



Intérêts et limites de l'utilisation d'un MNT LiDAR couplé à des données bathymétriques pour la modélisation du fonctionnement hydraulique d'une zone humide à restaurer : le cas de la gravière de Jeurre dans le PNR du Haut Jura (bassin de la Bienne)

Norbert LANDON⁽¹⁾

C. PIERREFEU⁽¹⁻²⁾, J. LEJOT⁽¹⁾, O. NAVRATIL⁽¹⁾, M. RAFFIN⁽¹⁻²⁾, Y QUIAN⁽²⁾, C. BELLO-MARIN⁽²⁾, A AIT ELABAS⁽²⁾, F. PÉRRET⁽¹⁾, V. GAÉRTNER⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université de Lyon - Lumière Lyon 2, CNRS UMR5600-EVS – IRG, plateforme OMEAA

⁽²⁾ Master Sciences de l'eau, Université Lyon 1-2-3

Journée technique CEN - Limoges - 21/06/2017

Plan

- Les attendus :
 - Commande du PNR du Haut Jura
- Contexte de l'étude
- Les choix techniques et proposition
 - Besoins, choix, avantages et inconvénients
 - Proposition de travaux retenue
- Possibilités pour les suivis travaux et post-travaux





Les attendus



La commande du PNR du Haut Jura

Restauration « ambitieuses » de carrières alluviales

Phase 1 : Diagnostic de l'état écologique des zones d'étude (2 gravières) et du fonctionnement hydrogéomorphologique de la Bienne

1. Etude « perception et connaissance du milieu »
2. Diagnostic du fonctionnement hydro-géomorphologique de la Bienne
3. Diagnostic de l'état écologique
4. Détermination des modelés des zones d'étude (dont la carrière de Jeurre)
5. Etude hydraulique permettant l'évaluation des échanges entre la Bienne et les plans d'eau, le calage des scénarios de réhabilitation

Phase 2 : Scénarios et étude de faisabilité des solutions techniques possibles

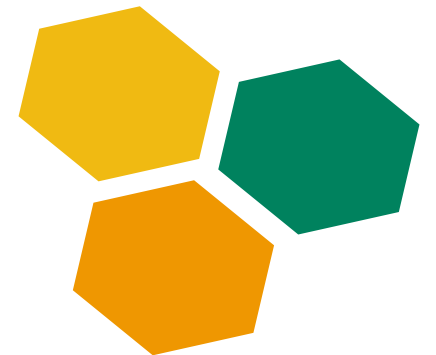
Phase 3 : Définition d'un avant-projet

Objectifs de réhabilitation

- Créer un **espace de bon fonctionnement** du cours d'eau
- Restaurer des **habitats favorables à la biodiversité**, reconnecter les milieux annexes
- Gérer les **risques hydrauliques** (capture du cours d'eau, inondation, pression latérale RG → infrastructures)
- Gérer les **espèces invasives**
- Aménager pour la **fréquentation du site** : projet de site de sensibilisation à l'environnement (notamment scolaire)



Contexte



La Bienne

- Affluent de l'Ain
- Longueur : 62 km
- Surface topographique du BV : 730 km²
- Contexte : calcaire karstifié plissé et montagnard, anciennement englacé
- Module à Jeurre* : 29.40 m³/s
- Débits extrêmes à Jeurre* :

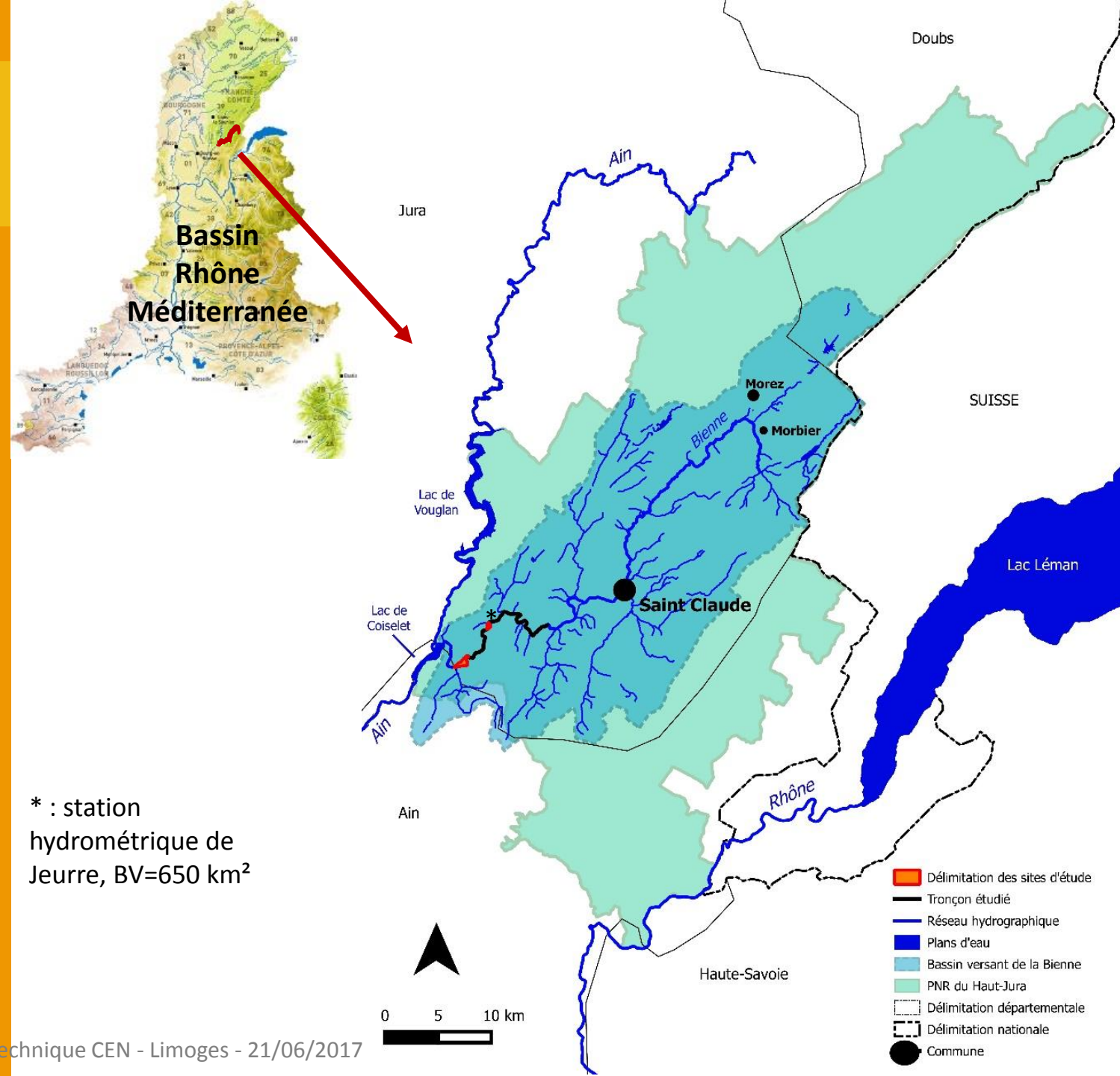
$$Q_{ix} = 822.0 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (22/12/1991)}$$

$$Q_j = 680.0 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (15/02/1990)}$$

$$Q_{MNA} = 1.770 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (sep. 1989)}$$

