Club des gestionnaires de la Loire
Orléans, 4 avril 2012

Méthodologie d'utilisation des données LiDAR haute résolution pour contribuer au diagnostic des digues

- Expérimentation sur le Val d'Orléans -

Lucie Auriau
IRSTEA
Unité de recherche « ouvrages hydrauliques »

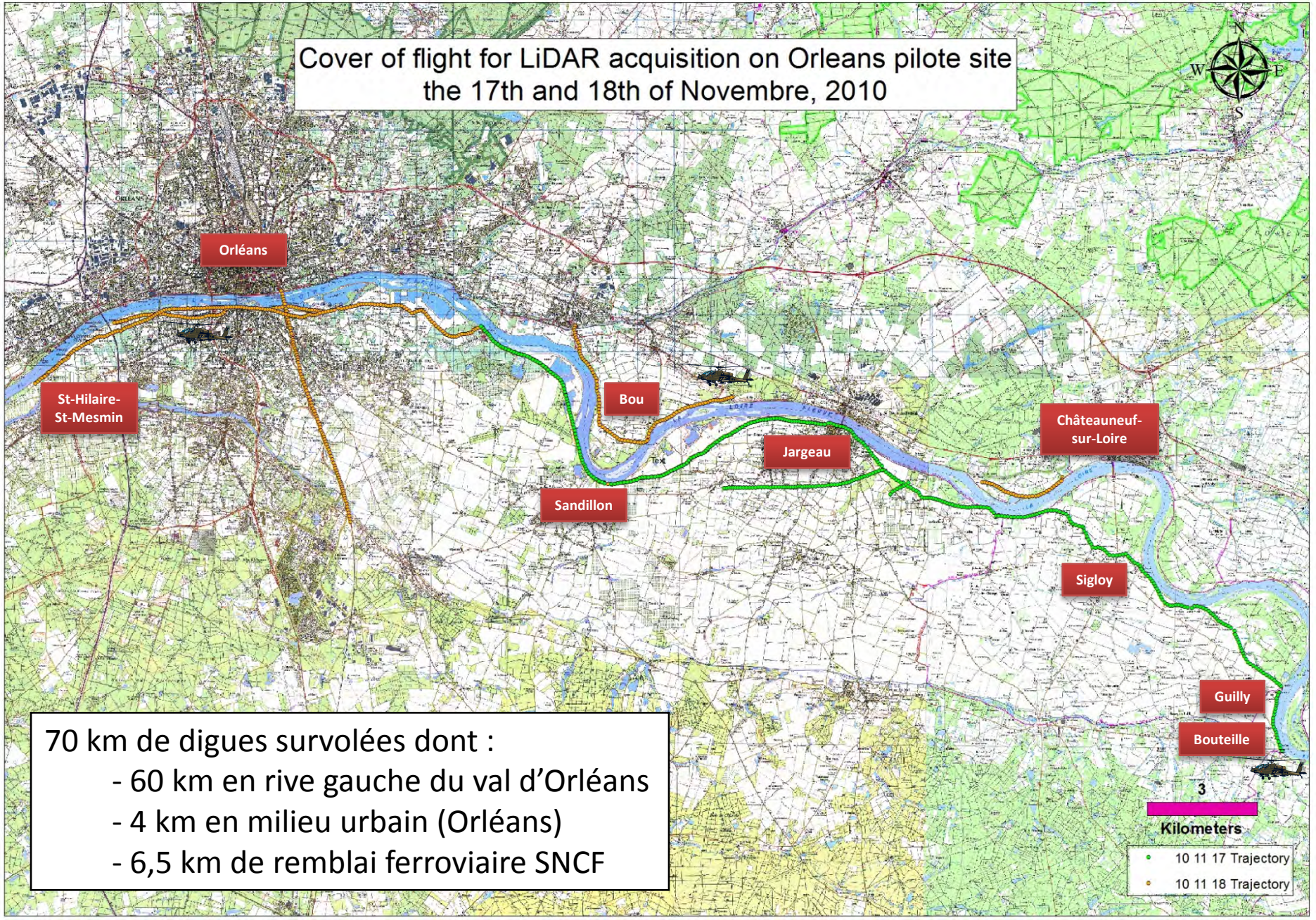
Pour mieux affirmer ses missions, le Cemagref devient Irstea

Etude du LiDAR Flimap sur le site pilote d'Orléans

Plan

1. Rapide rappel de l'acquisition Lidar sur Orléans
2. Proposition de méthodologie
3. Limites et perspectives

1. Rappel de l'acquisition Lidar sur Orléans



70 km de digues survolées dont :

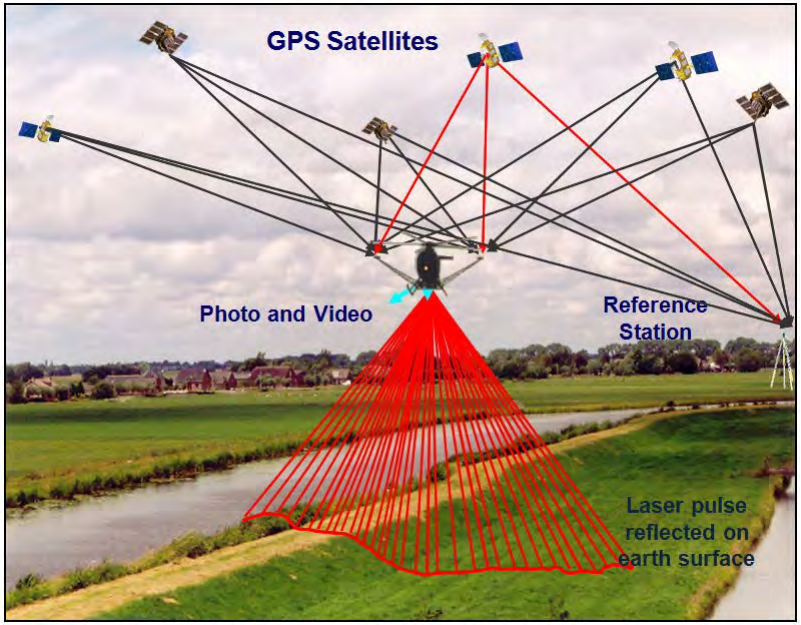
- 60 km en rive gauche du val d'Orléans
- 4 km en milieu urbain (Orléans)
- 6,5 km de remblai ferroviaire SNCF

1. Rappel de l'acquisition Lidar sur Orléans

Système d'acquisition : FLI-MAP 400, élaboré par Fugro-Géoid © :
- données topographiques haute résolution
- photos et vidéos haute résolution

Paramètres de vol :

- **largeur du corridor** : **105 m**
- **hauteur de l'hélicoptère** : **150 m**
- vitesse : 35 noeuds
- fréquence laser : 375
- **3 angles de balayage** (7 vers l'avant, verticale et 7 vers l'arrière) pour minimiser les effets d'ombre
- **densité de points : > 80 points/m²**
- précision :
  - ✓ **5 cm en planimétrie**
  - ✓ **3 cm en altimétrie**
  - ✓ 25 mm en photographie (**16 Mpixels**)
  - ✓ 0.4 Mpixels en vidéo



1. Rappel de l'acquisition Lidar sur Orléans

Principales données obtenues

Points laser bruts

Vue en plan , *Fugro Viewer©*

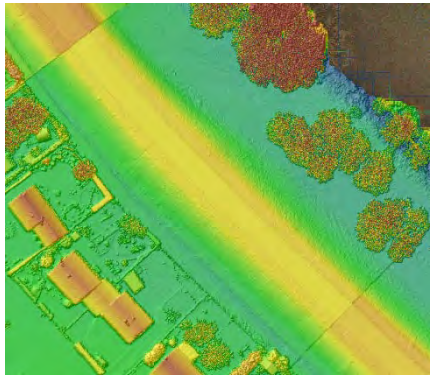
Peut afficher tous les éléments topographiques visibles avec la couleur naturelle de l'objet

