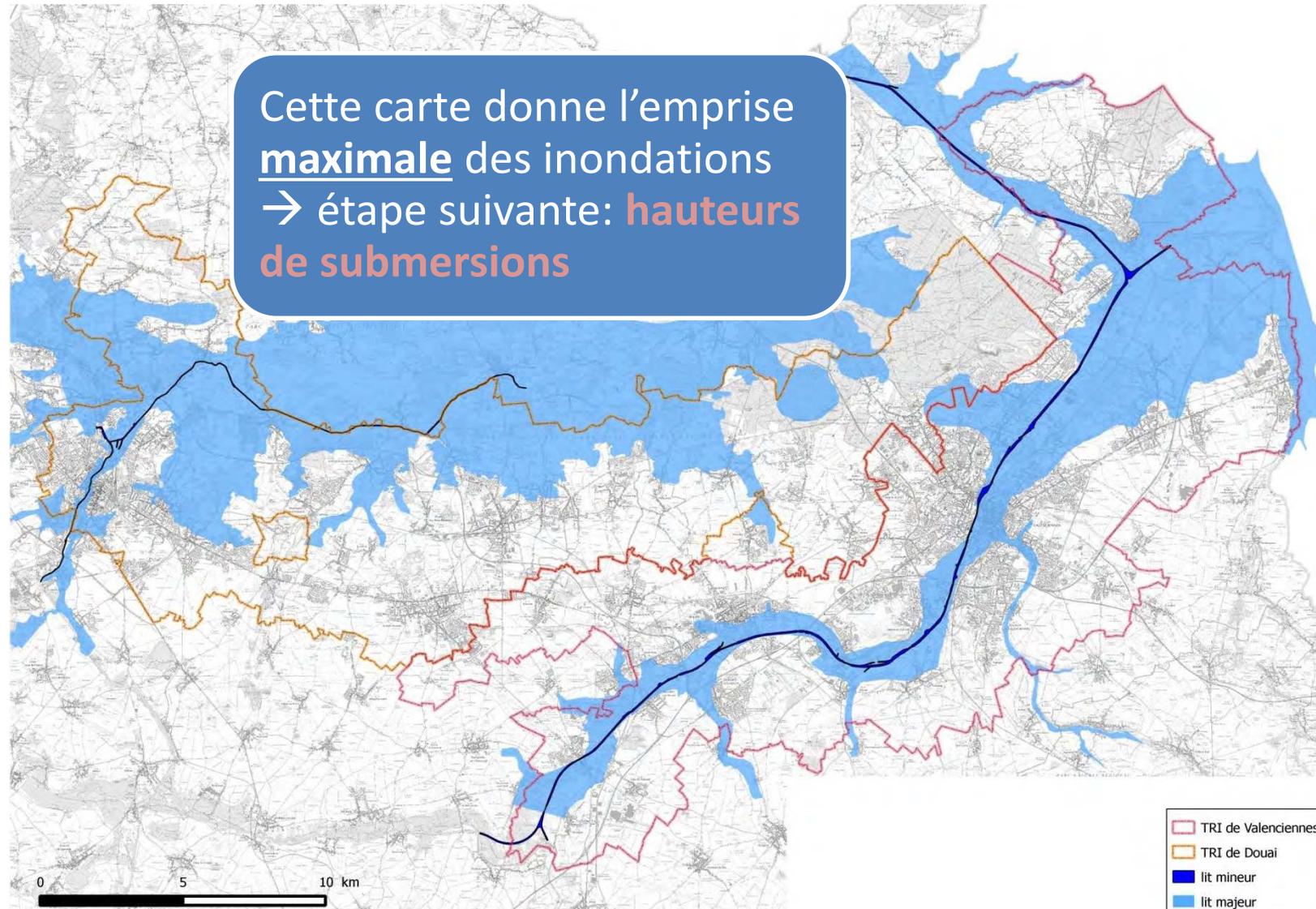
Carte au  
1/50 000<sup>e</sup>

Correction  
visuelle sur  
un territoire  
très étendu

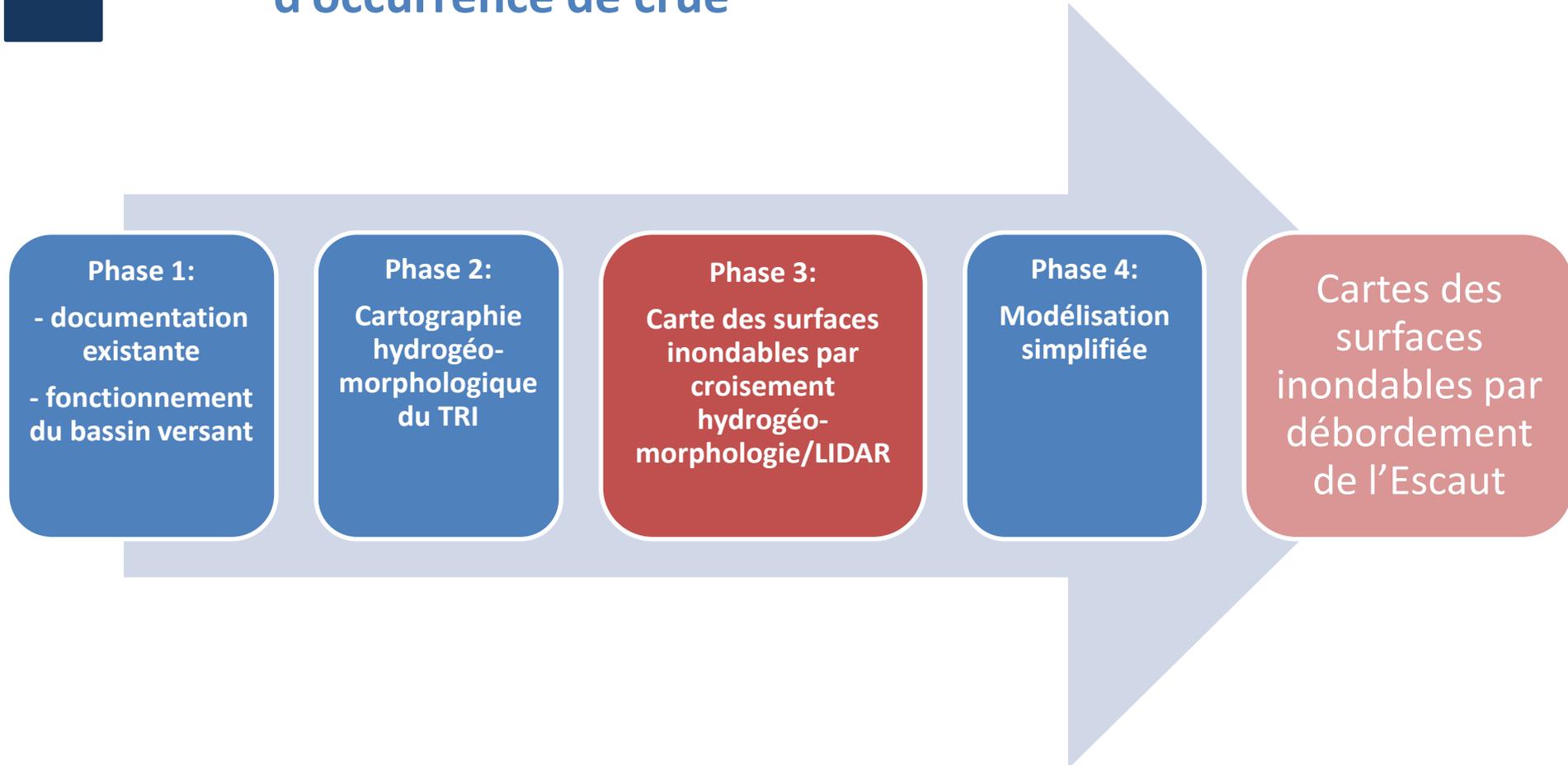
Basé sur le  
MNT  
Remplissage de  
secteurs  
d'amont en aval