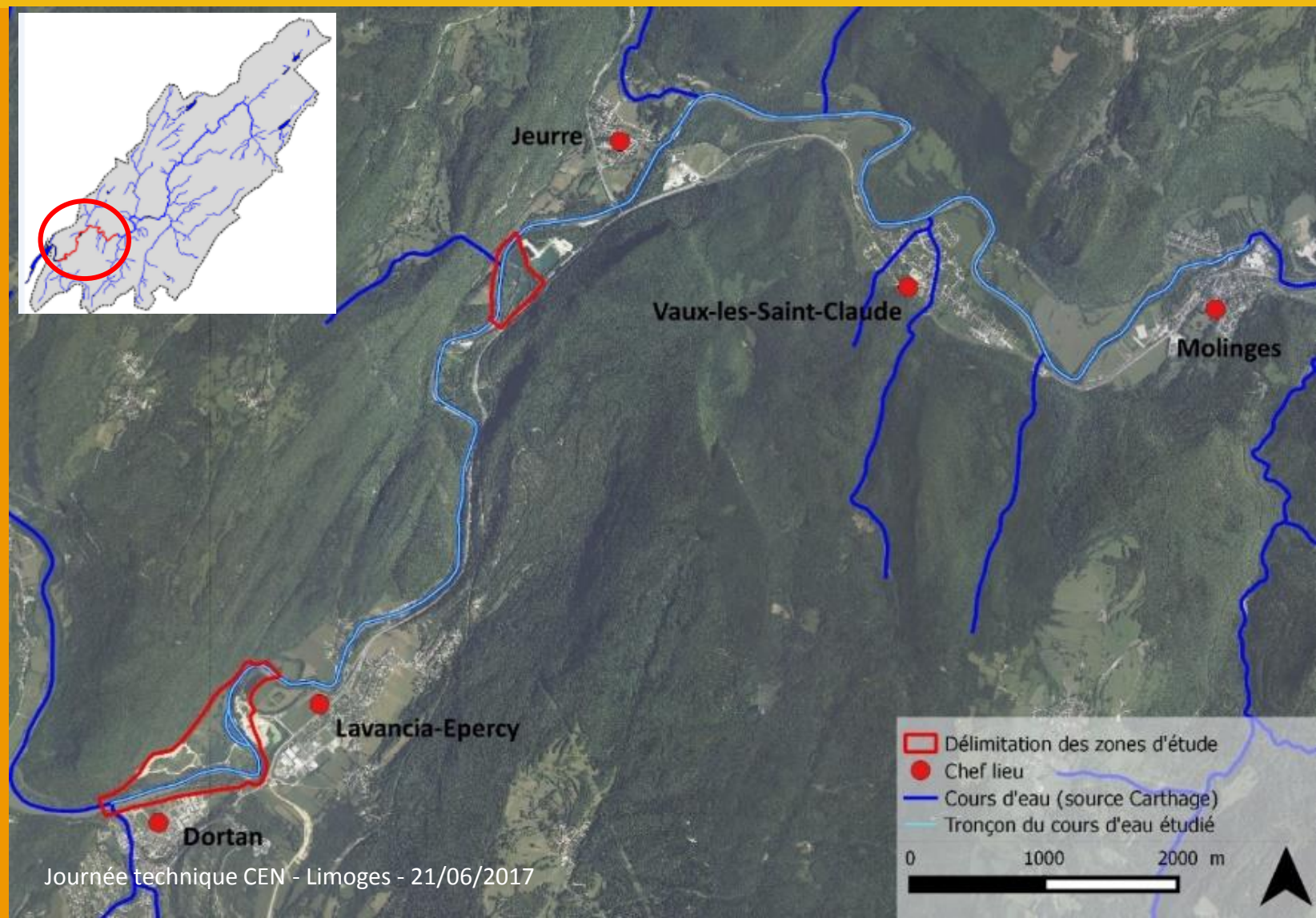
$$Q_{VCN3} = 0.970 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (24-27/08/1992)}$$

- Au cœur du PNR du Haut Jura (gestion)

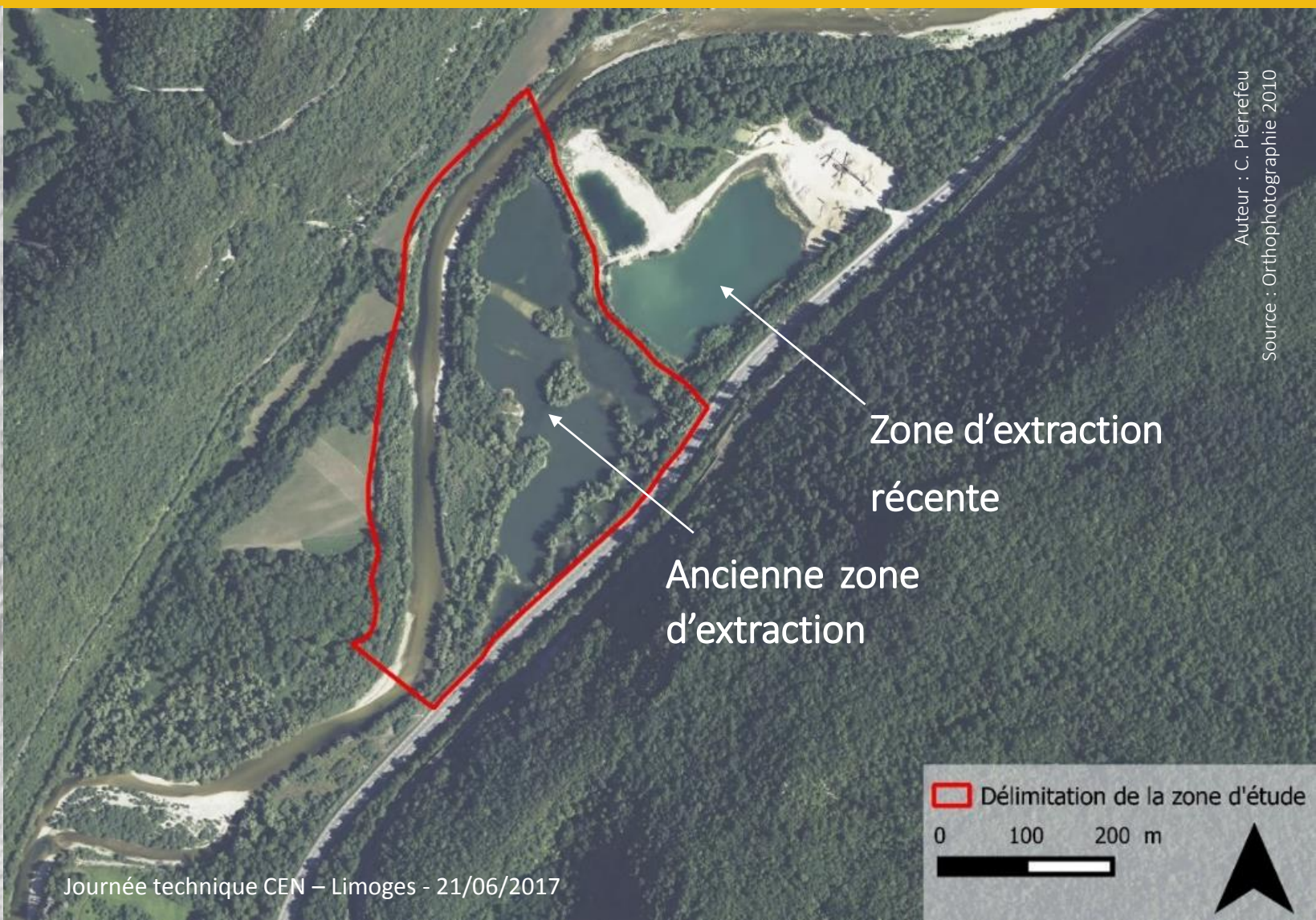


Zone d'étude et enjeux

- Basse vallée de la Bienne
 - Etables à Dortan : 24 km
 - 2 carrières en fin d'activité
 - Limites des remises en état réglementaires
 - Enjeux :
 - écologique
 - hydromorphologique
 - Inondation
- Dans un contexte de forte pression anthropique au sein d'un PNR

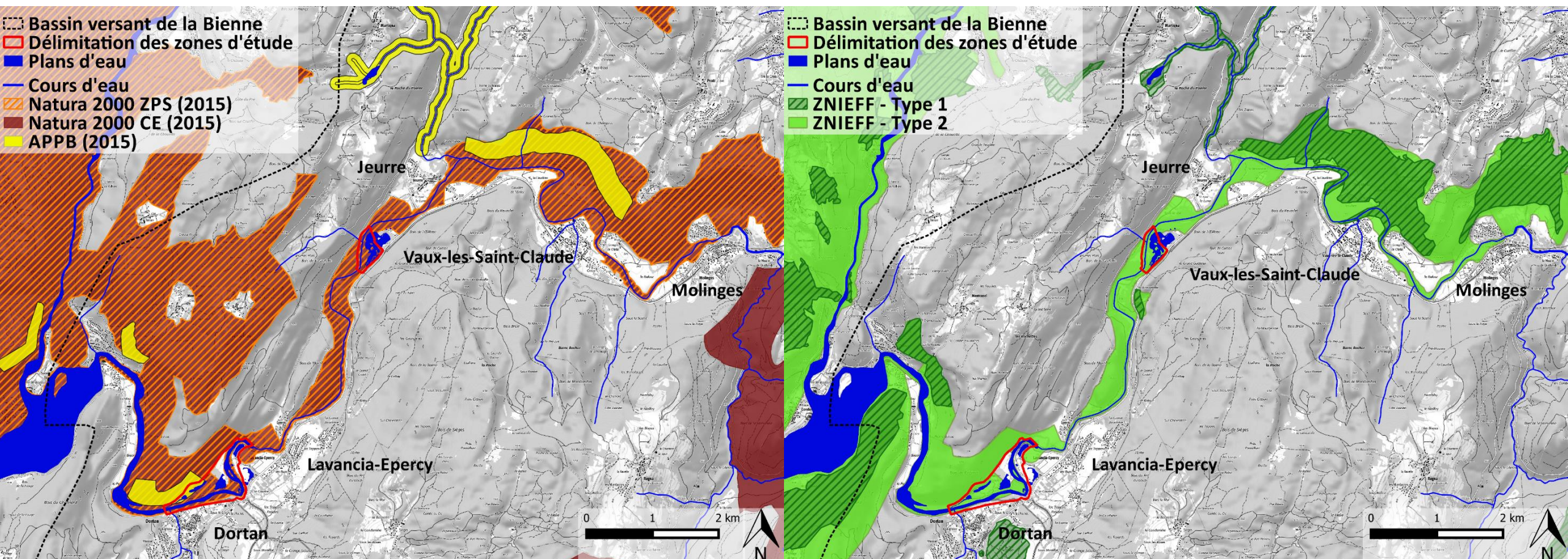


Gravière de Jeurre : 15 ha fortement dégradés...