Coupe en travers , *Fugro Viewer©*

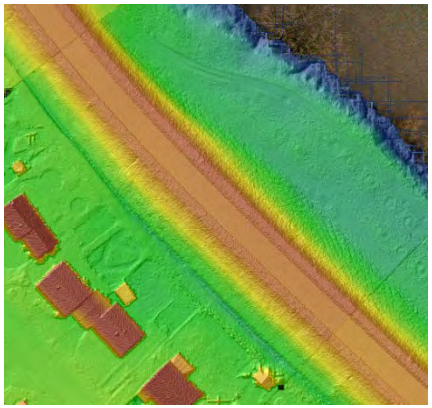
Vue 3D , *Fugro Viewer©*

MNE / MNT

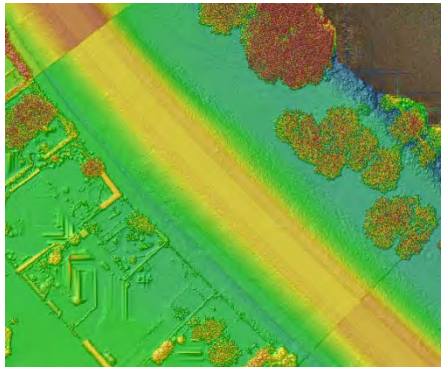
MNE



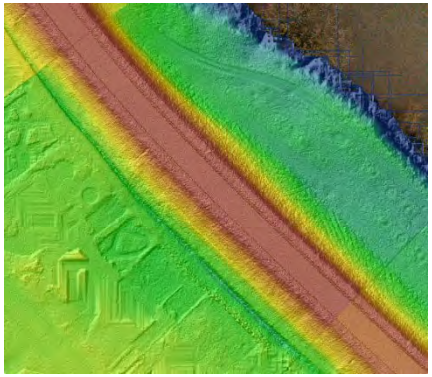
MNE sans végétation



MNE sans bâtiment



MNT



Résolution : 10 cm

1. Rappel de l’acquisition Lidar sur Orléans

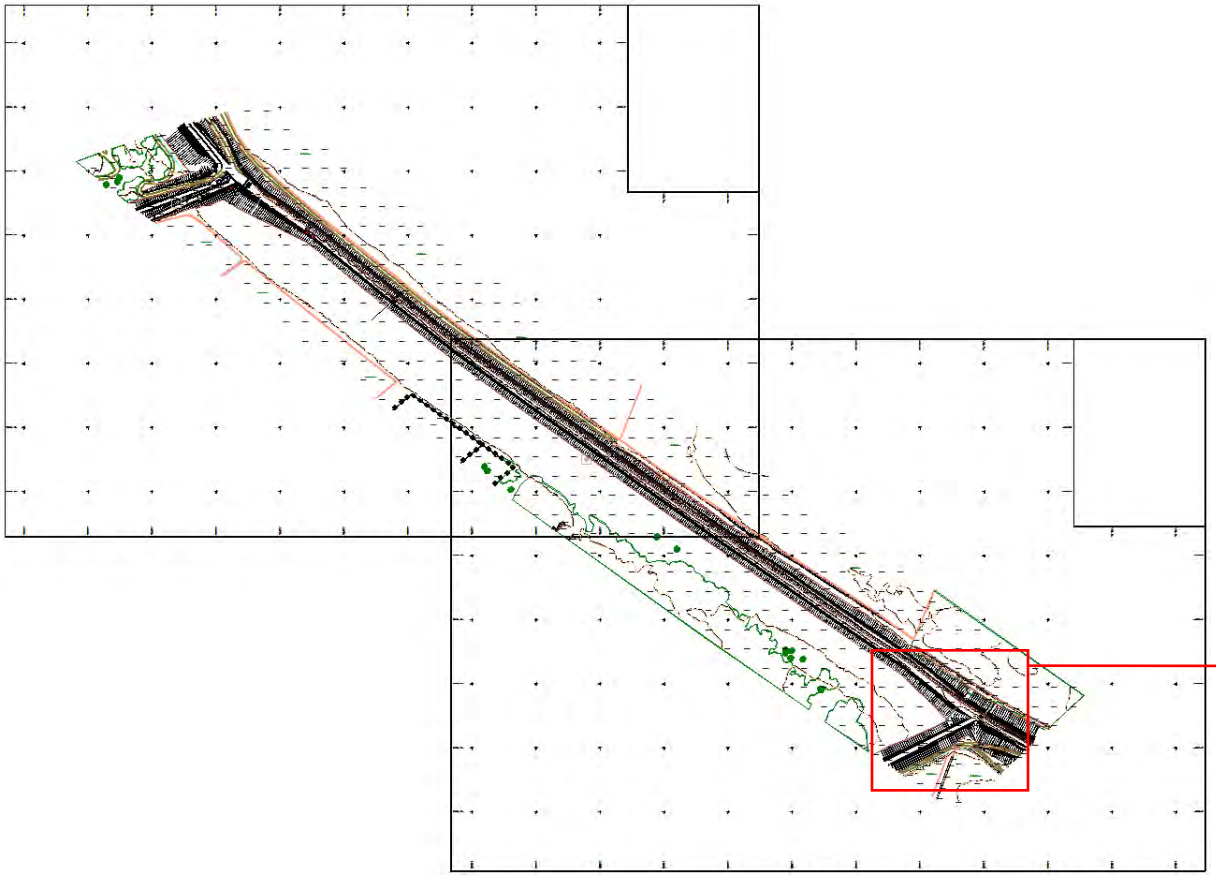
Photographies haute résolution

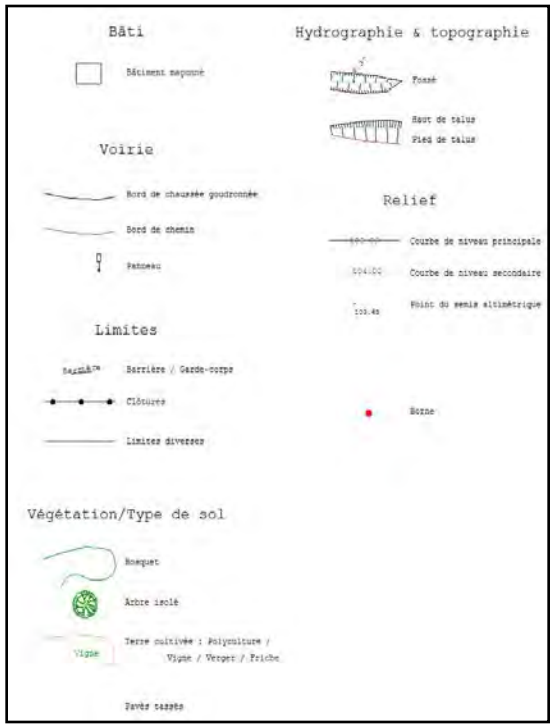
Résolution :
25 mm/pixel

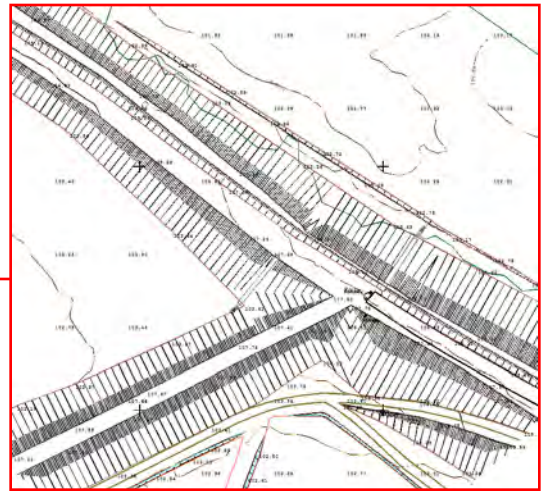
Vidéos haute résolution

1. Rappel de l’acquisition Lidar sur Orléans

Plan topographique 1/500







Plan de méthodologie pour le diagnostic de digue

a) Identifier les secteurs d'intérêt

1. Premier zonage de la digue : utilisation des **photos aériennes et vidéos**
2. Croisement avec les données historiques

b) **Données topographiques** : support d'observations visuelles sur le terrain, implanter les sondages de reconnaissance, les ouvrages de confortement

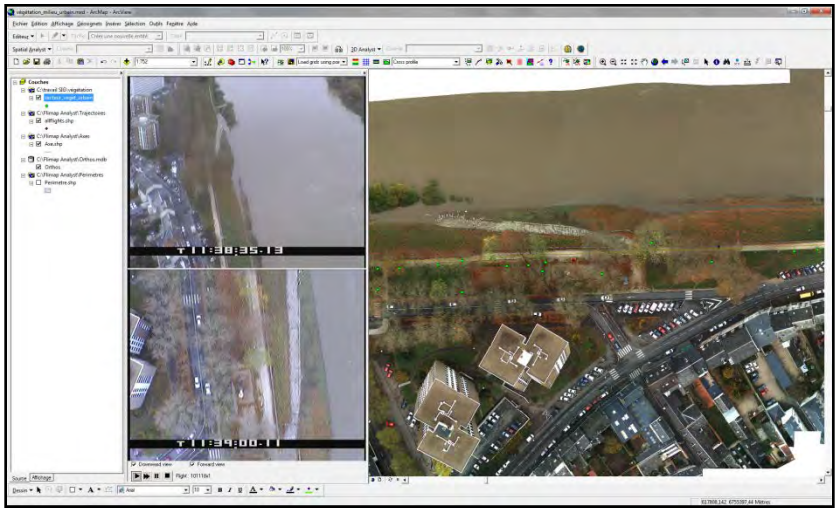
c) Utilisation des **données LiDAR** pour évaluer la sensibilité de la digue aux différents aléas de rupture ou de dégradation

1. Risque d'érosion interne
2. Risque de surverse
3. Risque d'instabilité
4. Érosion externe et affouillement

2. Proposition de méthodologie

a) Prendre connaissance de la digue et identifier les secteurs d'intérêt
1. premier zonage : exploitation des photos aériennes et vidéos

- Visualisation des vidéos : repérer des éléments-clé de **constitution ou état de la digue**
- différentes natures d'ouvrages (remblai / maçonnerie)
- végétation arborée
- bâtiments encastrés dans la digue
- zones de rapprochement pied de levée – cours d'eau
- repérage d'anciennes brèches probables



FliMap Analyst
(extension ArcGis, Fugro Géoid©)

- Visualisation de photos géoréférencées
- plus précis que les vidéos
- permet de zoomer à partir du **tableau d'assemblage de photos géoréférencées**

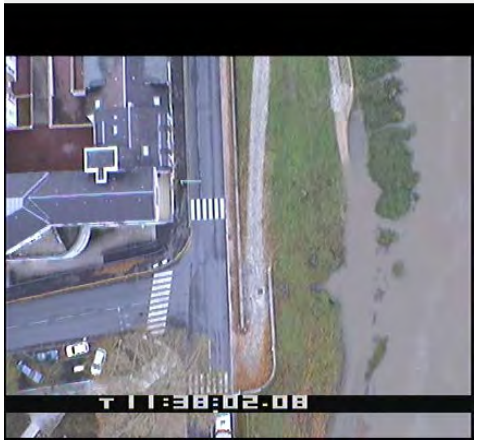
❑ Différentes natures d'ouvrages : remblai, maçonnerie

Digue avec muret, en zone urbaine d'Orléans, rive gauche – *levée des Capucins*

muret maçonné de cale

tapis drainant du confortement par recharge

route en crête



Digue en remblai, sur une grande distance *entre Guilly et Bouteille*

❑ Présence de végétation arborée, de bâtiments encastrés

massif de végétation arborée vers le talus côté fleuve, *Guilly*

zoom sur la photo : caractérisation du type de végétation (feuillus, chêne probablement)

bâti encastré dans le talus côté val de la digue, *Châteauneuf-sur-Loire*

❑ Rapprochement ou contact pied de levée – cours d'eau

Rapprochement du cours d'eau au pied de levée,
au lieu-dit « Maison Vieille », entre Guilly et Sigloy

Risque d'érosion externe ou affouillement !

mare d'eau au-delà du pied côté val de la digue : fosse d'érosion non remblayée après l'accident