# Carte hydrogéomorphologique



# Elaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes des risques dans les TRI pour trois probabilités d'occurrence de crue



# Carte des zones inondables: croisement hydrogéomorphologique /LIDAR

## Méthodologie adoptée

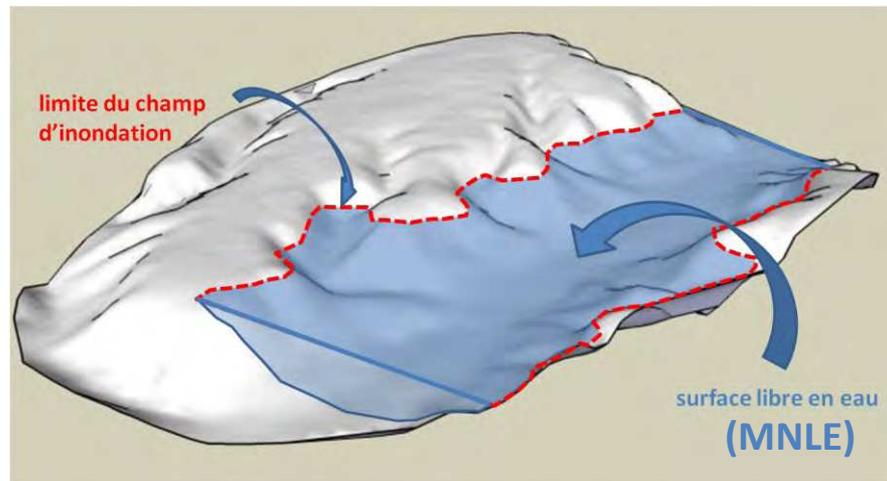
création d'un modèle numérique de ligne d'eau MNLE: **grille des niveaux d'eau (m NGF)**



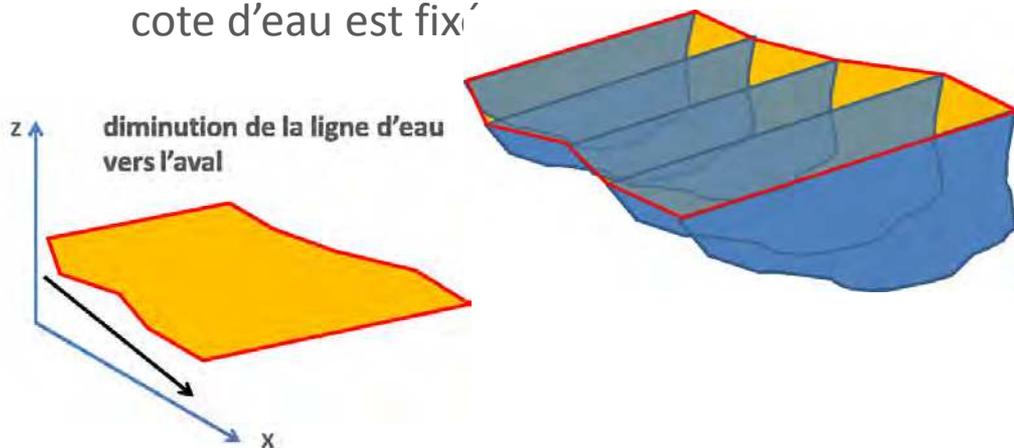
croisement entre le MNLE (cote d'eau) et le MNT (cote du terrain naturel): **simple soustraction**