Auteur : C. Pierrefeu
Source : Orthophotographie 2010

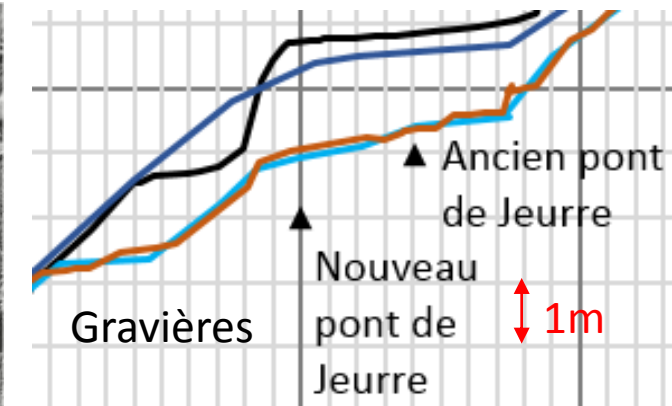
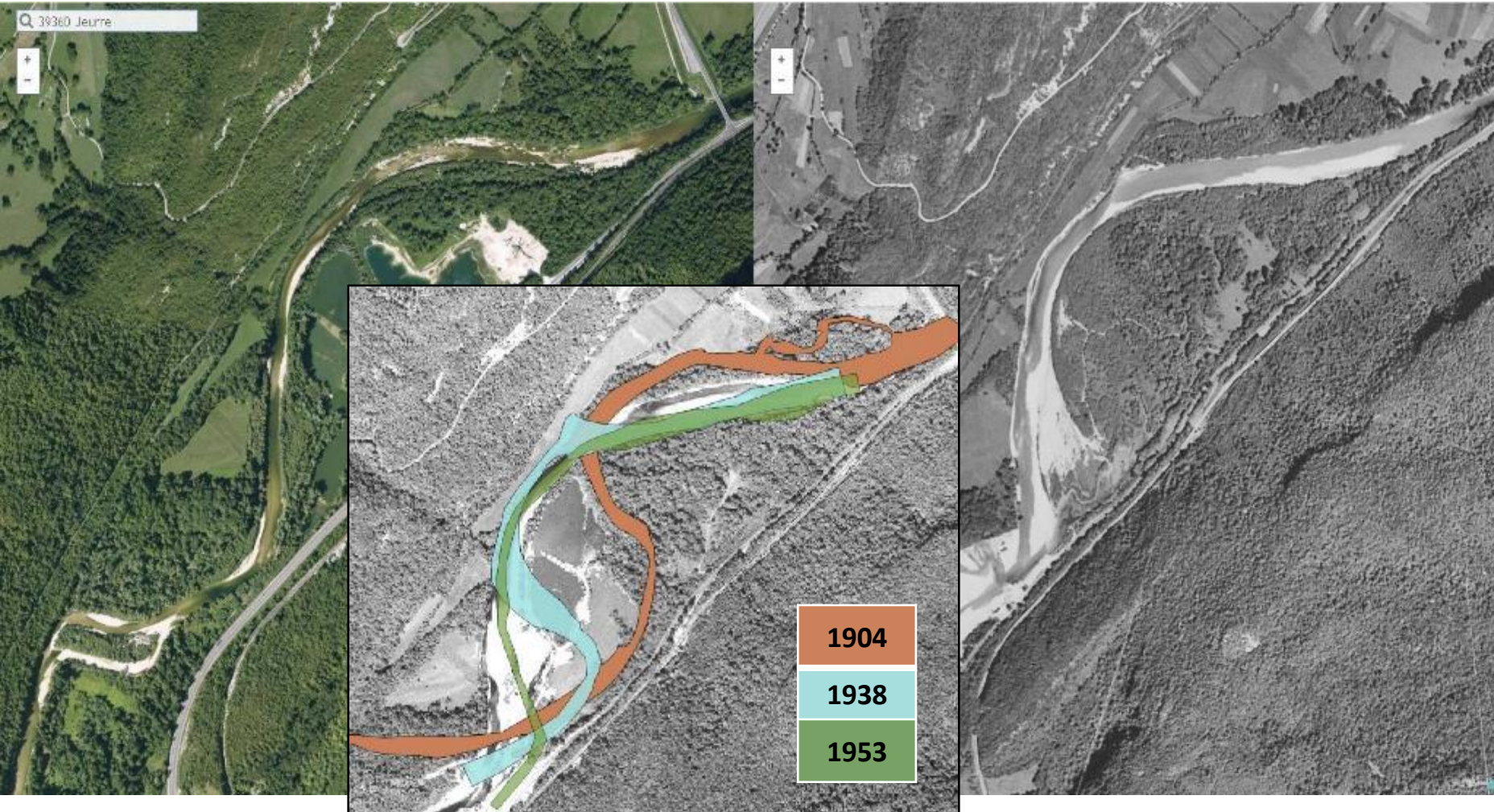
Au cœur de périmètres patrimoniaux (faune, flore et habitats)



Éléments clés

- Site historiquement **très anthropisé**
- **Perte de mobilité latérale** (plus d'érosion de berges, déconnexions)
- **Forte incision** du lit.
- Amont **peu propice aux apports de sédiments** : faible production et transit lent.
- **Contraction** de la bande active et **diminution des surfaces de bancs actifs** (forte végétalisation et stock alluvionnaires en diminution).
- **Enjeux hydrauliques forts** (risque de capture, route).