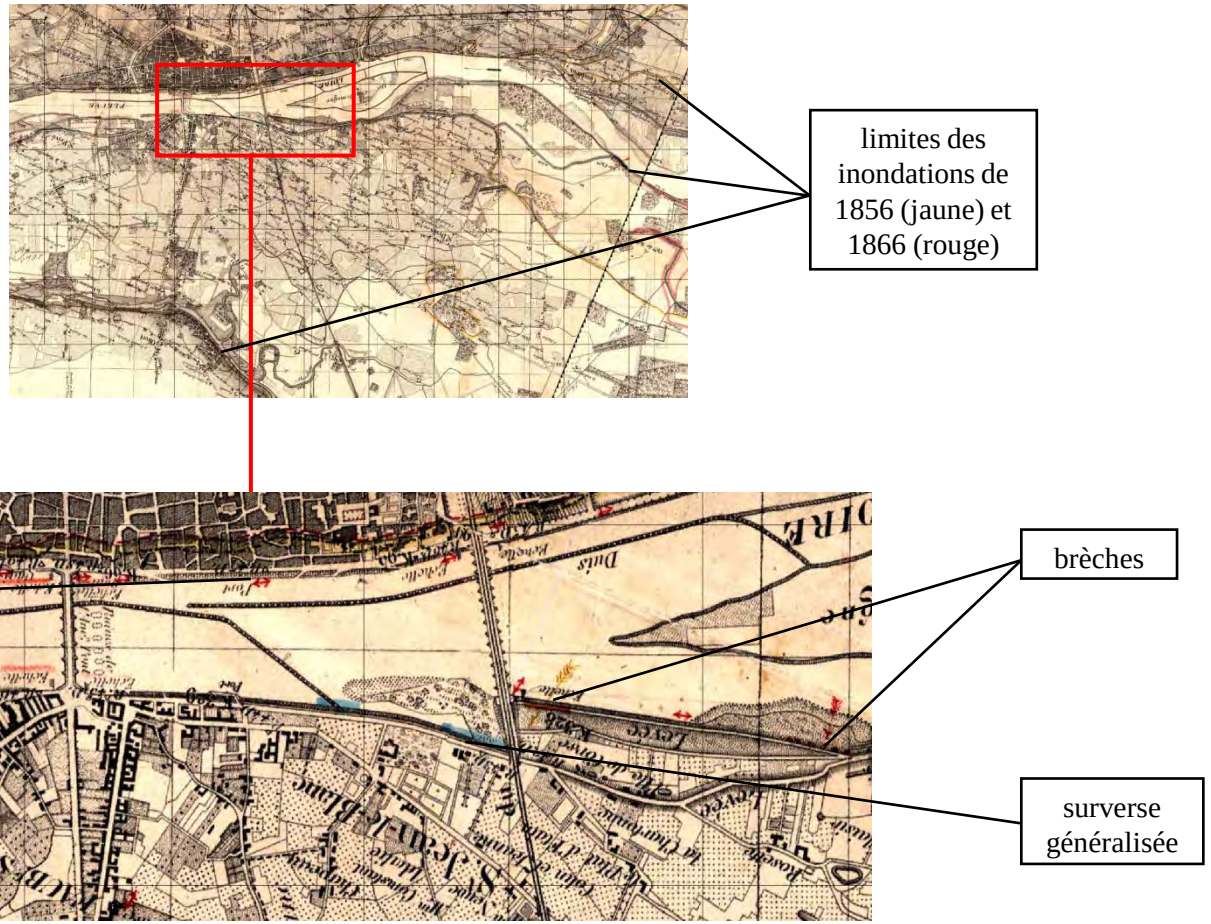
❑ Repérage d'anciennes brèches probables

Ancienne brèche
au lieu-dit « la Brèche », amont de Sigloy

2. Proposition de méthodologie

a) Exploitation des photos aériennes et vidéos pour prendre connaissance de la digue et identifier les secteurs d'intérêt
2. croisement avec les informations historiques

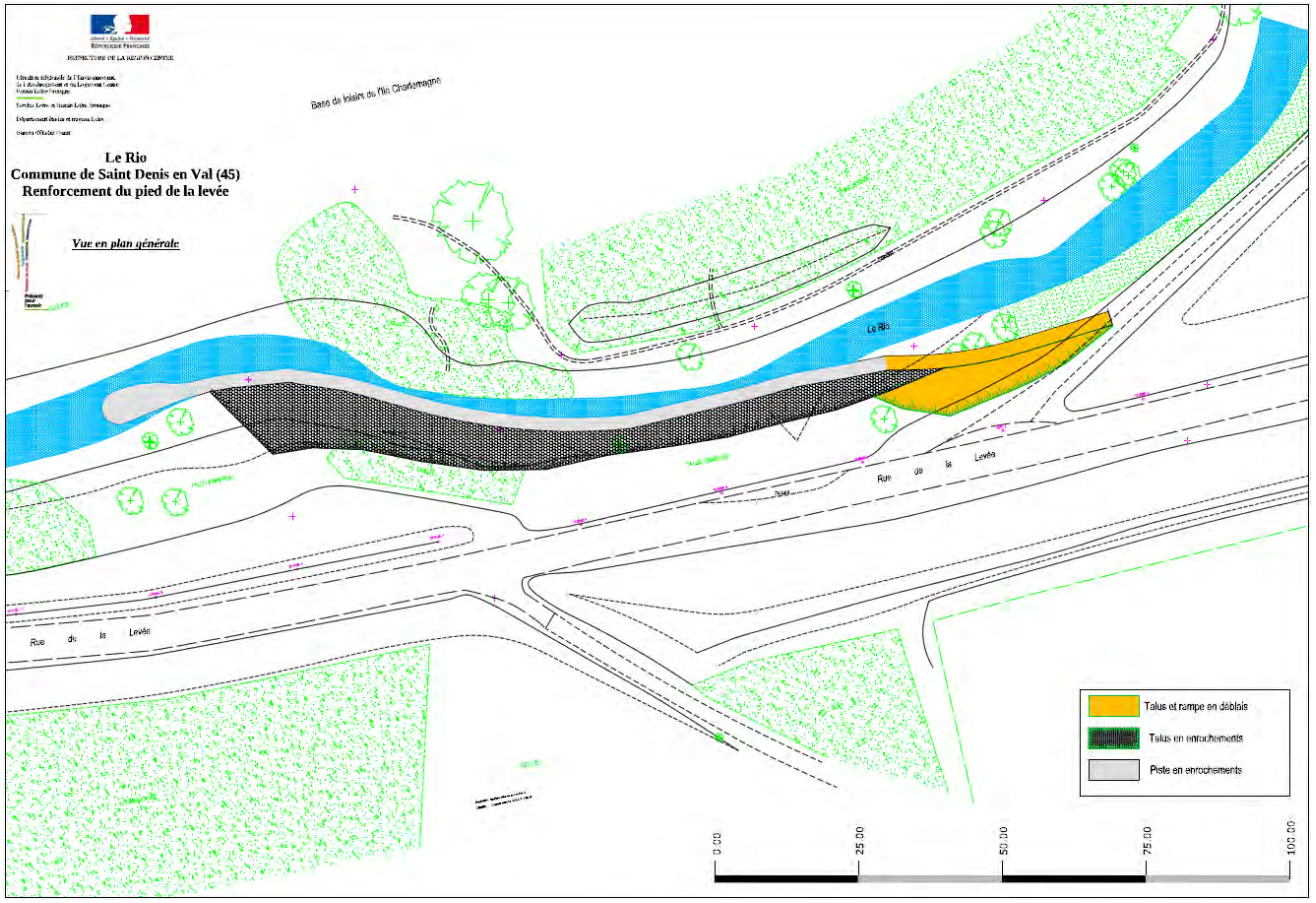
❑ **Cartes anciennes de 1850 :**
- limites géographiques des inondations
- brèches
- partie de levée submergée
- repères de crue



Exemple de carte ancienne : levée rive gauche du val d'Orléans, zoom sur la levée des Capucins

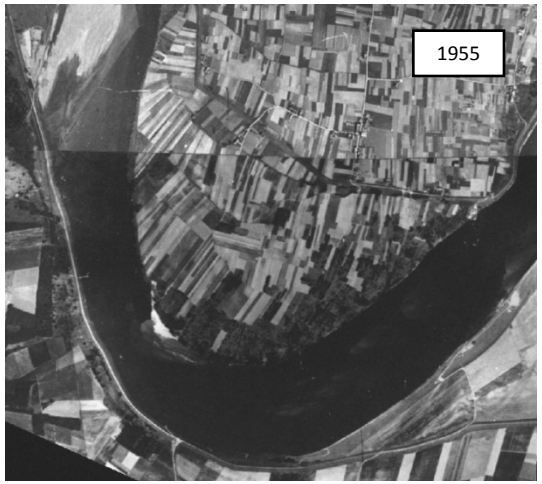
2. Proposition de méthodologie

❑ Repérage des zones confortées : utilisation de **plans topographiques antérieurs** où sont indiquées certaines zones de travaux (sont-ils mis à jour ?)