→ **Grille des hauteurs d'eau**



Interpolation de profils en travers dont la cote d'eau est fixée

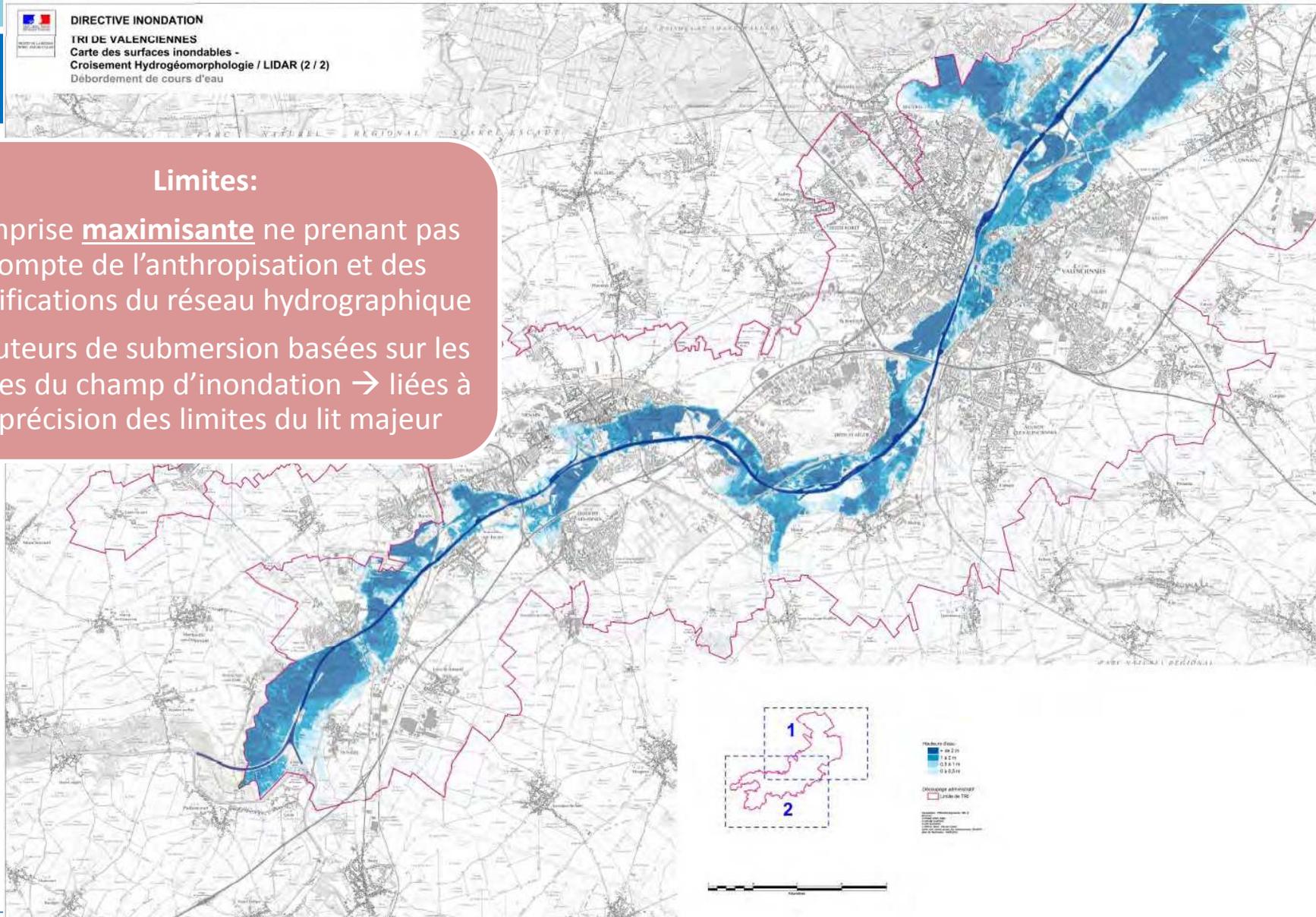


# Carte des zones inondables: croisement hydrogéomorphologique /LIDAR

  
**DIRECTIVE INONDATION**  
**TRI DE VALENCIENNES**  
**Carte des surfaces inondables -**  
**Croisement Hydrogéomorphologie / LIDAR (2 / 2)**  
Débordement de cours d'eau

## Limites:

- Emprise maximisante ne prenant pas compte de l'anthropisation et des modifications du réseau hydrographique
- Hauteurs de submersion basées sur les limites du champ d'inondation → liées à la précision des limites du lit majeur



# Elaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes des risques dans les TRI pour trois probabilités d'occurrence de crue

### Phase 1:

- documentation existante
- fonctionnement du bassin versant

### Phase 2:

Cartographie hydrogéomorphologique du TRI

### Phase 3:

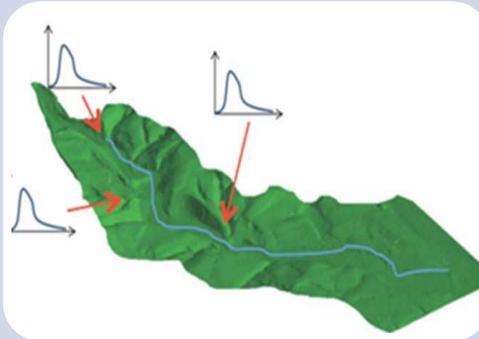
Carte des surfaces inondables par croisement hydrogéomorphologie/LIDAR

### Phase 4:

Modélisation simplifiée

Cartes des surfaces inondables par débordement de l'Escaut

## Étapes de la modélisation hydraulique



### Analyse hydrologique

- Détermination des hydrogrammes de crue (Q10, Q100, Q1000)
- Points clefs du bassin versant



### Simulation hydraulique

- Injection des hydrogrammes de crue
- Modélisation des cours d'eau
- Calcul des écoulements et des débordements



### Cartographie des inondations

- Emprise des inondations
- Hauteurs de submersion

## Analyse hydrologique (Bureau d'Études DHE)

### Stations hydrométriques:

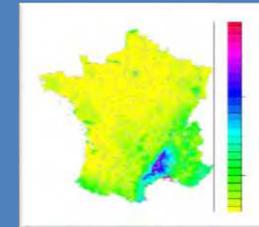
2 stations fiables sur 14 (BV de la Scarpe aval et de l'Escaut)

- Maulde (Escaut)
- Mortagne-du-Nord (la Scarpe aval)



### Choix d'une méthode régionale SHYREG

- adaptée aux bassins non jaugés
- Générateur régional de pluie / Transformation pluie-débit
- Cartographie des débits de pointes