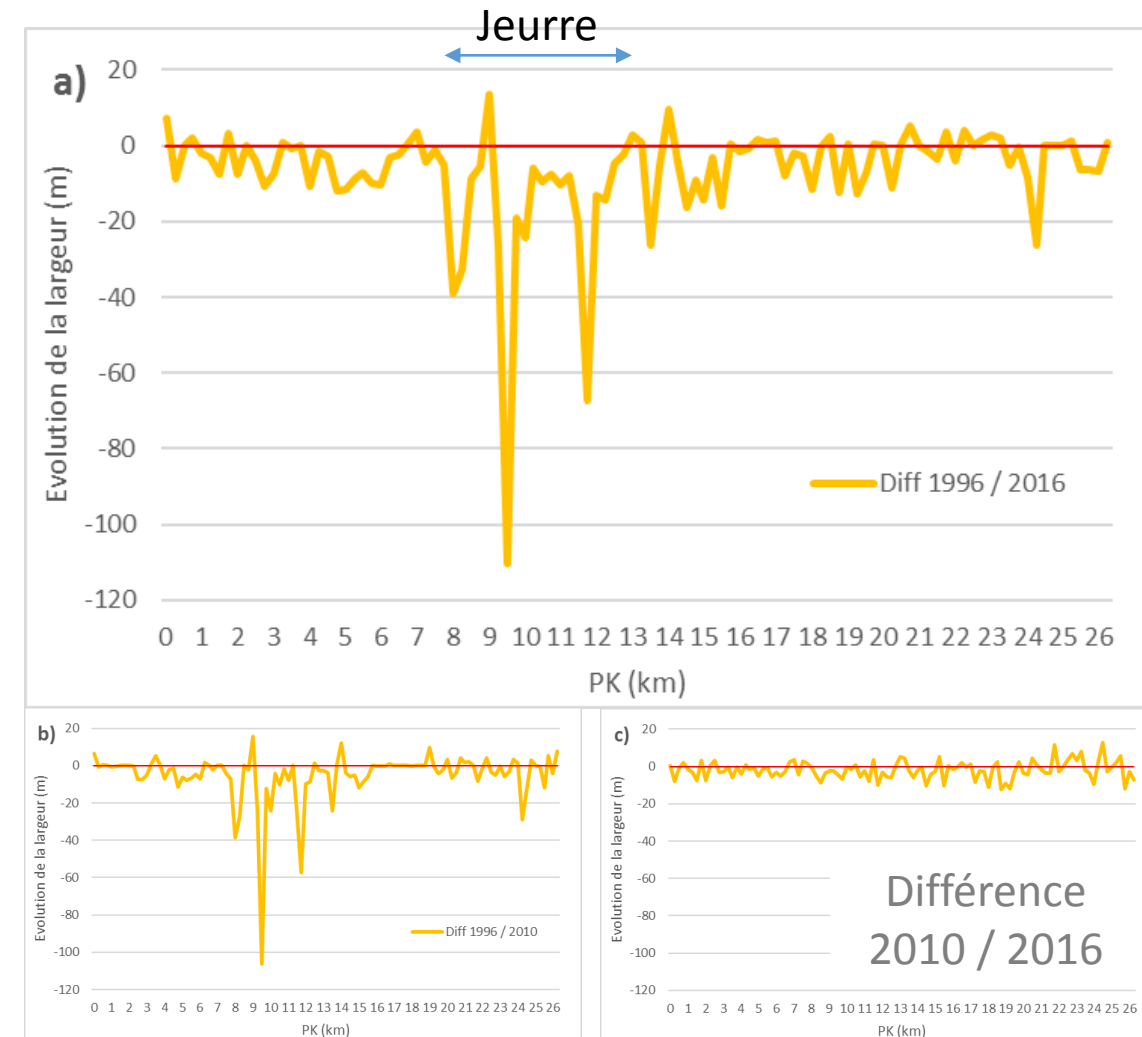
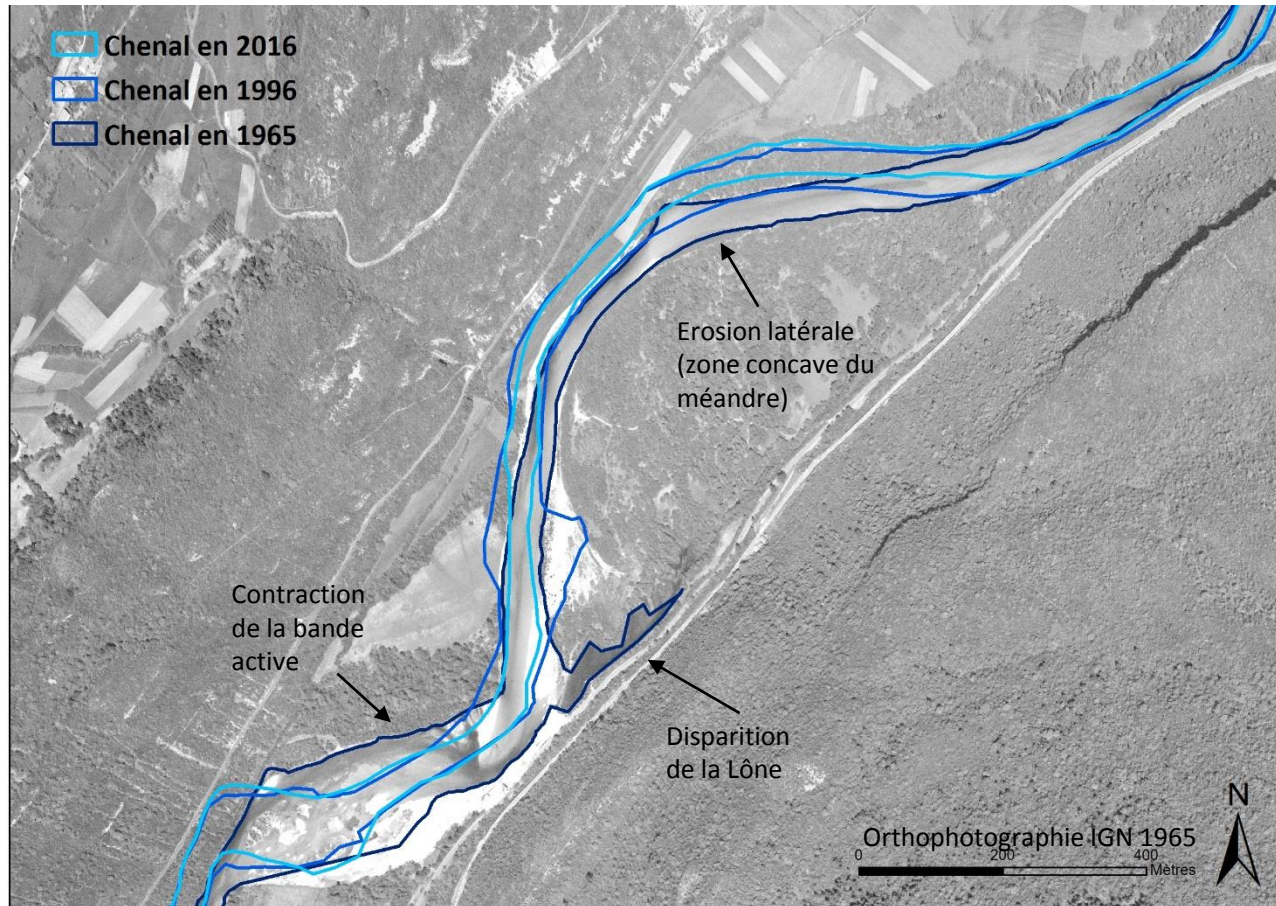
Pour illustrer la perte de mobilité...



- Ligne d'eau en 1904 (corrigé NGF69)
- Ligne d'eau en 1921 (corrigé NGF69)
- Ligne d'eau en 2000
- Ligne d'eau en 2016



Mobilité latérale récente et contraction de la bande active au droit de la carrière





Analyse des choix techniques

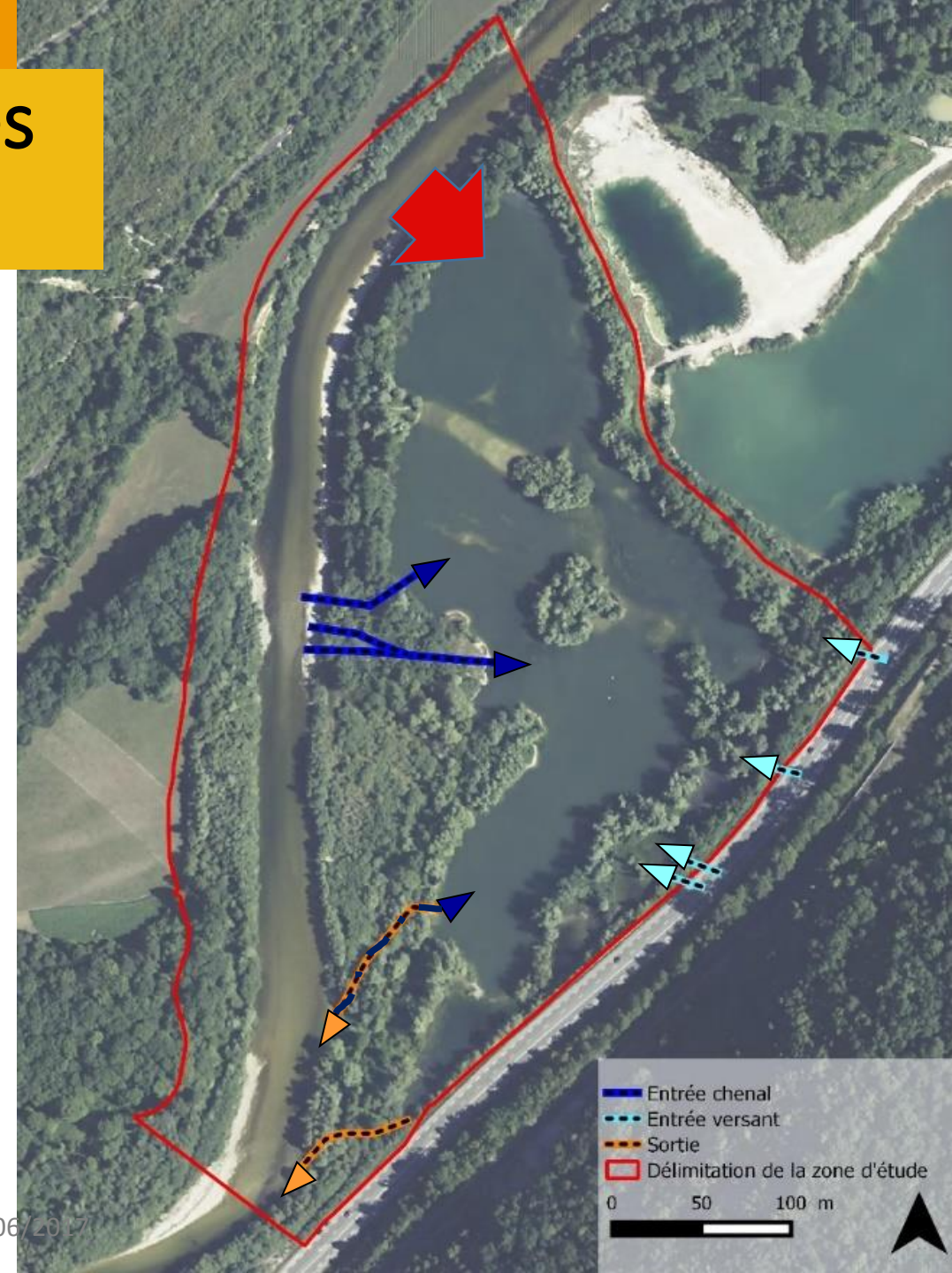


Des besoins de connaissance topographiques

1. Détermination des modelés de la zone d'étude (dont les carrières de Jeurre) car absence de données topographiques sur le site à part des profils en long de ligne d'eau
2. Etude hydraulique permettant l'évaluation des échanges entre la Bienne et les plans d'eau
3. Diagnostic morphologique du site, intégrant les « digues » de protection des gravières potentiellement soumises à un risque de capture
4. Calage des scénarios de réhabilitation avec évaluation de volumes (déblais-remblais)
5. Détermination des côtes pour la phase chantier (pentes, topographie des chenaux, calage des seuils et nouveaux aménagements)

→ Modéliser les échanges hydrauliques et prévenir un risque de capture...