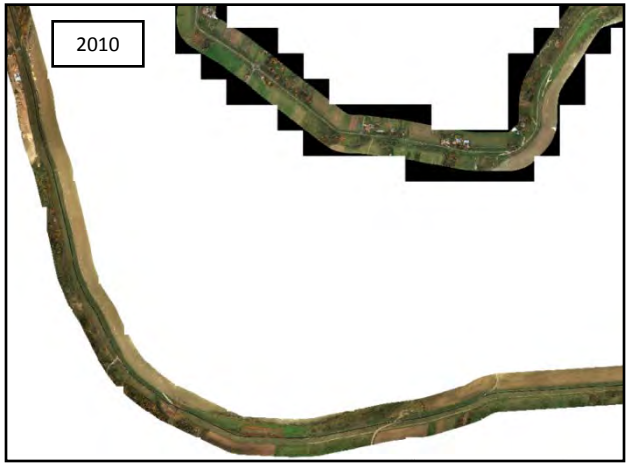


Exemple d'un plan topographique avec un renforcement de pied de levée en enrochements, côté val : Rio de l'île Charlemagne, rive gauche de la Loire

❑ Comparaison avec des **photos aériennes antérieures**



Résolution n'est pas la même : comparer avec une autre acquisition LiDAR haute résolution



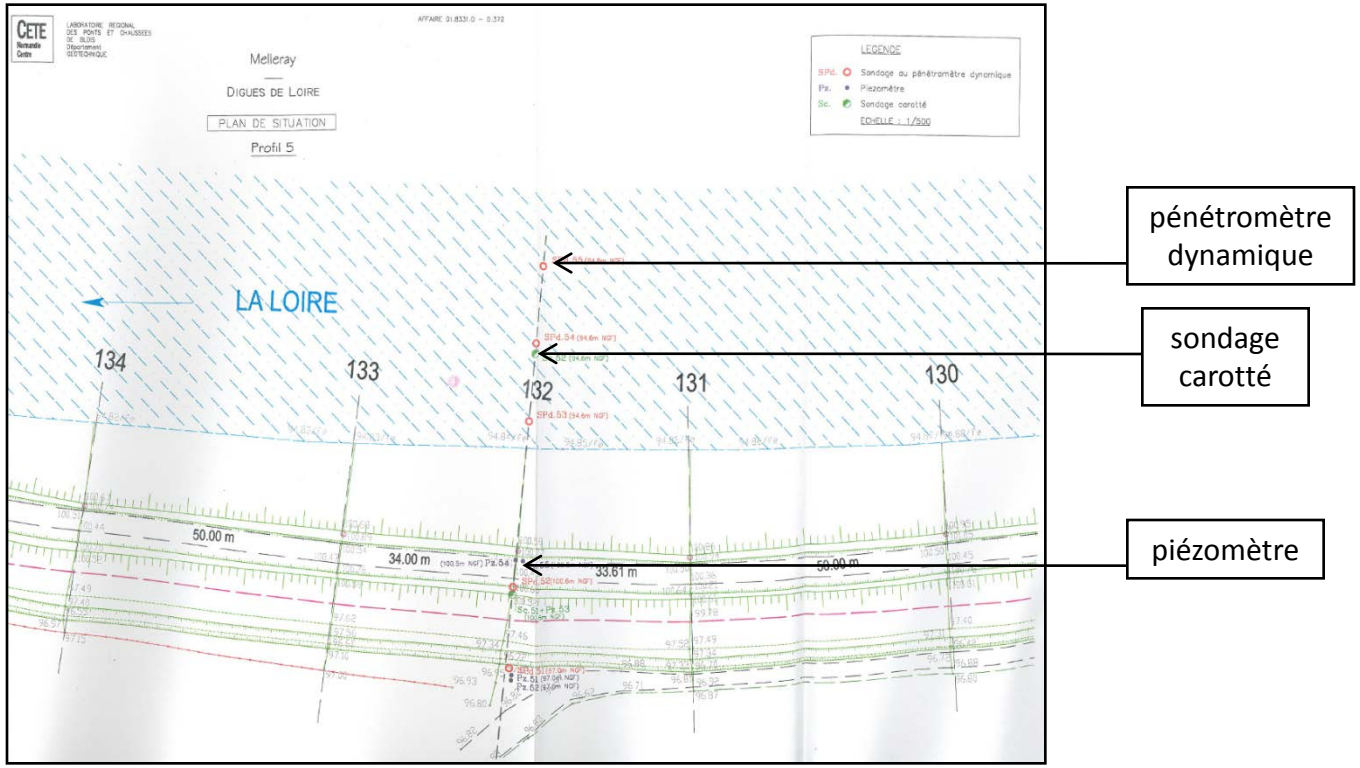
Campagnes d'acquisition de photos aériennes : 1955, 1963, 1984, 2002 et 2010 prises à proximité de Sandillon

2. Proposition de méthodologie

b) **Données topographiques** : se repérer, implanter les sondages de reconnaissance, les ouvrages de confortement

Plan topographique 1/500 :

- terrain : document de base, support des observations visuelles
- étude de reconnaissance : implanter les sondages géophysiques et géotechniques
- délimiter les ouvrages de confortement
- suivi et maintenance des levées



Plan topographique de Melleray comprenant les sondages de reconnaissance

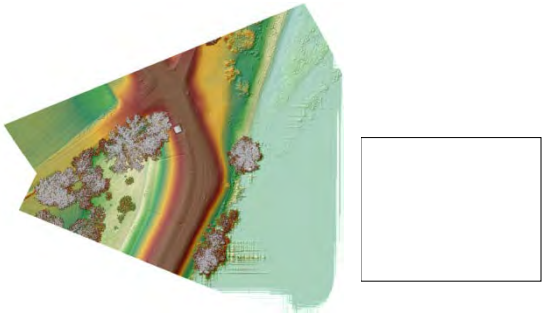
c) Utilisation des **données LiDAR** pour évaluer la sensibilité de la digue aux différents aléas de rupture ou de dégradation

1. Risque d'érosion interne

Facteurs de risque : bâti encastré, galeries ou conduites traversantes, végétation arborée et zones de transition

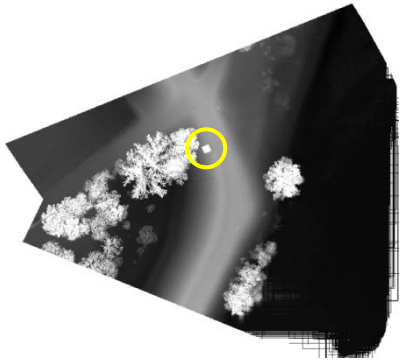
❑ le bâti encastré

maison encastrée à Guilly



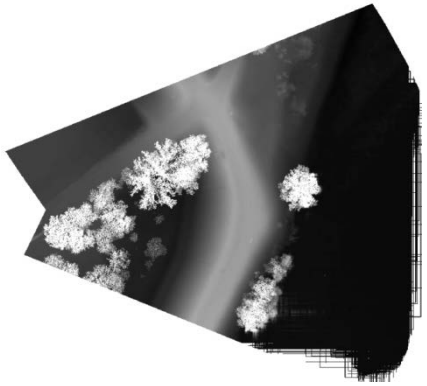
MNE avec effet d'ombrage

Calculatrice Raster (ArcGis)



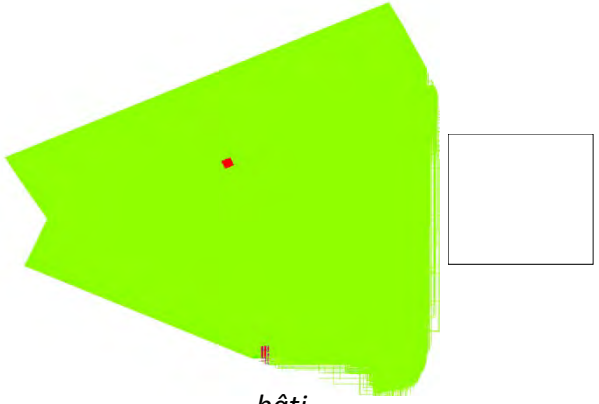
MNE (végétation + bâti)

-



MNE sans bâti (végétation)

=

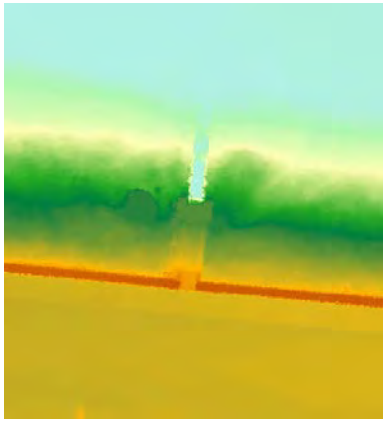


bâti

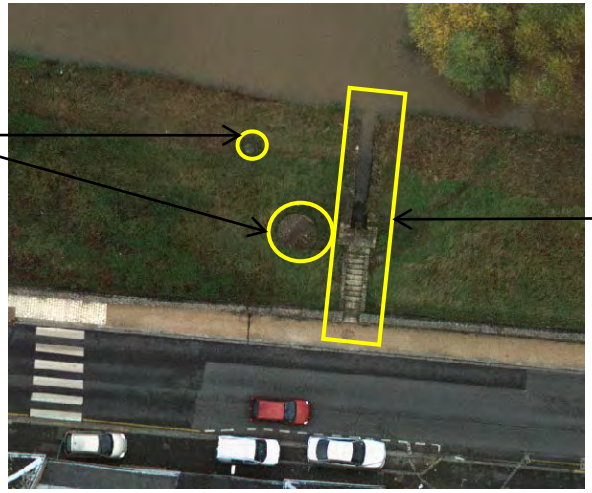
2. Proposition de méthodologie

❑ les ouvrages traversants (galeries, canalisations)

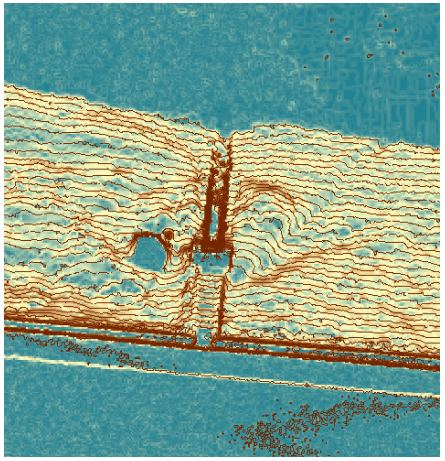
par leurs ouvrages associés extérieurs : regards, ouvrages de tête