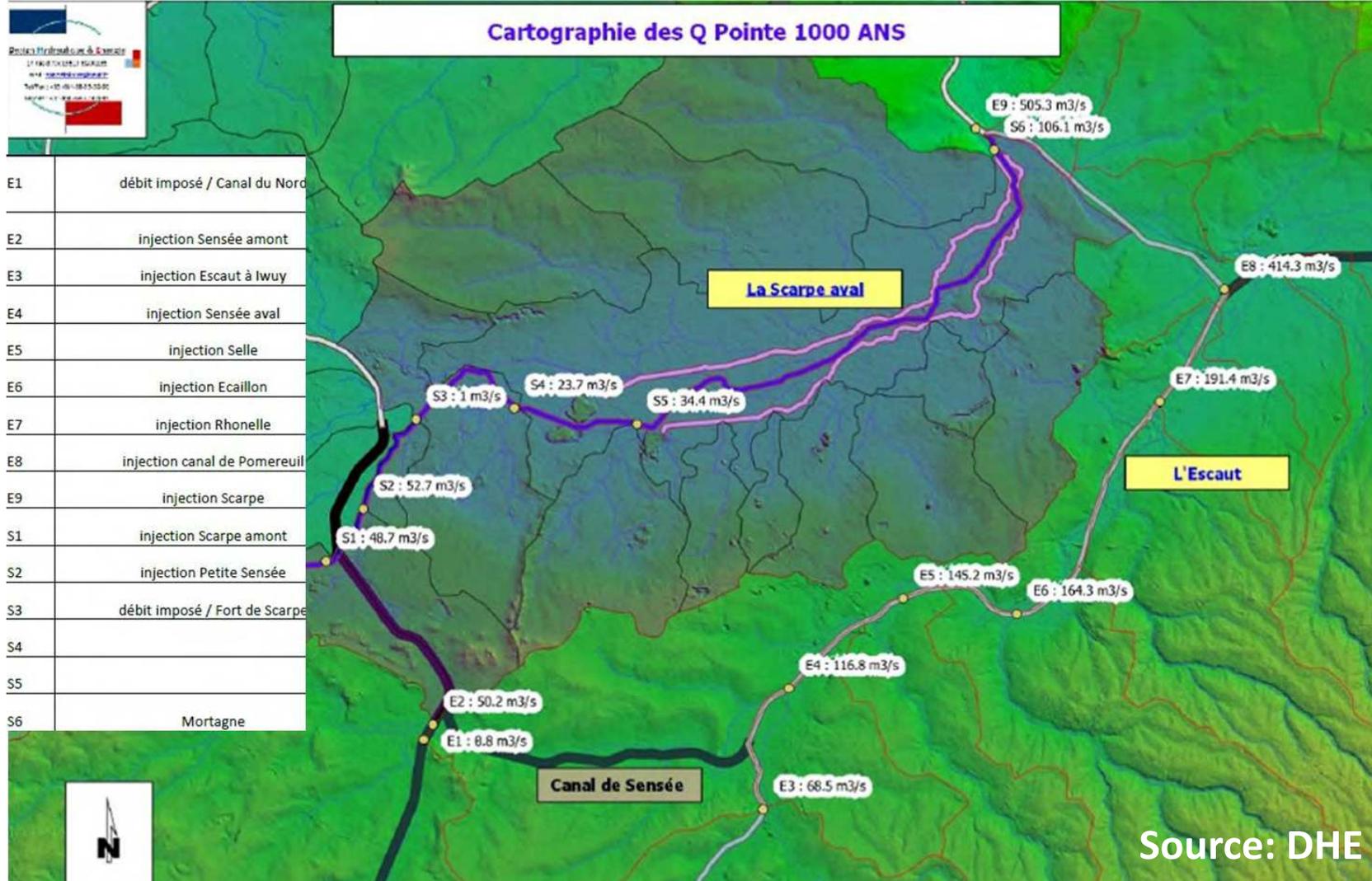


### Hydrogrammes de crue pour les occurrences:

- Fréquente (Q10)
- Rare (Q100)
- Extrême (Q1000)



## Analyse hydrologique: nœuds d'injection des hydrogrammes



## Méthodologie de la modélisation: Approche 1D/2D

### Écoulements dans le lit mineur des cours d'eau (1D)

- Modèle unidimensionnel
- Calcul hydraulique dans une succession de profils en travers (sections de cours d'eau) reliés par des liens et éventuellement des ouvrages

### Débordements des cours d'eau (2D)

- Approche bidimensionnelle
- Maillage de calcul (mailles triangulaires irrégulières) représentant la topographie du lit majeur

## Méthodologie de la modélisation: Approche 1D/2D

### Écoulements dans le lit mineur des cours d'eau (1D)

- Modèle unidimensionnel
- Calcul hydraulique dans une succession de profils en travers (sections de cours d'eau) reliés par des liens et éventuellement des ouvrages

- des profils en travers issus de levés terrestres
- des coupes/dossiers d'ouvrages
- levés topographiques continu du haut de berge

### Débordements des cours d'eau (2D)

- Approche bidimensionnelle
- Maillage de calcul (mailles triangulaires irrégulières) représentant la topographie du lit majeur

## Méthodologie de la modélisation: Approche 1D/2D

### Écoulements dans le lit mineur des cours d'eau (1D)

- Modèle unidimensionnel
- Calcul hydraulique dans une succession de profils en travers (sections de cours d'eau) reliés par des liens et éventuellement des ouvrages

- des profils en travers issus de levés terrestres
- des coupes/dossiers d'ouvrages
- tracé du haut de berge

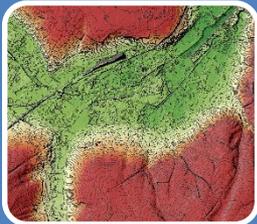
### Débordements des cours d'eau (2D)

- Approche bidimensionnelle
- Maillage de calcul (mailles triangulaires irrégulières) représentant la topographie du lit majeur

- un MNT (chaque maille reçoit les informations altimétriques du MNT)

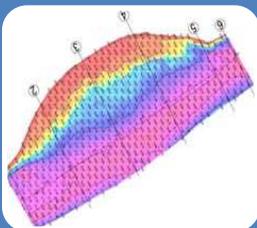
## Les données disponibles

### Données topographiques



#### Modèle Numérique de Terrain

- MNT CG59: mailles de 5 m / précision 20 cm
- LIDAR Scarpe: mailles de 5 m / précision < 10 cm (données plus fines pour les hauts de berges)



#### Données bathymétriques VNF

- Données disponibles pour la Sensée / l'Escaut / une partie du canal de dérivation de la Scarpe, du canal de jonction et de la Scarpe moyenne



#### Profils en travers de la Scarpe aval

- Géolocalisation et import des profils du modèle SOGREA de l'AZI Scarpe aval

### Les limites

Précision variable dans les zones de végétation

Hypothèses pour les secteurs non couverts

- Profils trapézoïdaux
- Cote du fond:

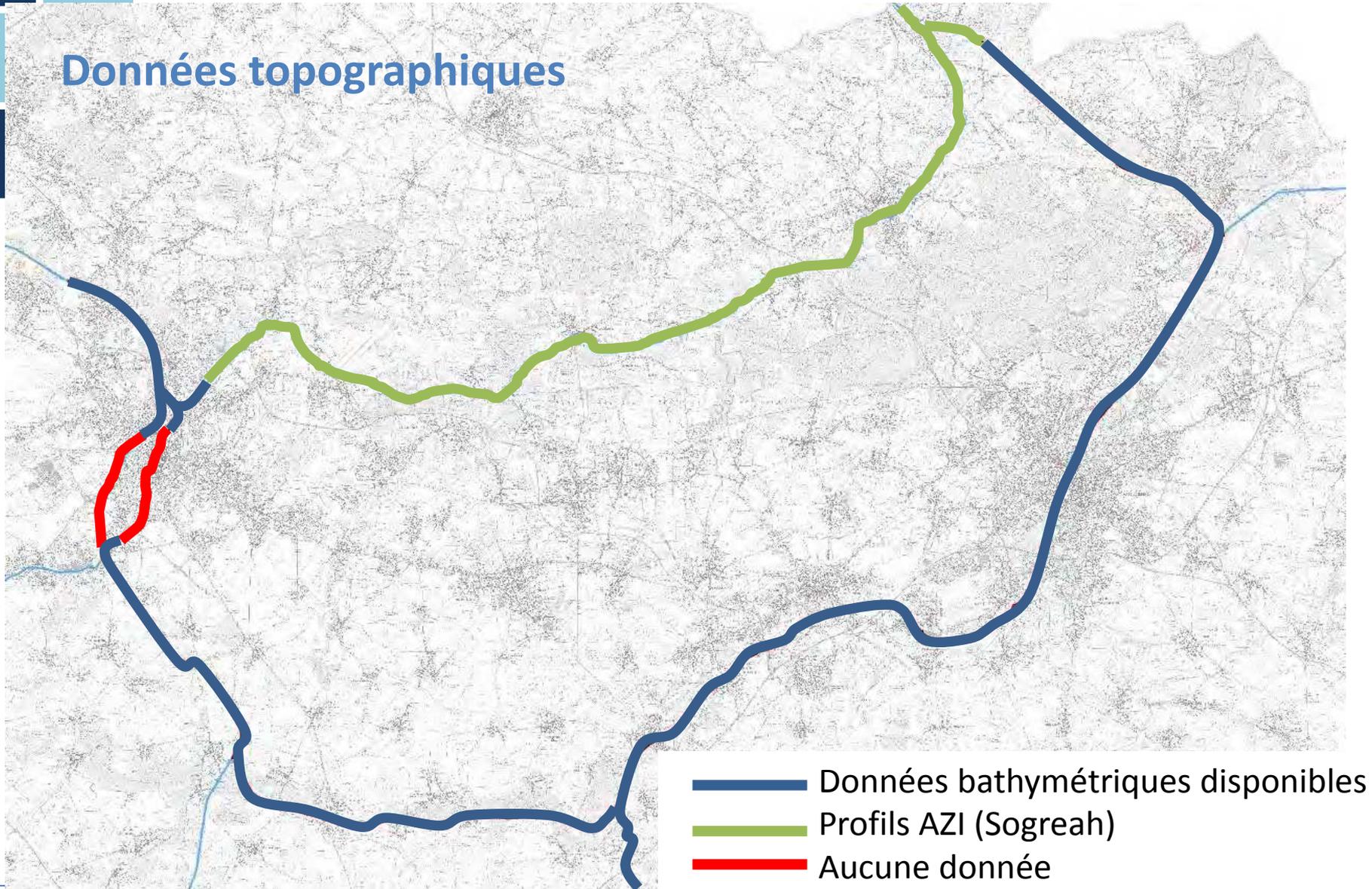
NNN – 2,20 (petit gabarit)