- Echanges principalement avec la Bienne (déterminés par capteurs et observations) :
 - ✓ Trois entrées
 - ✓ Deux sorties
 - ✓ Faible apport du versant
- Risque de capture à l'amont

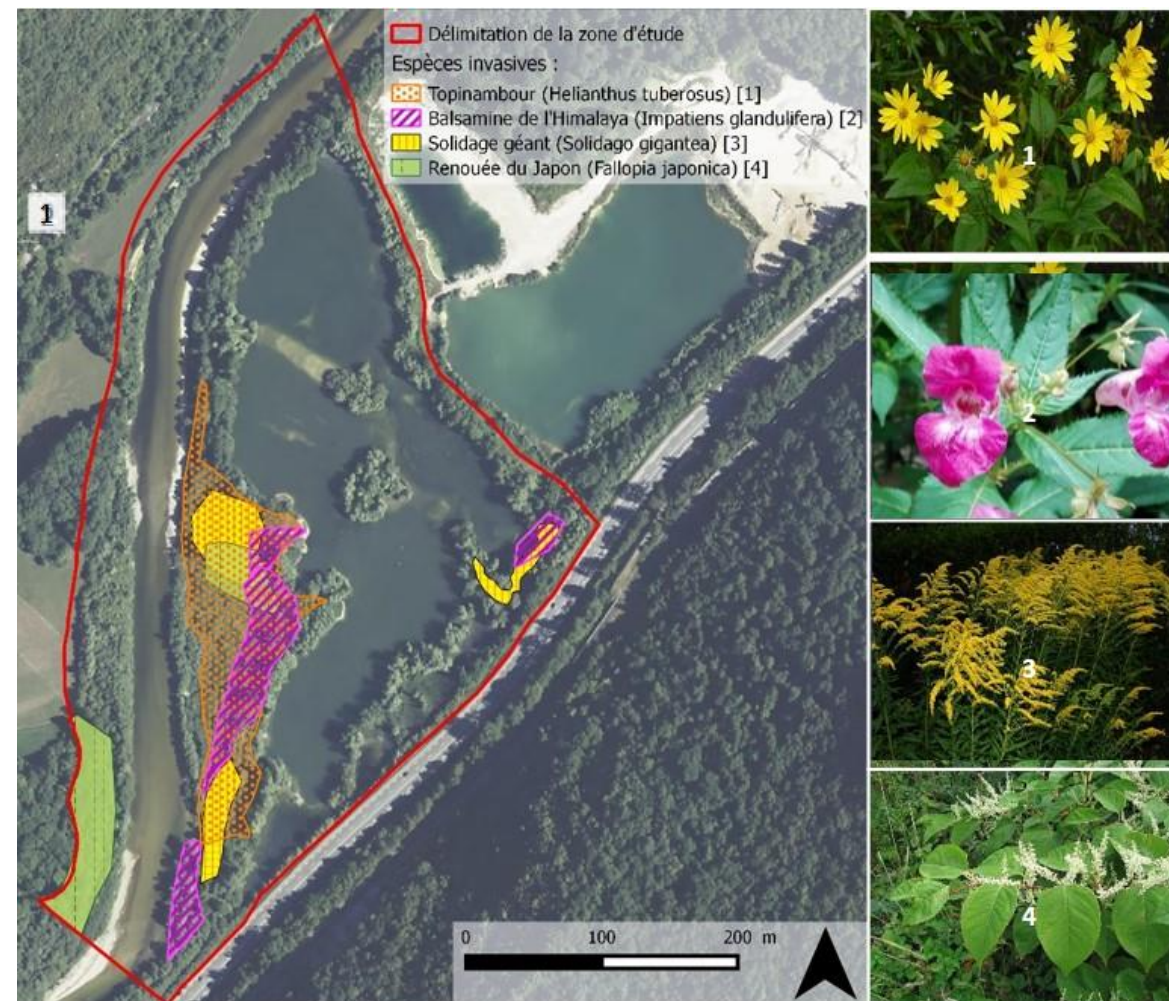


→ Nécessité d'une topographie fine...

Modèle	Caractéristiques	Avantages	Inconvénients
2D	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures topographiques : maillage plus détaillé (LIDAR) • Données débit • Estimation de champ de vitesse : analyse d'image LSPIV, ACDP • Calcul des quantités moyennes sur la verticale <p>Utilisation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Évaluation de risques (rupture de barrage) • Impact de l'occupation du sol sur des débordements de surface 	<ul style="list-style-type: none"> • Lit majeur plus fiable • N'est pas nécessaire de définir les chemins préférentiels d'écoulement • Variations de vitesse d'écoulement • Obtention de carte de risques et de hauteurs d'eau sur un plan horizontal • Possibilité de prendre en compte la construction (bâtiments ...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de calcul • Nécessite une grande quantité de données d'entrée • Besoin d'une grille plus fine au niveau du cours d'eau

Affiner la connaissance de l'occupation du sol

- Habitats
- Localisation des invasives :
 - ✓ Topinambour,
 - ✓ Solidage,
 - ✓ Balsamine,
 - ✓ Renouée

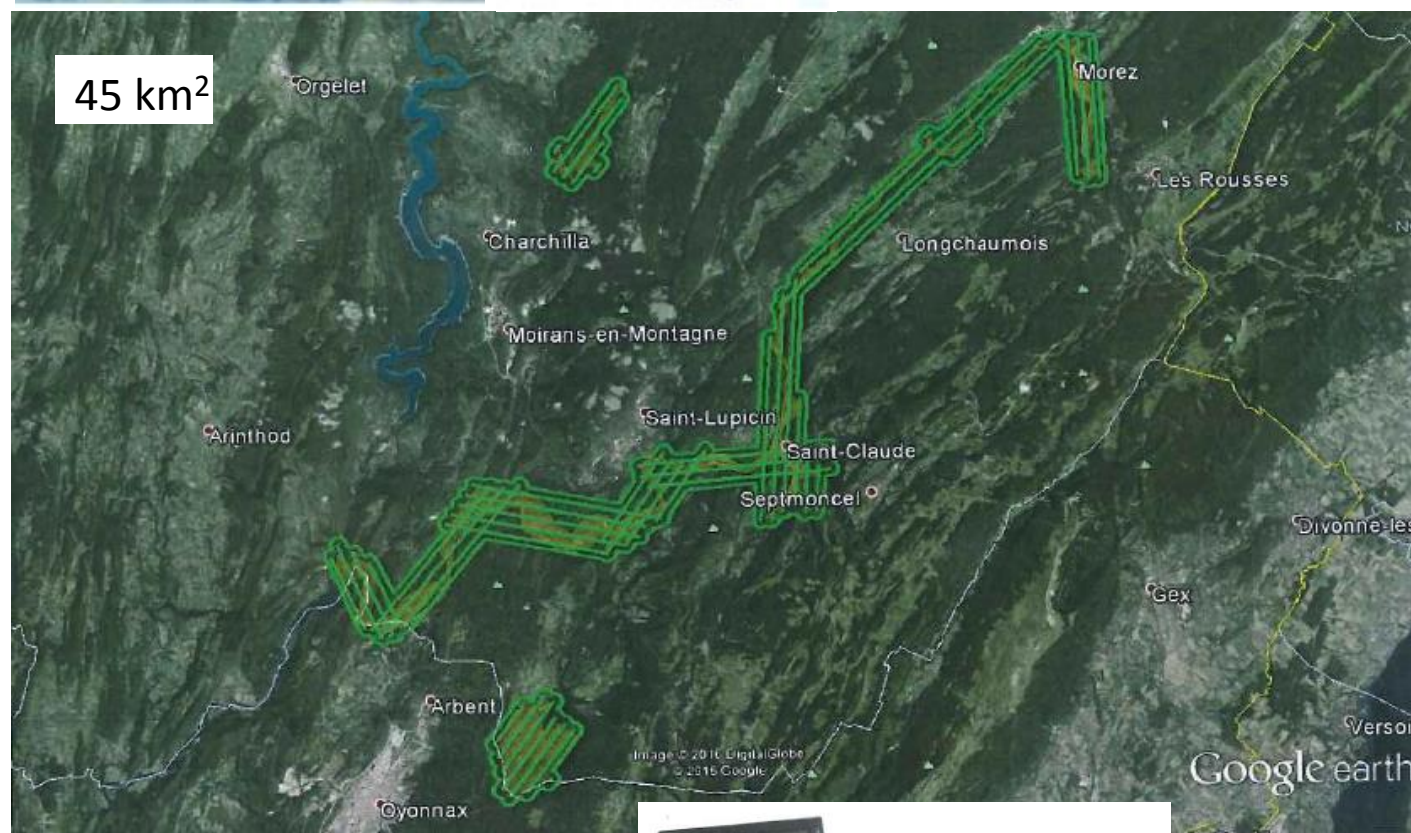


Les choix techniques

1. Acquérir un MNT Lidar car autres besoins (couverture d'un ensemble plus large que le site de la gravière + pb de coût)
2. Images THR
3. Compléter le MNT par une série de mesures topographiques et bathymétriques