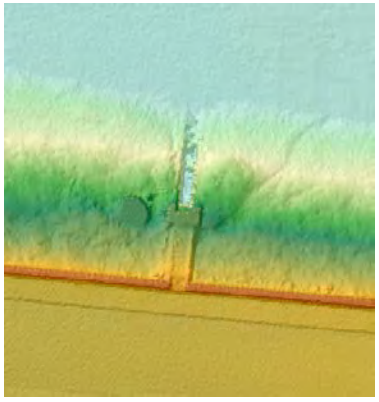
MNE sans végétation



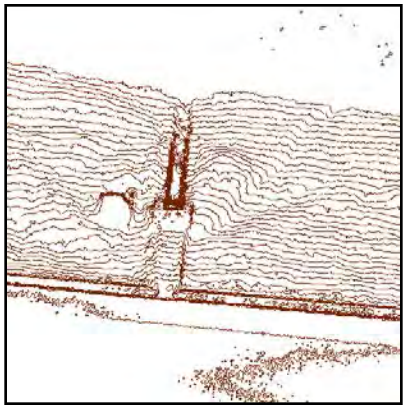
Levée des Capucins



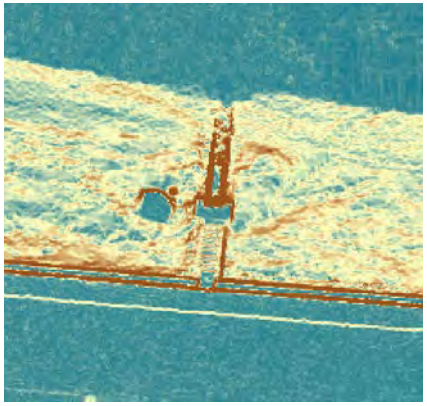
traitement de pente avec isolignes



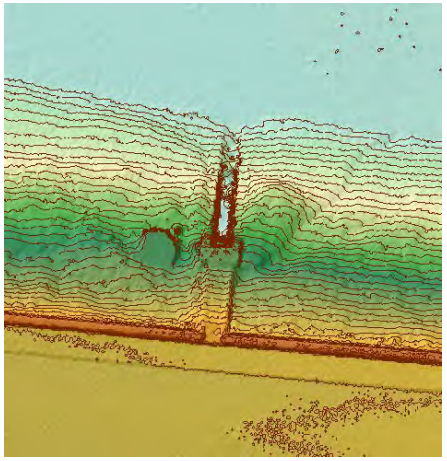
traitement d'ombrage



traitement d'isolignes



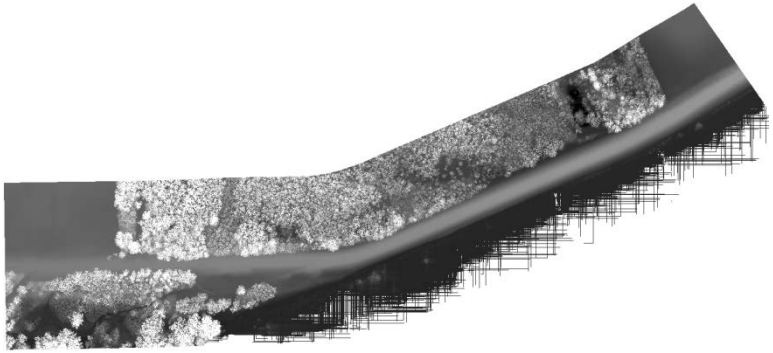
traitement de pentes



traitement d'ombrage avec isolignes

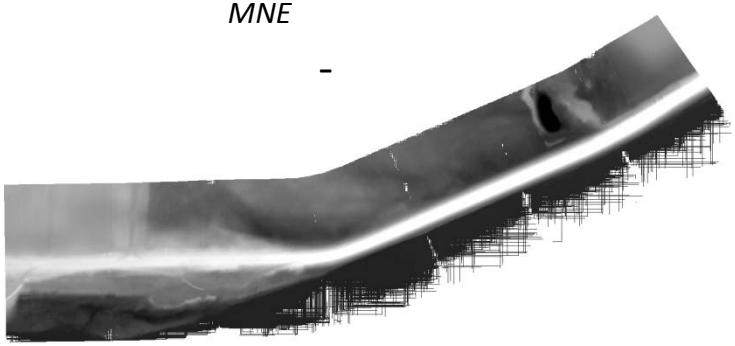
2. Proposition de méthodologie

❑ la végétation ligneuse



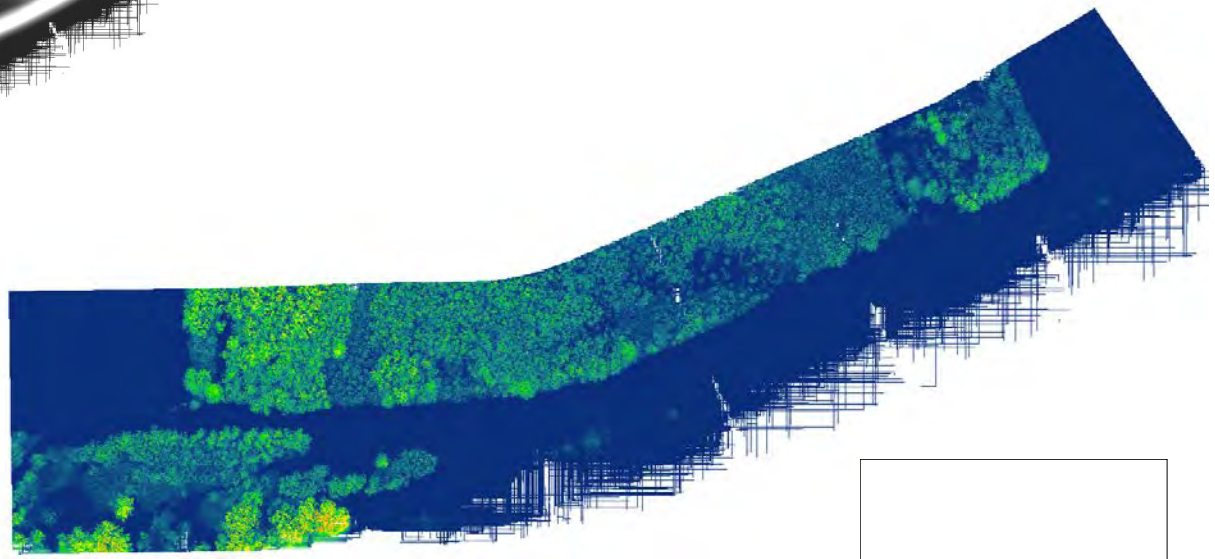
MNE

-

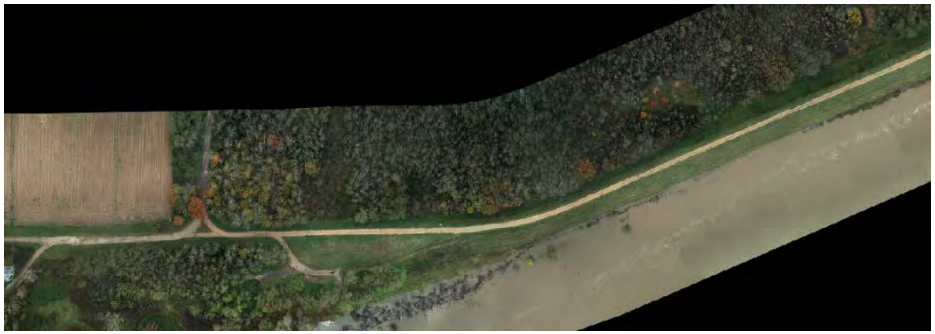


MNE sans végétation

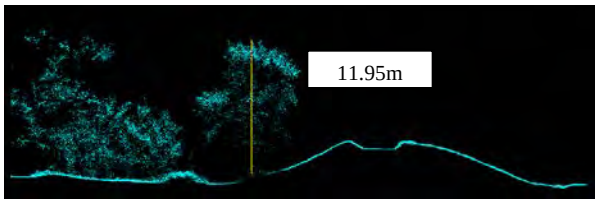
=



Végétation : classification pour une meilleure détermination des strates de la canopée



Châteauneuf-sur-Loire, rive droite

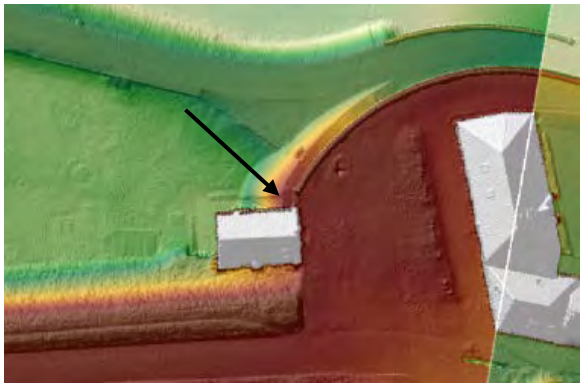


❑ les structures de transition

Déf. : zone de contact entre deux structures ou ouvrages de génie civil de constitution ou de profil géométrique différent. Elles peuvent être cachées, incluses mais visibles en partie ou extérieures.