NNN – 4,20 (grand gabarit)

Données non disponibles au format SIG

Géolocalisation entraîne des incertitudes sur la position des profils

## Données topographiques



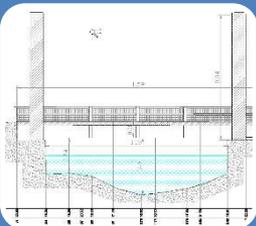
## Les données disponibles

### Données d'ouvrages



#### Ecluses

- Dossiers d'ouvrages pour les écluses de l'Escaut et de la Scarpe moyenne sauf **Fort de Scarpe**
- Levés géomètres pour les écluses de la Scarpe aval sauf **Thun** (cote radier et cote supérieure du barrage disponibles)



#### Ponts

- Levés de géomètre pour 13 ponts de la Scarpe aval et 3 ponts de l'Escaut



#### Stations de relevage

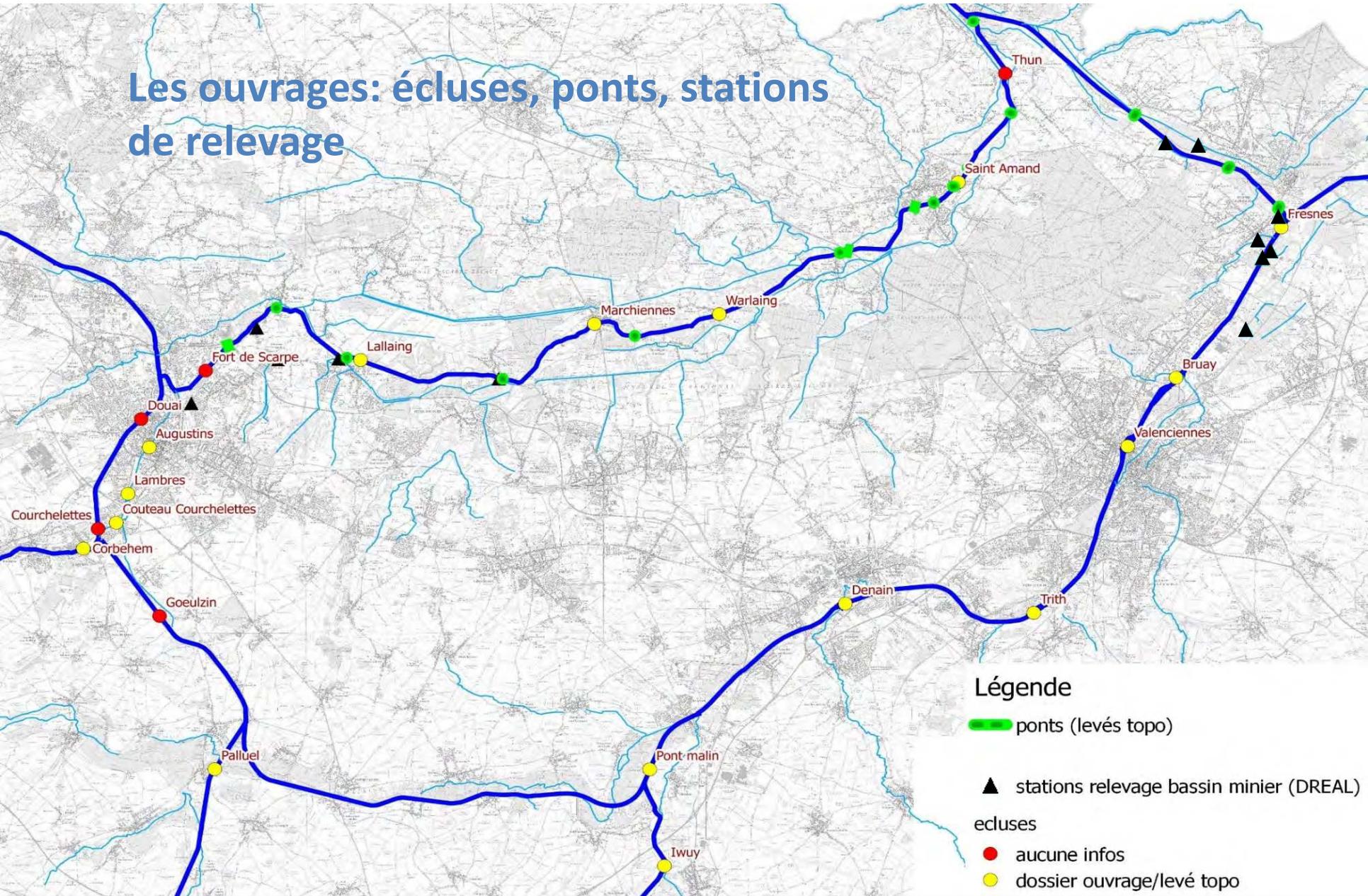
- Relevage des eaux des cuvettes du bassin minier → capacité nominale de 16 stations de relevage