Lidar RIEGL LMS-Q680i
Longueur d'onde proche infrarouge
Caméra Leica RCD30-RGB et proche infra – 60 MP



Limite : un choix « subit »



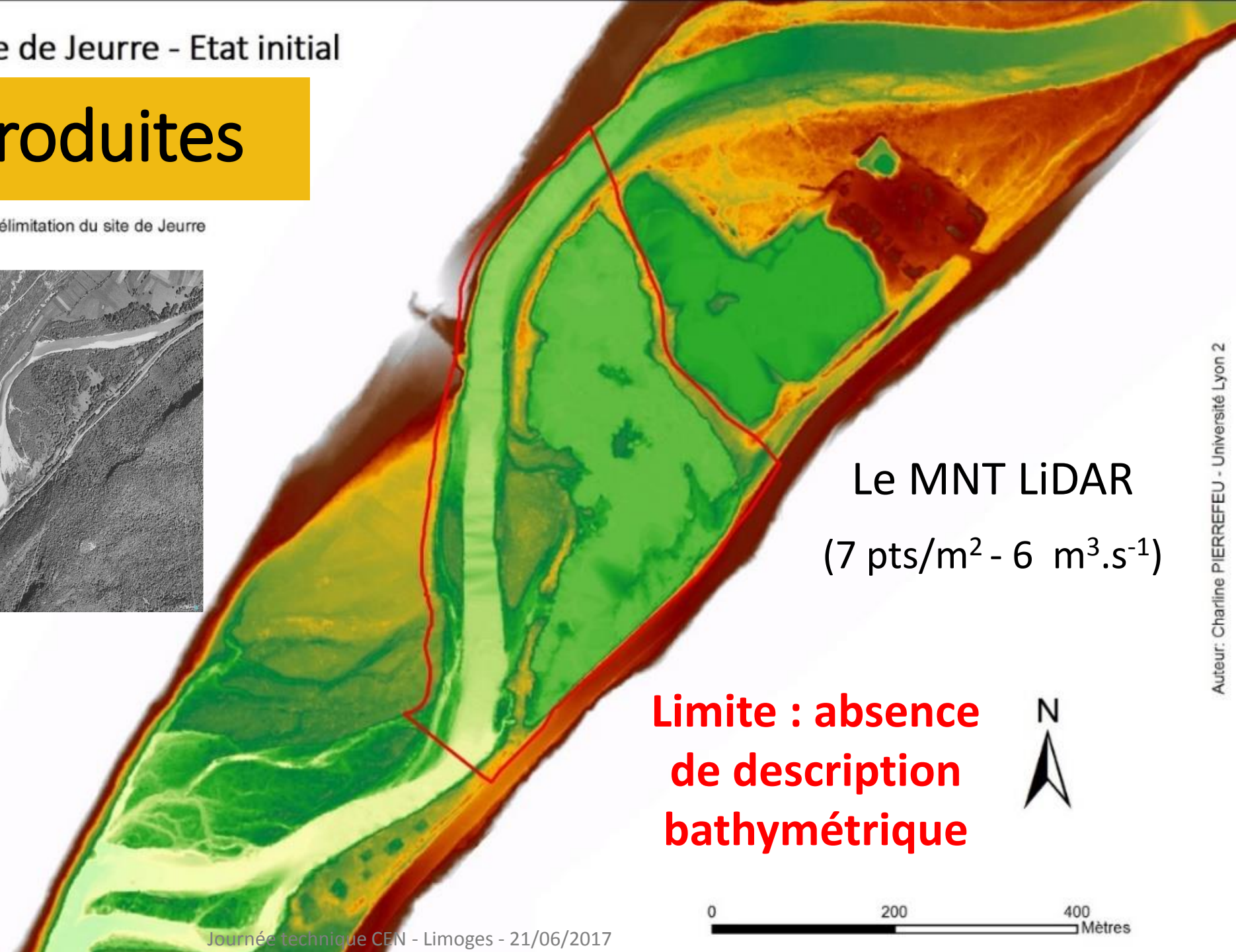
Les données produites

 Délimitation du site de Jeurre



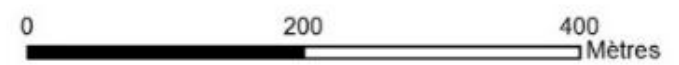
2016

1962

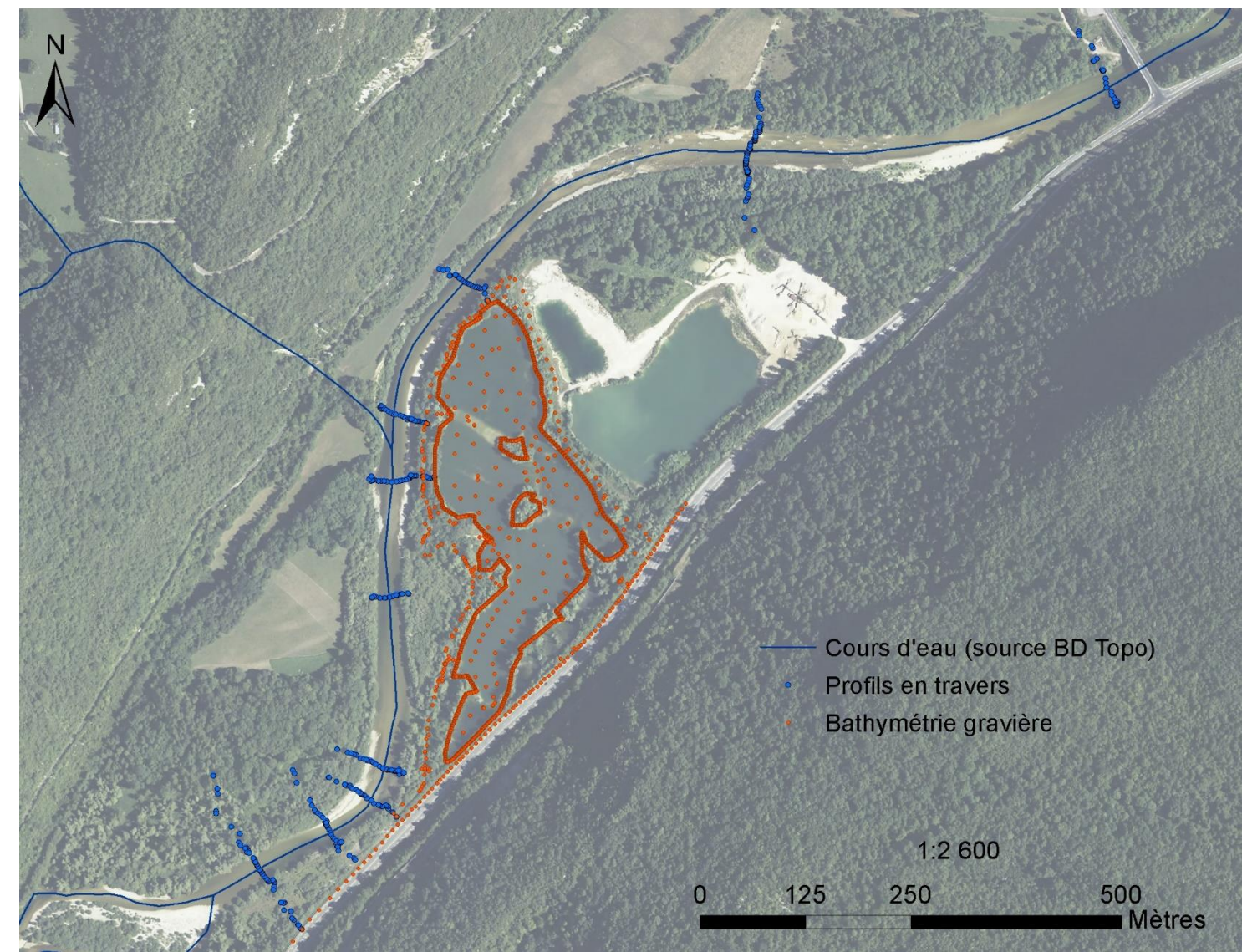


Le MNT LiDAR
(7 pts/m² - 6 m³.s⁻¹)

**Limite : absence
de description
bathymétrique**



Compléments du MNT (DGPS, échosondeur, stadimètre)