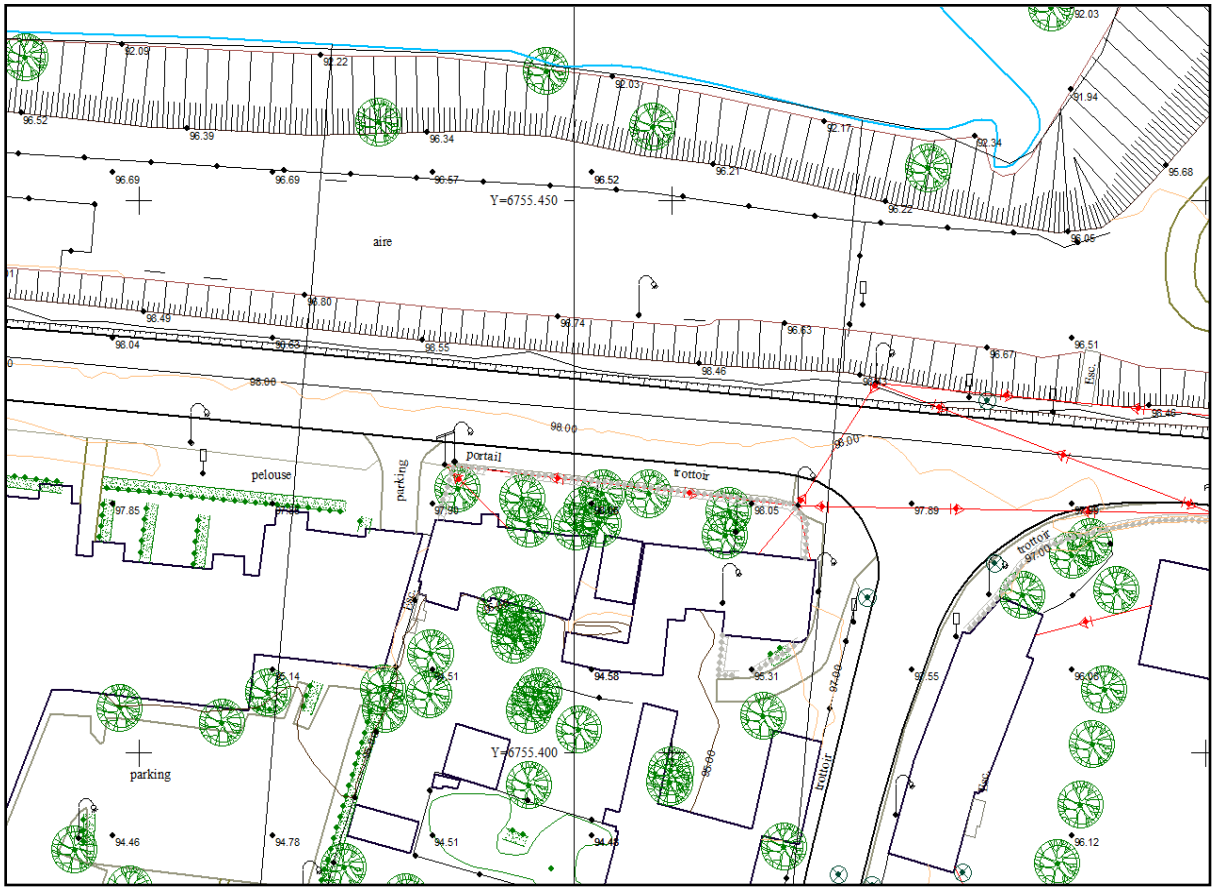
Transition entre un remblai et un quai maçonné, Jargeau

Intersection d'un mur et d'une maison accolée à une digue, Jargeau



❑ apport de plan topographique

Exemple d'une levée complexe : un grand nombre de regards, ouvrages traversants, zones de transitions, murs et murets, arbres et remblai SNCF



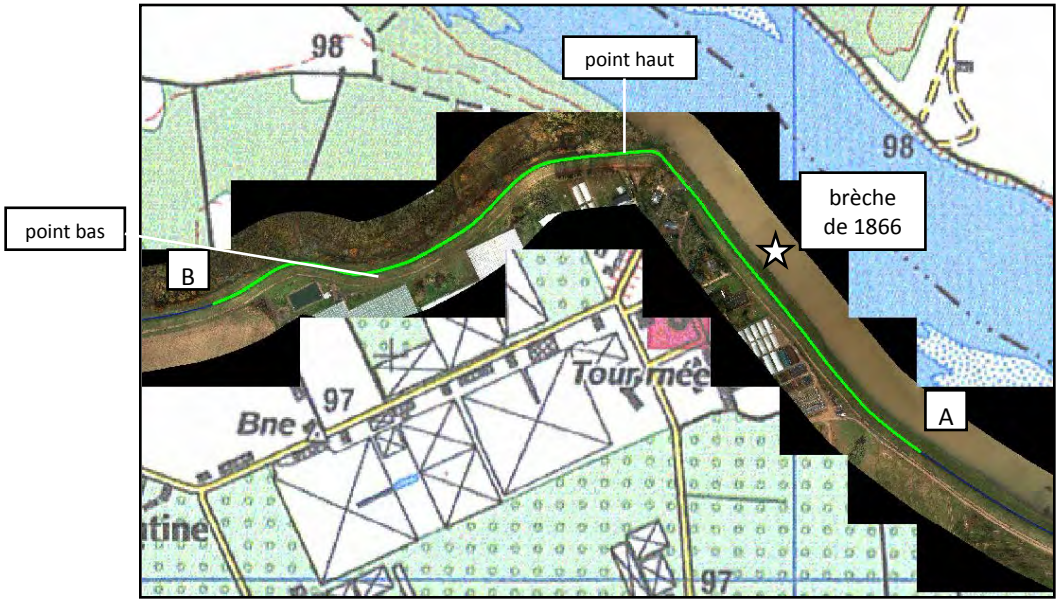
Plan topographique de la levée des Capucins

2. Proposition de méthodologie

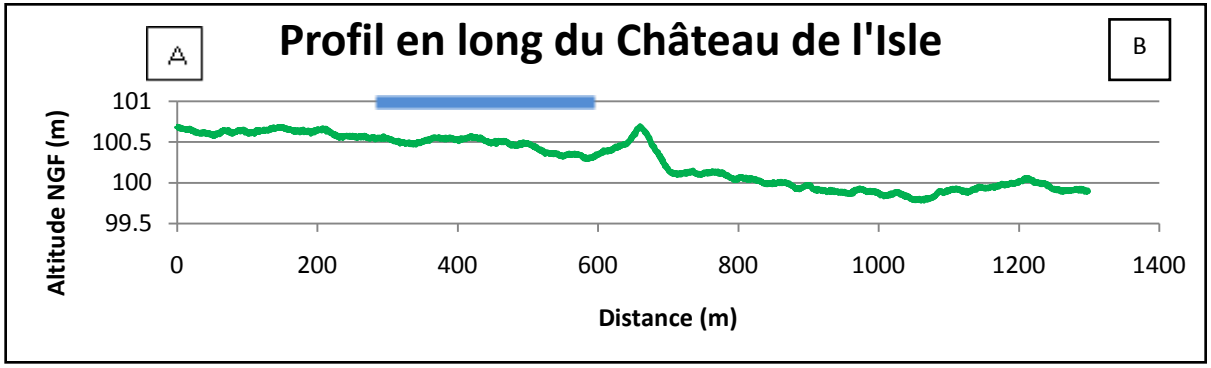
c) Utilisation des données Lidar pour évaluer la sensibilité de la digue aux différents aléas de rupture ou de dégradation