### Les limites

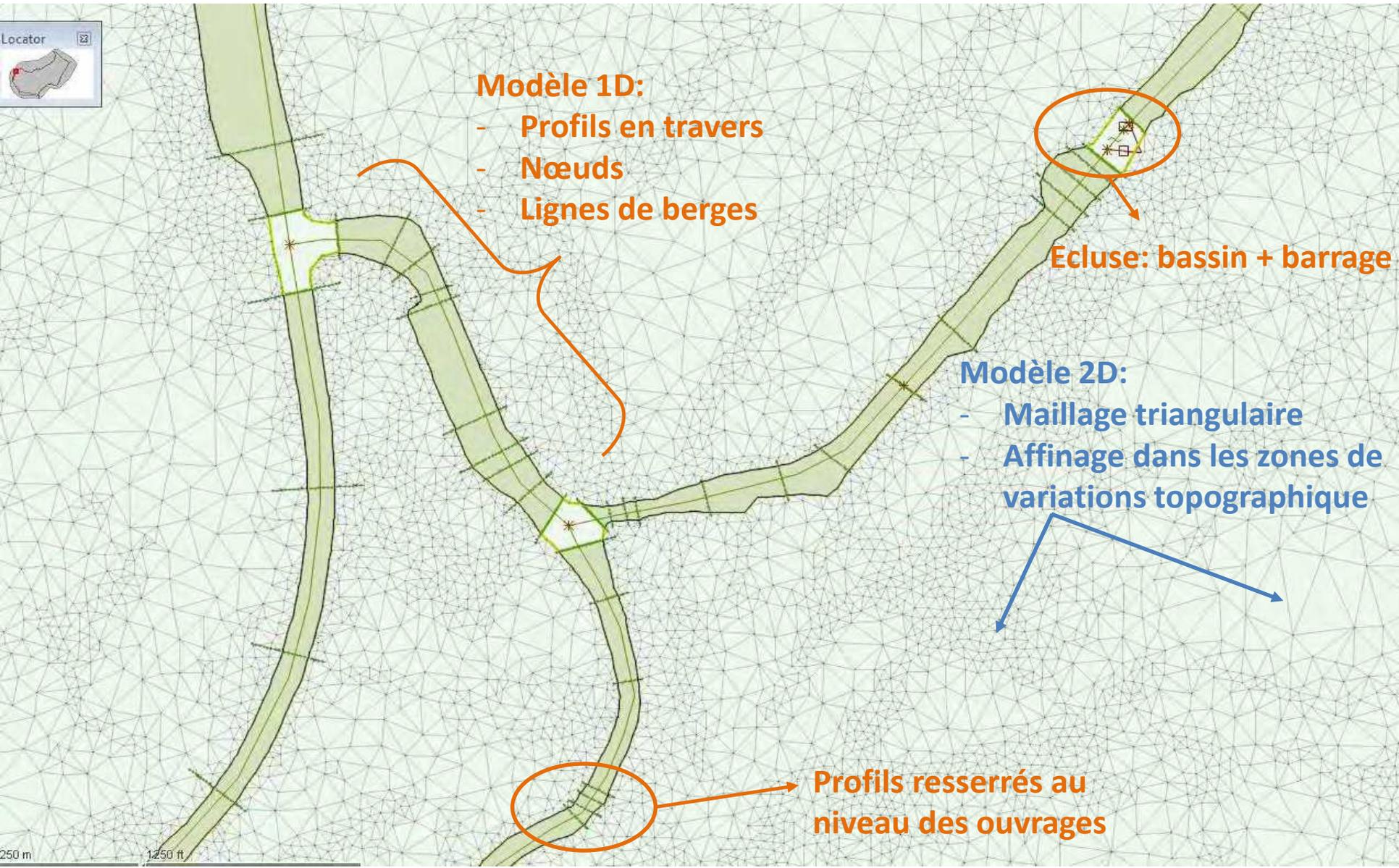
**Dimensions non disponibles des écluses:**

- **Goelzin**
- **Courchelettes**
- **Douai**
- **Thun**

## Les ouvrages: écluses, ponts, stations de relevage



# Le modèle: couplage 1D/2D



## Les ouvrages

### Barrages des écluses ouverts:

- Vannes ouvertes
- Clapets abaissés

### Trois écluses totalement fermées:

- Goeulzin
- Courchelettes
- Douai

## Les conditions aux limites

### Conditions aux limites aval:

- \* **Frontière belge à l'aval de la confluence Scarpe/Escaut**

H proche de la hauteur de débordement

**H=16m NGF**

(en accord avec la loi hauteur-débit Sogreah au droit de l'écluse de Kain)

- \* **Canal de la Deule**

Hauteur de débordement (dossier d'ouvrage de l'écluse de Don)

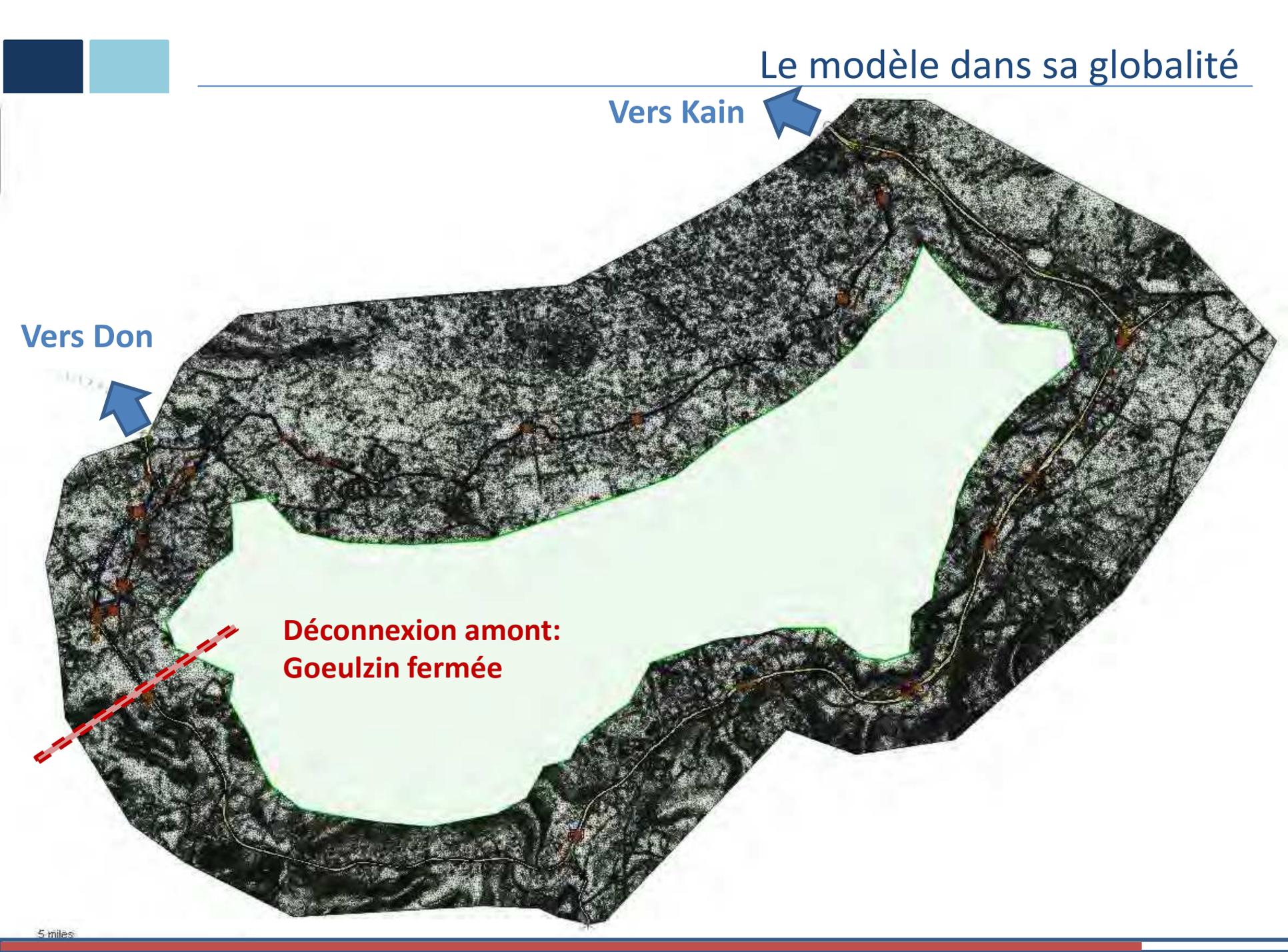
**H= 21,98 m NGF**



Vers Kain

Vers Don

Déconnexion amont:  
Goeulzin fermée



## Les limitations du modèle

### **Données bathymétriques manquantes**

Hypothèses sur les profils en travers → peut induire des incohérences avec les cotes radier des ouvrages