Limite : densité / précision ≠

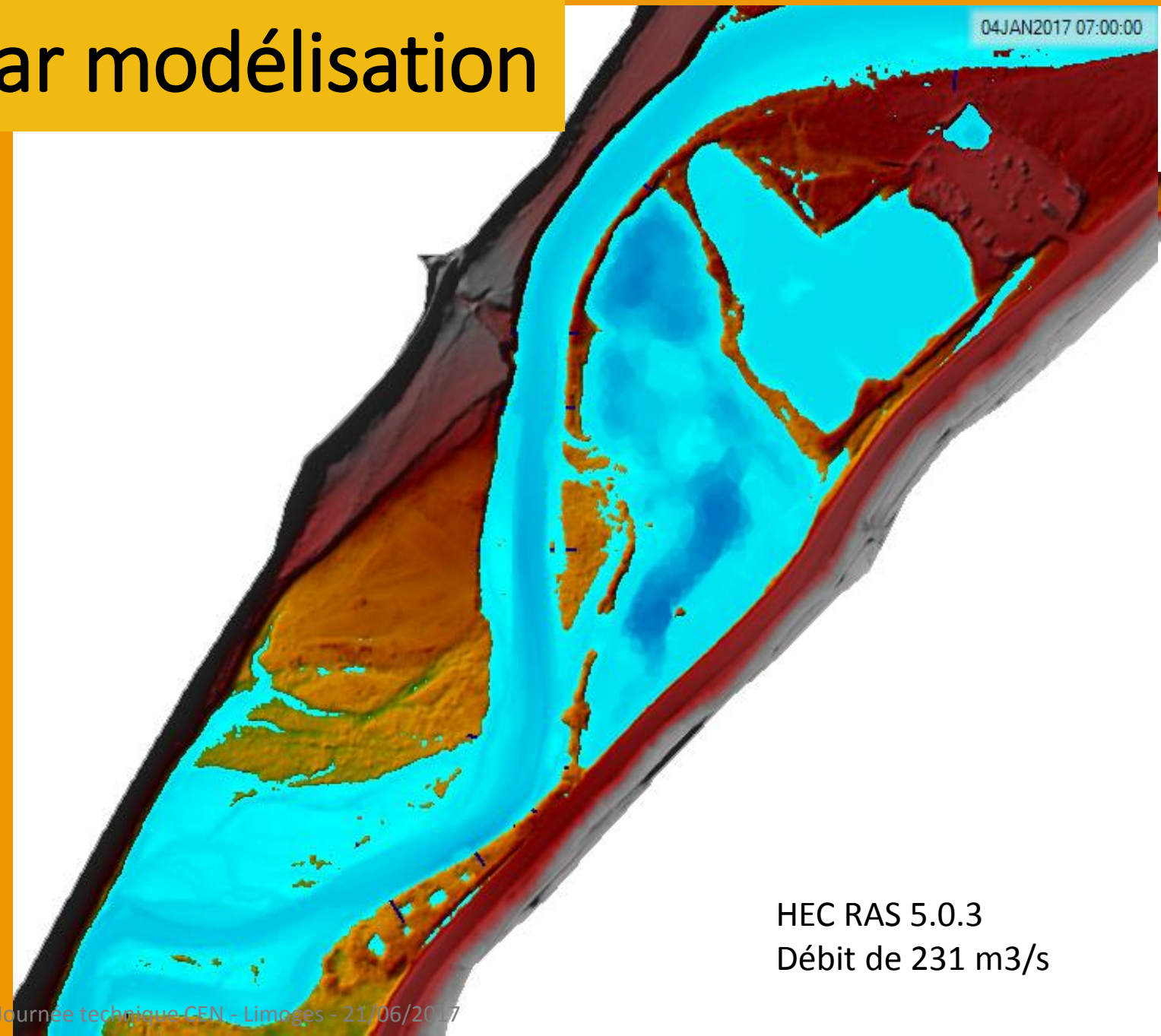
Validation des cotes par modélisation

Description :

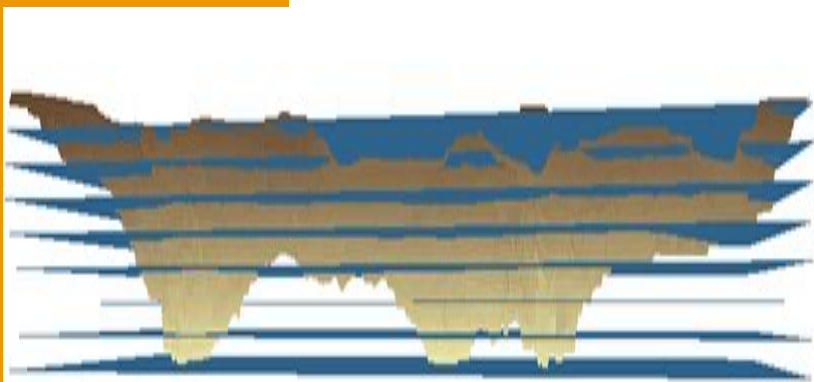
- Modèle hydraulique 2D
- MNT LiDAR + bathymétries
- Données DREAL + sondes (*2)

Objectif de validation :

- Intégration des modifications de la digue et des chenaux secondaires



Modélisation des échanges hydrauliques et cubages des volumes



Plan d'eau :

Niveau d'eau moyen :

317.15 m

Volume : 67 000 m³

d'eau stockée

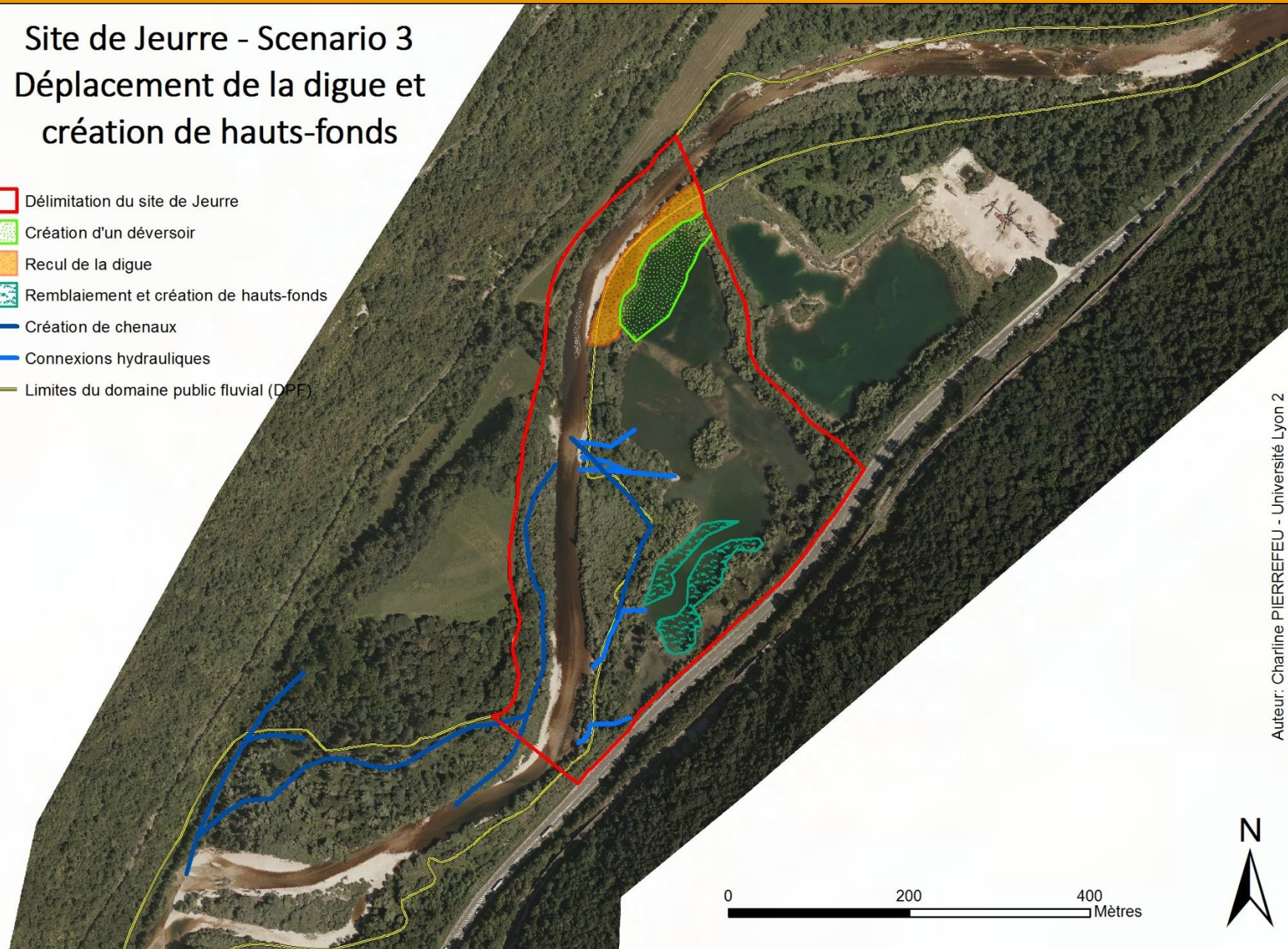
Degré de connexion	Très faible connexion	Faible connexion	Forte connexion
Débit seuil moyen de connexion [intervalle de confiance]	$Q < 52 \text{ m}^3/\text{s}$ [42 - 61]	$52 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 112 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q > 112 \text{ m}^3/\text{s}$ [86 - 138]
Dynamique	Jeurre Chenal Gravière		
Entrées	Infiltration à travers la digue + pluie (négligeables)	Chenaux d'entrée + buse de versant (+ infiltration + pluie)	Chenaux d'entrée + submersion digue (forte crue)
Sorties	Sorties négligeables (évaporation + infiltrations à travers la digue) + buse dès un certain niveau d'eau	Chenal de sortie + buse (en phase de décrue)	Chenal + buse (en phase de décrue)
Illustration des connexions			