2. Risque de surverse, cause majeure à l'origine de la formation des brèches

❑ profil en long de la crête de digue : identifier les points bas

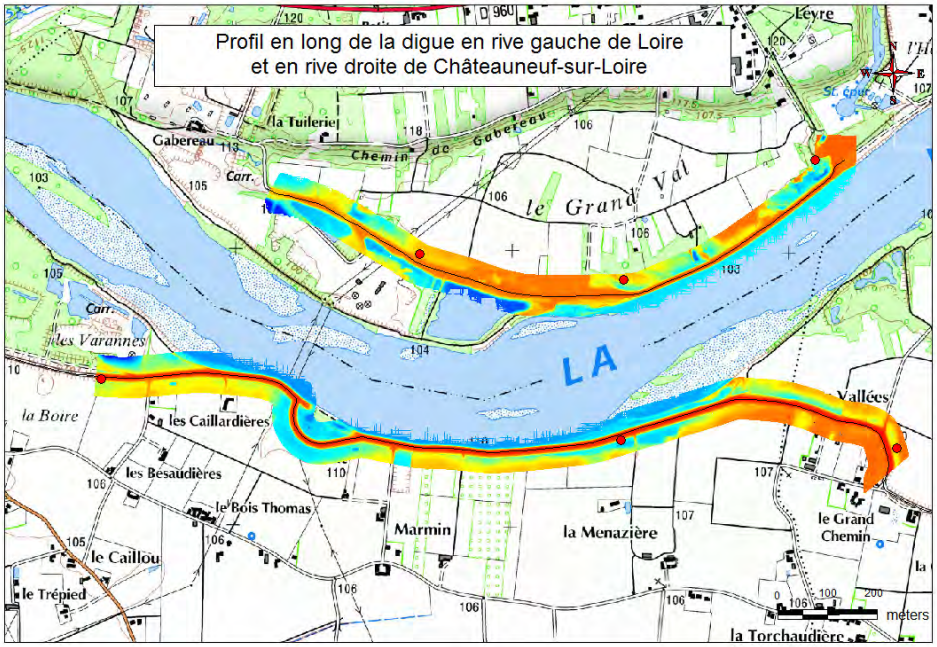


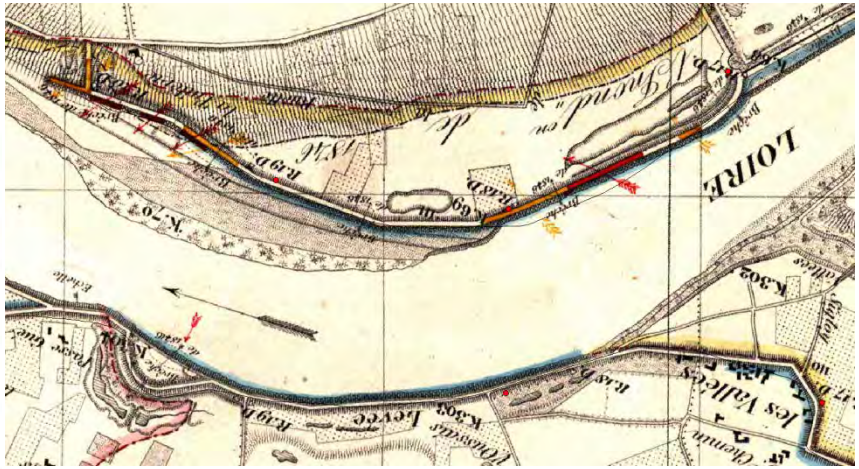
Château de l'Isle

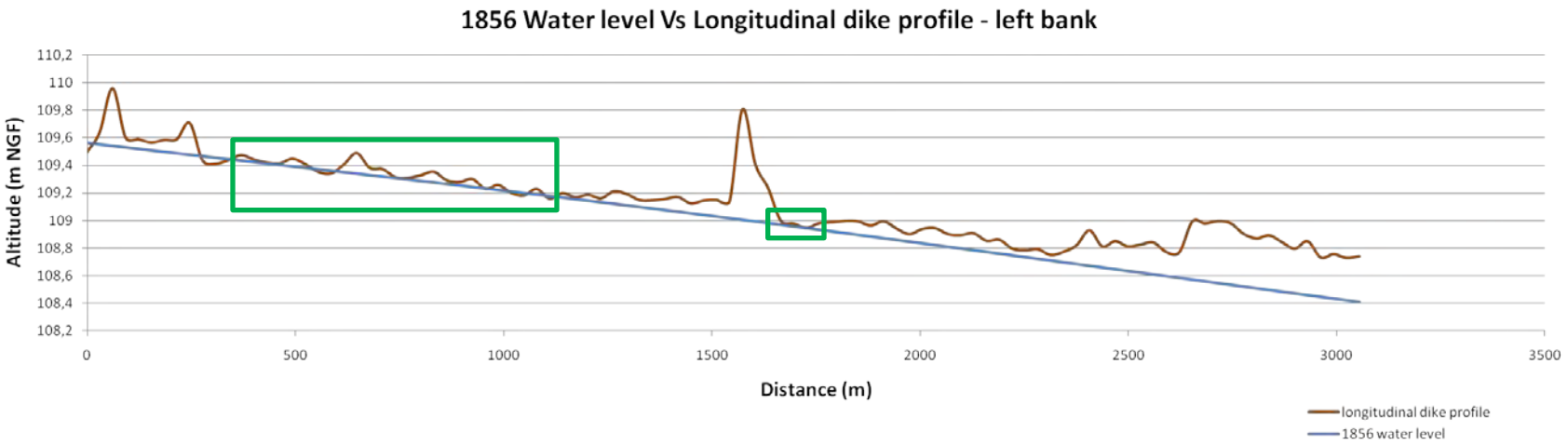


surverse généralisée en 1866

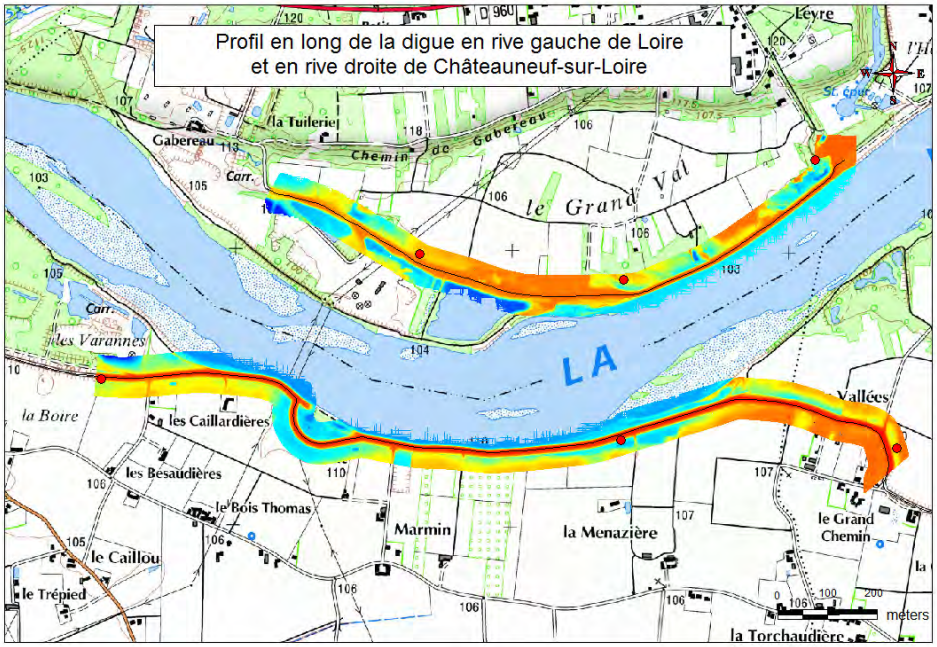
❑ comparaison entre les lignes d'eau en crue et le profil en long de la digue : mettre en évidence les tronçons où la revanche est insuffisante

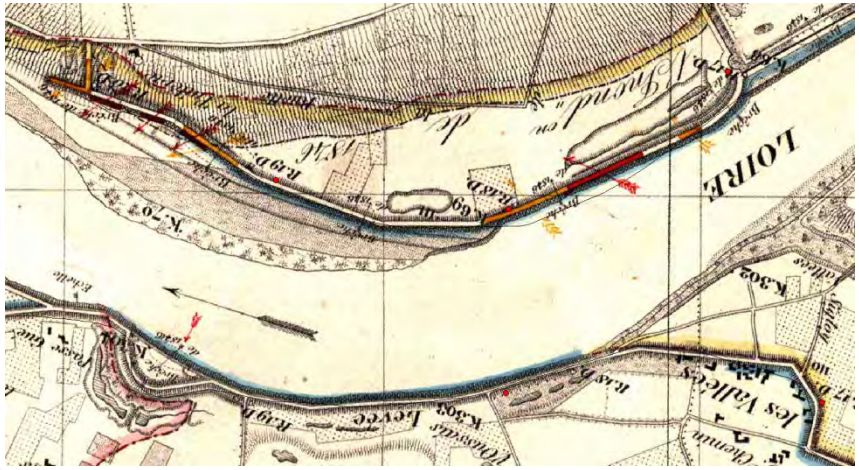


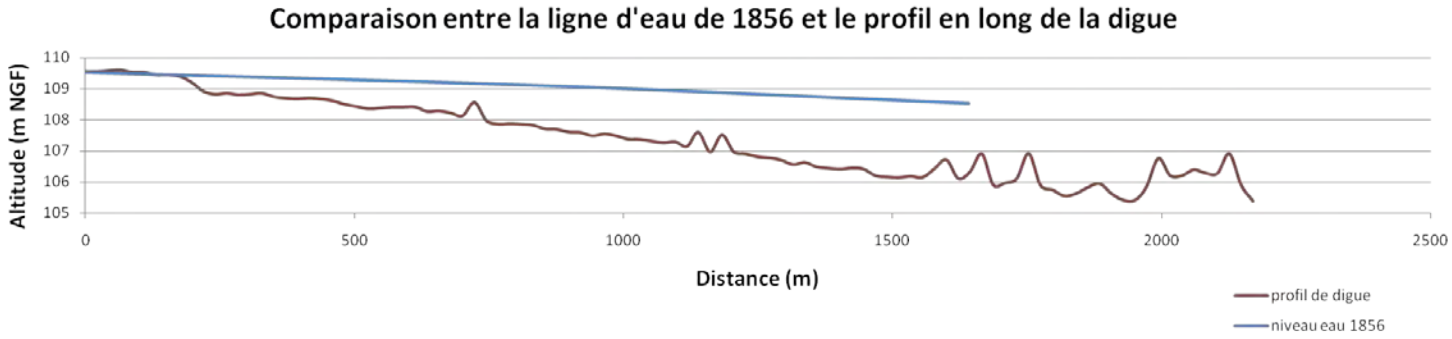




❑ comparaison entre les lignes d'eau en crue et le profil en long de la digue : mettre en évidence les tronçons où la revanche est insuffisante





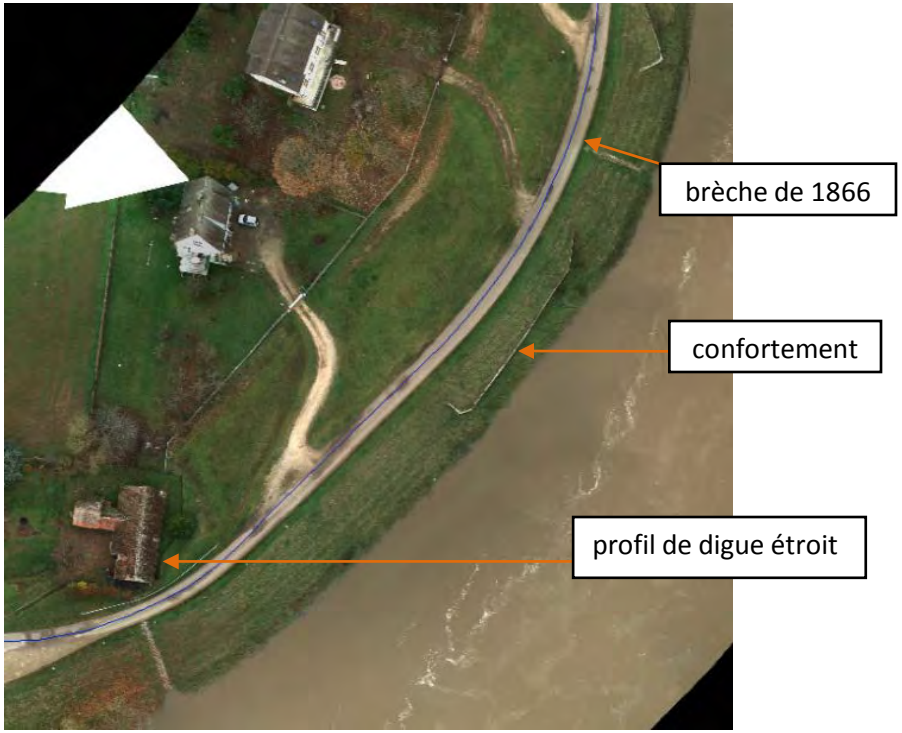


2. Proposition de méthodologie

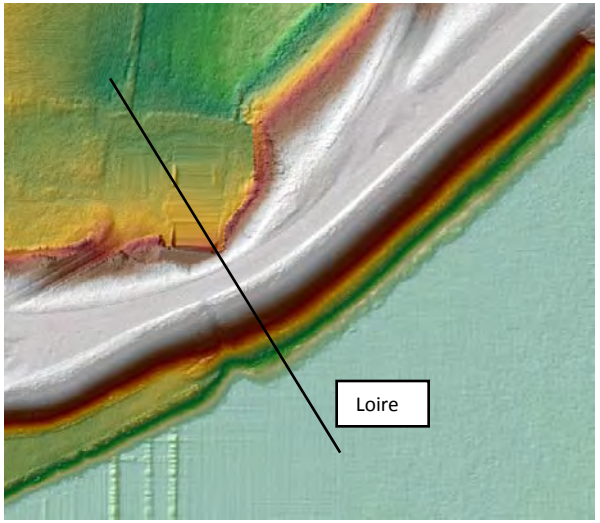
c) Utilisation des **données Lidar** pour évaluer la sensibilité de la digue aux différents aléas de rupture ou de dégradation