Géolocalisation des profils du modèle Sogreah de l'AZI

### **Données topographiques (MNT fin et CG59): hauts de berge**

Précision moindre dans les zones de végétation (filtrage)

**Echanges hydrologiques complexes du réseau secondaire non pris en compte par l'hydrologie**

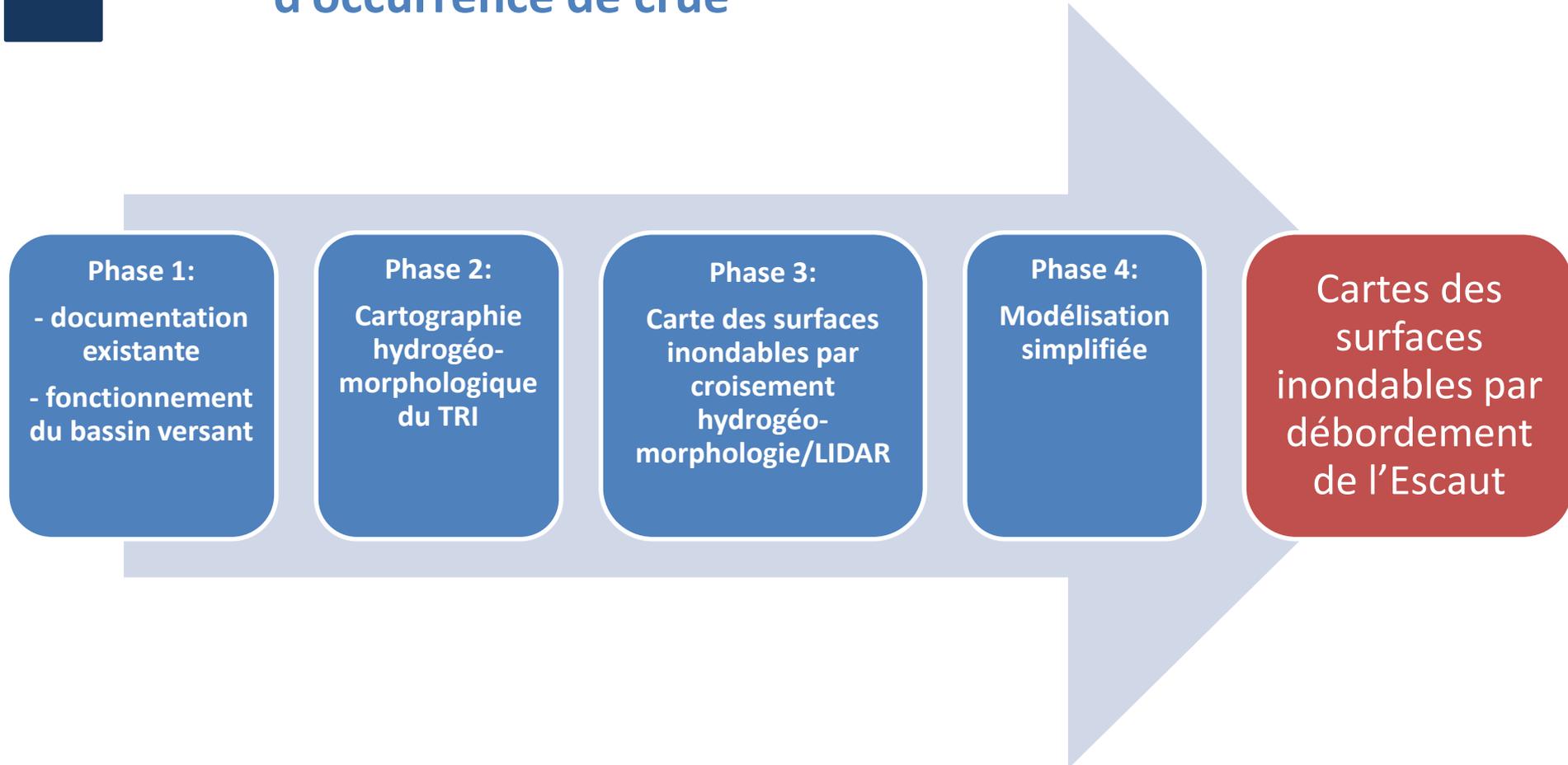


## Éléments de calage

### Confrontation des résultats avec des éléments réels:

- \* **Cotes de premier débordement:** vérifiées pour les biefs dont la cote est disponible (dossier d'ouvrage)
- \* **Cohérence des cotes d'eau modélisées avec le NNN**
- \* **Limites du lit majeur hydrogéomorphologique pour le scénario extrême**

### Elaboration des cartes de surfaces inondables et des cartes des risques dans les TRI pour trois probabilités d'occurrence de crue