Travaux retenus

- **Entretien des connexions existantes**
- **« Restauration » des connexions et des chenaux**
- **Recul et confortement des digues en amont**
- **Création de hauts fonds**
- + Echanges hydrauliques
- + Habitats (rivière et plan eau)
- + Mobilité « contrôlée »
- Traitement des invasives
- Gestion des enjeux hydrauliques (dont capture)
- Valorisation facilitée

Site de Jeurre - Scenario 3 Déplacement de la digue et création de hauts-fonds

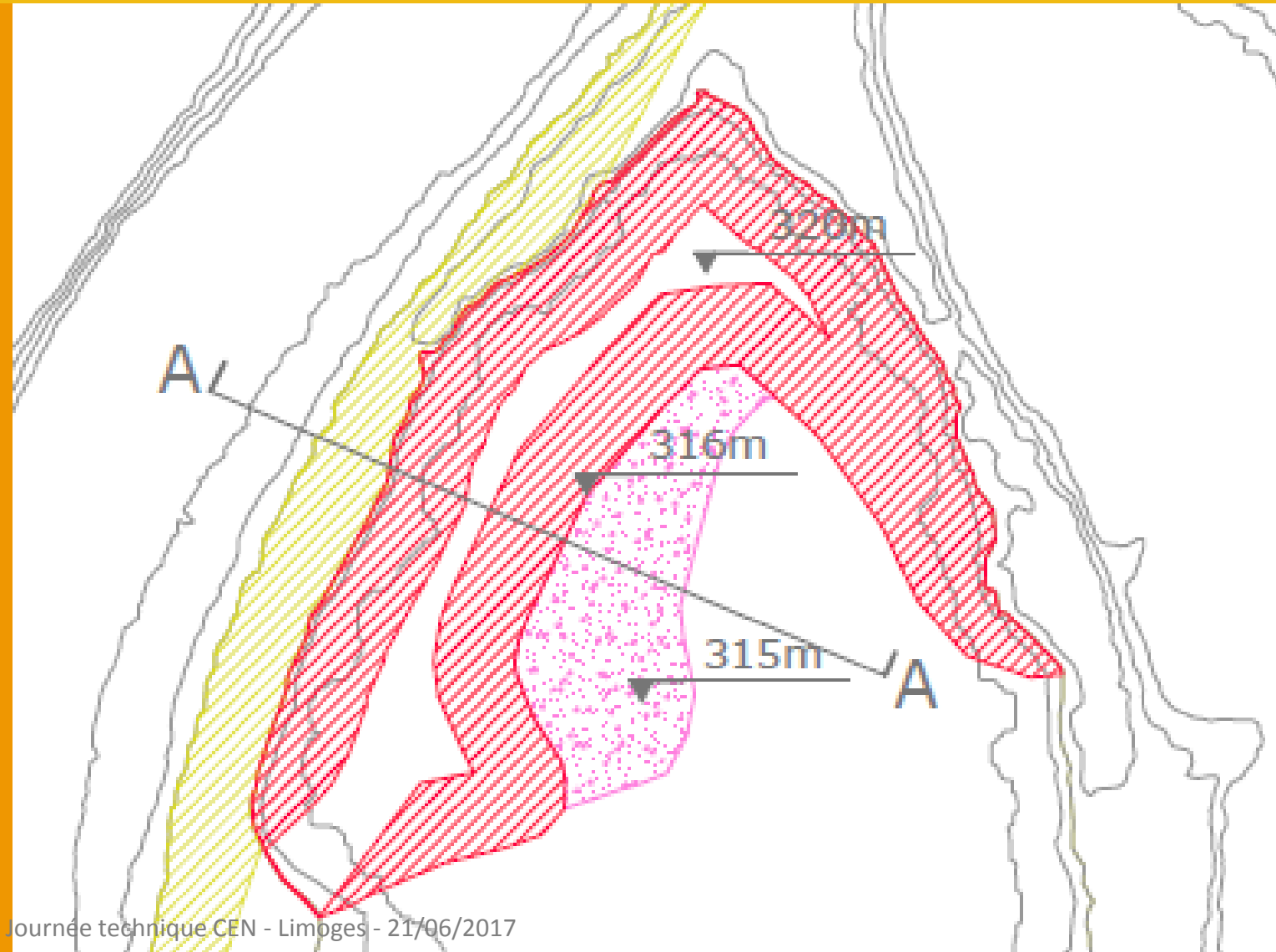
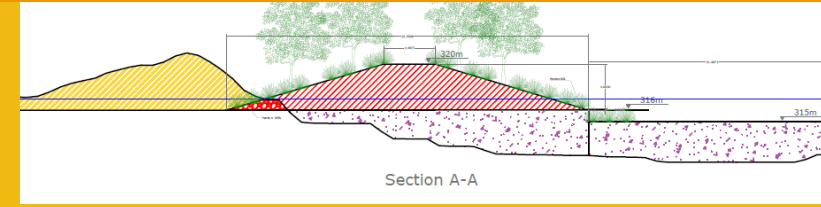
- Délimitation du site de Jeurre
- Création d'un déversoir
- Recul de la digue
- Remblaiement et création de hauts-fonds
- Création de chenaux
- Connexions hydrauliques
- Limites du domaine public fluvial (DPF)



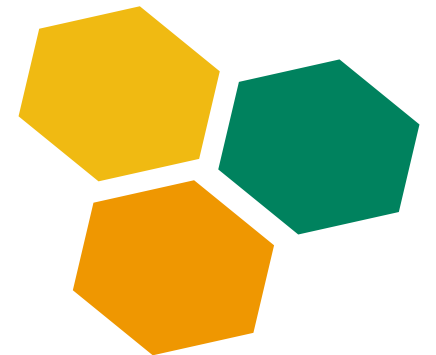
Auteur: Charline PIERREFEU - Université Lyon 2

Recul digue + déversoir

- Reconstruction de la digue 25 m plus en retrait sur remblai
- Technique combinée : empierrement de pied surmonté
- Cote abaissée → déversoir (inondation contrôlée)
- Etablissement de rugosité supplémentaire
- Chemin de crête consolidé par un treillis



Possibilités pour les suivis travaux et post-travaux



Les suivis

Années	Etapes	Indicateurs de suivi
n - 1	Evaluation avant travaux	Géométrie des chenaux et suivi photographique (points de repère à fixer) Relevé de faciès et granulométries Mise en place des capteurs pour le suivi
		Pêche électrique d'inventaire IBG-DCE + Inventaires faunes
n	Travaux	Suivi de travaux Contrôles de conformité avant réception Mise en place des hydrophones (Lavancia-Epercy)
n + 1	Evaluation, suivis post-travaux	Pêche électrique d'inventaire IBG-DCE + Inventaires faunes Suivi des invasives (x2)
n + 2		Géométrie des chenaux et relevé de faciès - granulométries - Photographies (possible à n+1 si crue morphogène)
n + 3		Pêche électrique d'inventaire IBG-DCE + Inventaires faunes
n + 5		Suivi complet (écologique et géomorphologique)
n + 10		Suivi complet (écologique et géomorphologique)

Besoins de suivi des modelés et des habitats

→ Zone limitée spatialement...

Drone et capteurs adaptés

Donnée homogène (résolution) :

- en topographie (MNT)
- en bathymétrie,

Couplage à une photogrammétrie

THR...



→ CF. exposé de J Lejot...

+ Développement instrumental

→ pour le suivi des milieux aquatiques...

Des capteurs low-cost :

- multi-paramètres (couleur, thermie, turbidité, ph, hauteur d'eau, seuil de charriage par son et géophone, photo, ndvi proche infrarouge...)
- pour l'acquisition haute fréquence temporel et haute densité spatiale de paramètres environnementaux ;
- organisés en réseaux (distribution de capteurs sur un même site ; comparaison inter-site, validation de modèles...).



Exemple de projet : suivi de la couleur et turbidité des affluents miniers en Nouvelle Calédonie (40 à 80 euros)

Merci pour votre attention !