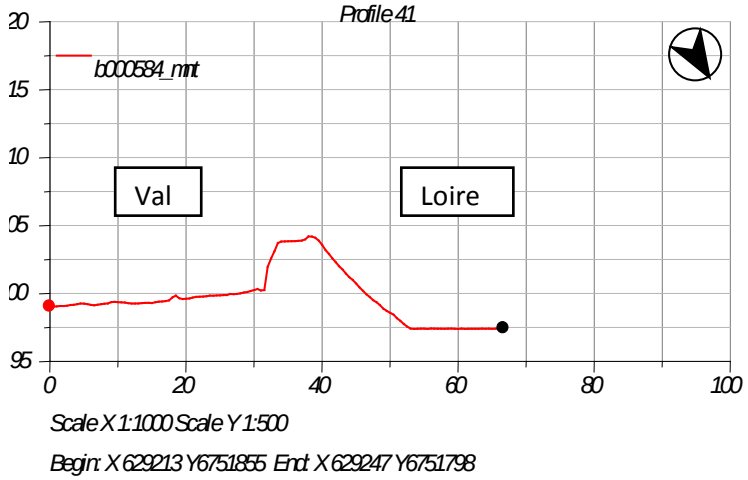
3. Risque d'instabilité

❑ **faible largeur en crête et forte pente (facteurs observés dans des anciennes brèches)**



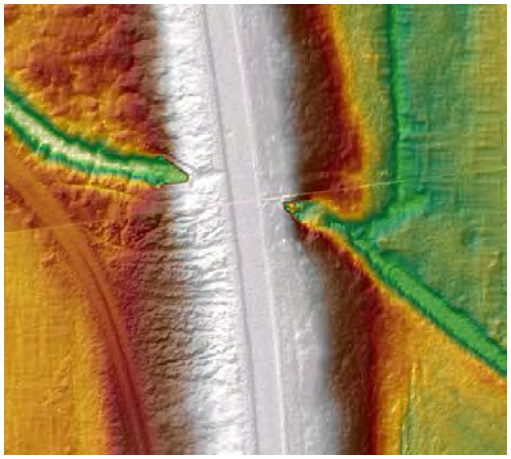
Val de Bou, rive droite de la Loire



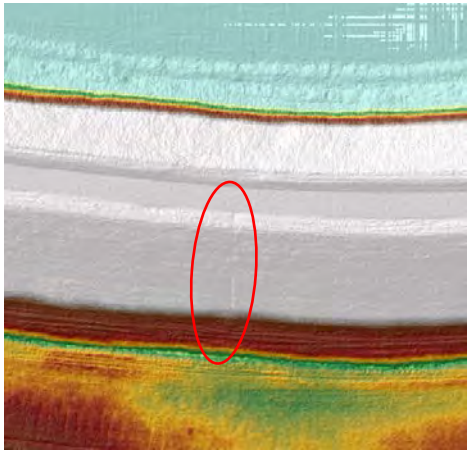


❑ singularités et ouvrages annexes

Ex : banquettes, déversoirs, cales, passages batardables, conduites ou galeries



Galerie batardable, sur le val de Bou



Conduite d'évacuation des eaux pluviales, côté val de la Loire

2. Proposition de méthodologie

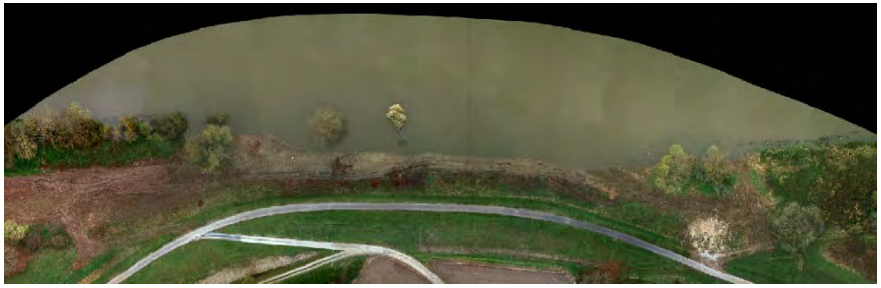
c) Utilisation des **données Lidar** pour évaluer la sensibilité de la digue aux différents aléas de rupture ou de dégradation

4. Risque d'érosion externe ou affouillement

Facteur de risque : - proximité de la digue par rapport à la berge du lit mineur
- tronçons situés dans les zones de rétrécissement du lit majeur endigué

❑ **proximité de la digue par rapport au cours d'eau**

2006



2010

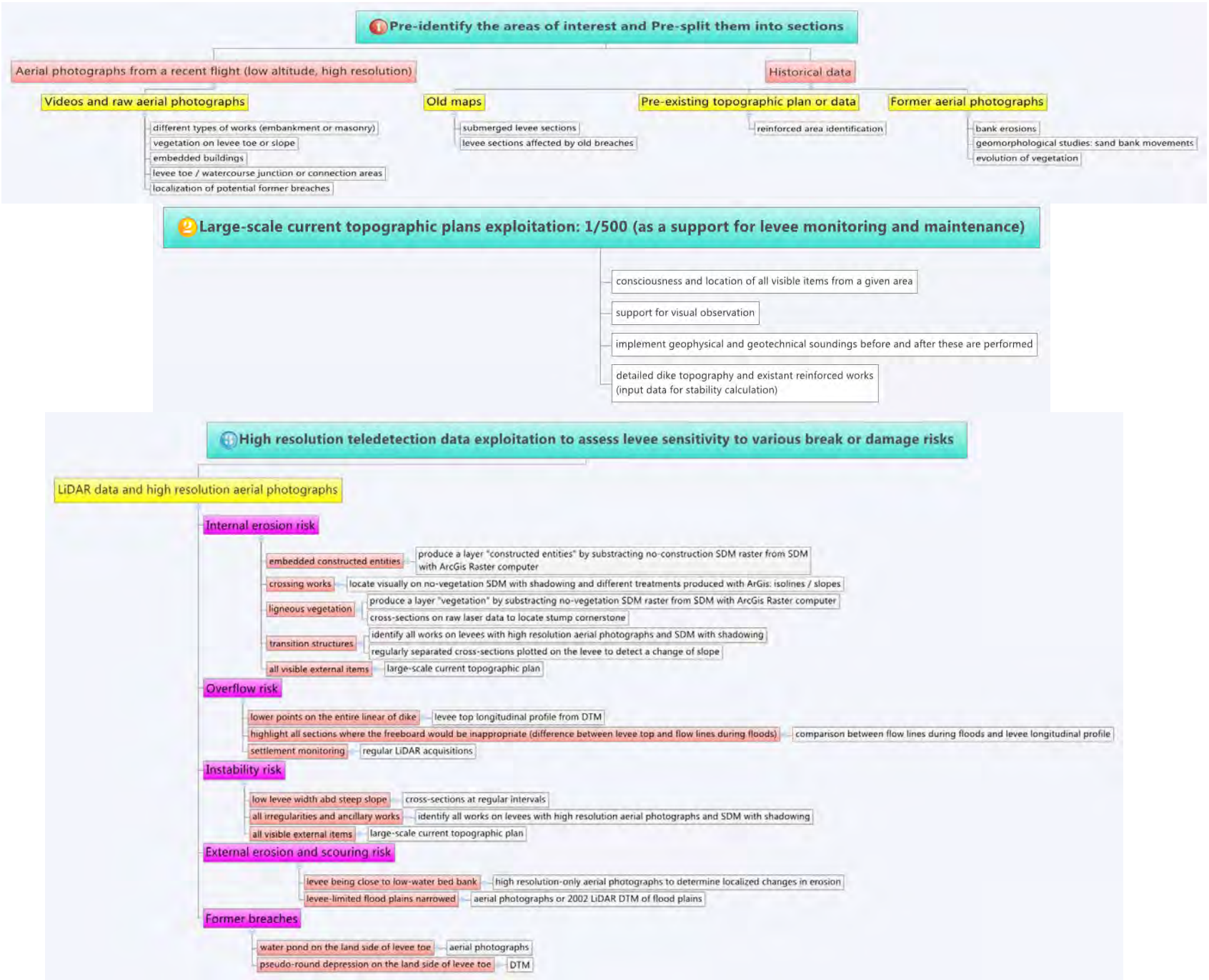
Bouteille, au lieu-dit « Maison Vieille »

2006

2010

Ouvrouer-les-Champs

Tableau de conclusion : Méthodologie pour utiliser les données LiDAR haute résolution



3. Limites et perspectives

1. Méthodologie d'exploitation des données de télédétection LiDAR et d'imagerie aérienne pour contribuer efficacement à un diagnostic de digue fluviale en zone urbaine ou rurale : plusieurs papiers rédigé en anglais, en voie de traduction

2. Tableau de comparaison des techniques de télédétection : il apparaît que la télédétection LiDAR héliportée semble la plus appropriée pour survoler rapidement un linéaire de digue, en obtenant une grande précision

3. Documents topo = précieux outils de suivi des ouvrages pour le gestionnaire de digues

4. On ne voit que ce qui est en « surface » : apport d'autres moyens d'investigations reste indispensable (étude historique, examen visuel et reconnaissances géotechniques)

5. Coupler avec un relevé bathymétrique : pas de méthode de télédétection aérienne assez précise pour le moment…

6. Méthodologie mériterait d'être adaptée au survol de digue en situation de crue du cours d'eau

Merci pour votre attention

Club des gestionnaires de la Loire
Orléans, 4 avril 2012

Méthodologie d'utilisation des données LiDAR haute résolution pour contribuer au diagnostic des digues

- Expérimentation sur le Val d'Orléans -

Lucie Auriau
IRSTEA
Unité de recherche « ouvrages hydrauliques »

Pour mieux affirmer ses missions, le Cemagref devient Irstea