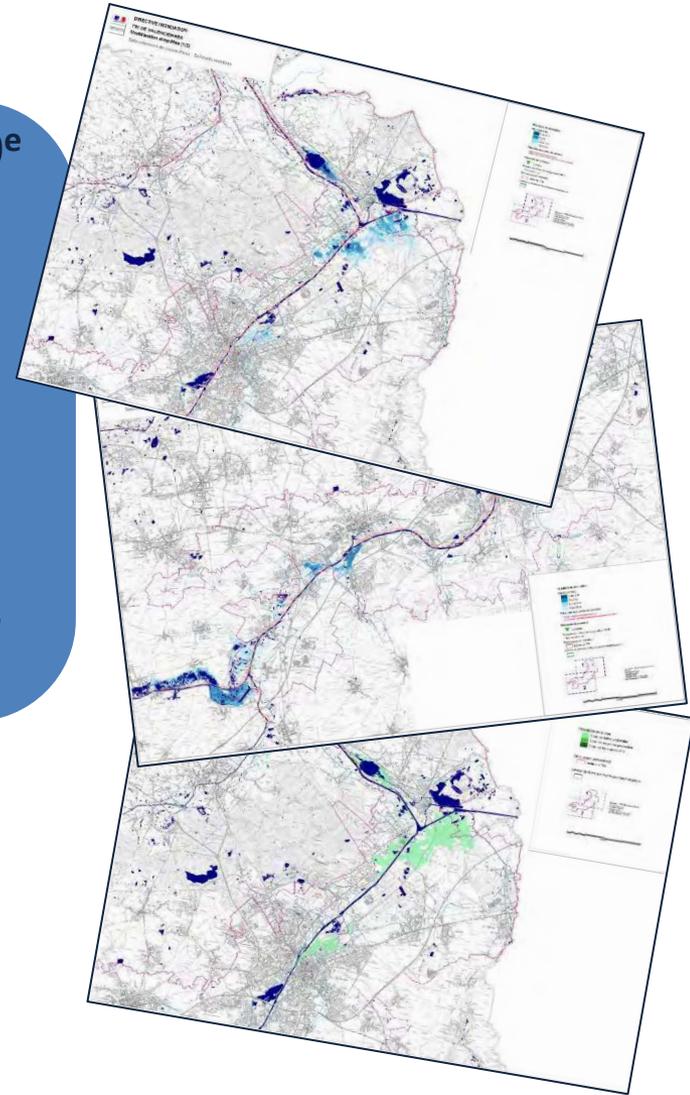


## Les cartes

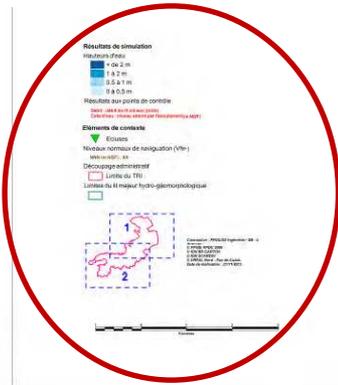
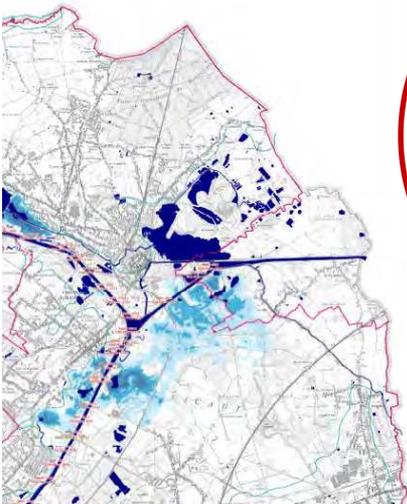
**3 cartes des surfaces inondables au 1/25 000<sup>e</sup>  
donnant les hauteurs de submersion pour:**

- Scénario fréquent (Q10)
- Scénario moyen (Q100)
- Scénario extrême (Q1000)

**1 carte de synthèse des surfaces inondables  
au 1/25 000<sup>e</sup>**



## Lecture de la carte



### Résultats de simulation

Hauteurs d'eau



→ Hauteurs de submersion

Résultats aux points de contrôle

Débit : débit en lit mineur (m<sup>3</sup>/s)  
Cote d'eau : niveau atteint par l'écoulement (m NGF)

→ Débit et cote d'eau aux points de contrôle

Eléments de contexte

▼ Ecluses

→ Écluses et NNN

Niveaux normaux de navigation (VNF)

NNN (m NGF) : XX

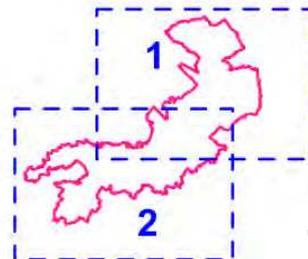
Découpage administratif

□ Limite du TRI

→ Limite du TRI et du lit majeur

Limites du lit majeur hydro-géomorphologique

□



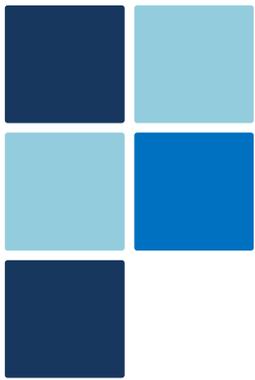
Conception : PROLOG Ingénierie / SB - 0  
Sources :  
© PPIGE NPDC 2009  
© IGN BD CARTO®  
© IGN SCAN25®  
© DREAL Nord - Pas-de-Calais  
Date de réalisation : 21/11/2013

→ planchage



→ échelle

## Lecture de la carte de synthèse



Probabilité de la crue

-  Crue de faible probabilité
-  Crue de moyenne probabilité
-  Crue de forte probabilité

→ Emprise des zones inondables pour les scénarios:

- **Fréquent** (probabilité forte)
- **Moyen** (probabilité moyenne)
- **Extrême** (probabilité faible)

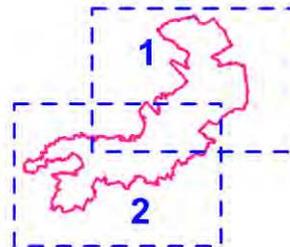
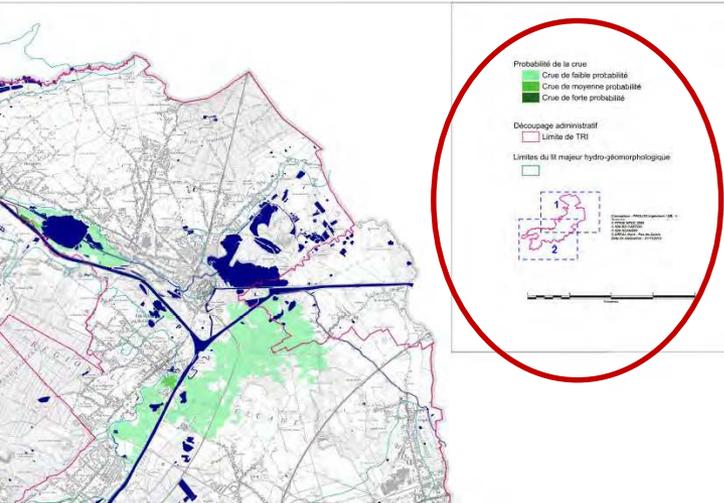
Découpage administratif

-  Limite de TRI

→ **Limite du TRI et du lit majeur**

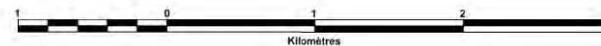
Limites du lit majeur hydro-géomorphologique

- 

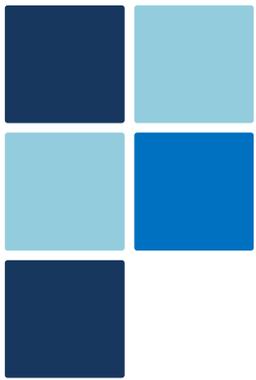


Conception : PROLOG Ingénierie / SB - 0  
Sources :  
© PPIGE NPDC 2009  
© IGN BD CARTO®  
© IGN SCAN25®  
© DREAL Nord - Pas-de-Calais  
Date de réalisation : 21/11/2013

→ **planchage**



→ **échelle**



**Merci pour votre attention**