

Les travaux d'enrochement sur la Loire moyenne

Table ronde enrochements Orléans

24 Octobre 2014

Nicolas AUGER, DREAL Centre/SLBLB/DETL

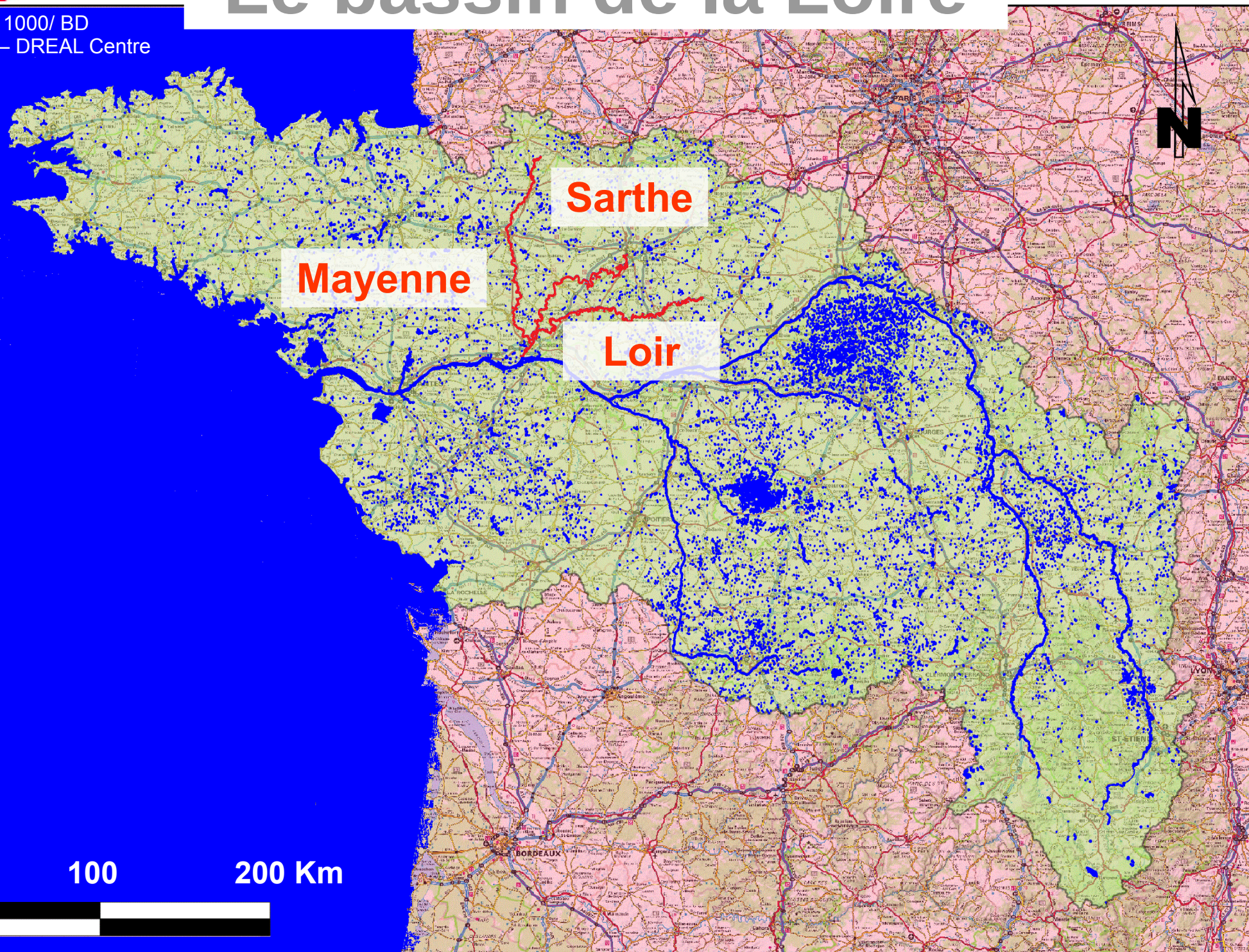
David MATHON, CEREMA/DterNC/LRB/GER

Contributions de Stéphane BRAUD, Nathalie MANCEAU, Lionel GUIVARC'H, Arnaud BOULAY, Clément COULAIS, Bastien BRIDOUX, Lucile SAUSSAYE



Le bassin de la Loire

IGN Scan 1000/ BD
Carthage – DREAL Centre



Un fleuve sauvage ?

- Non navigable
- Espace de mobilité
- Débit partiellement régulé



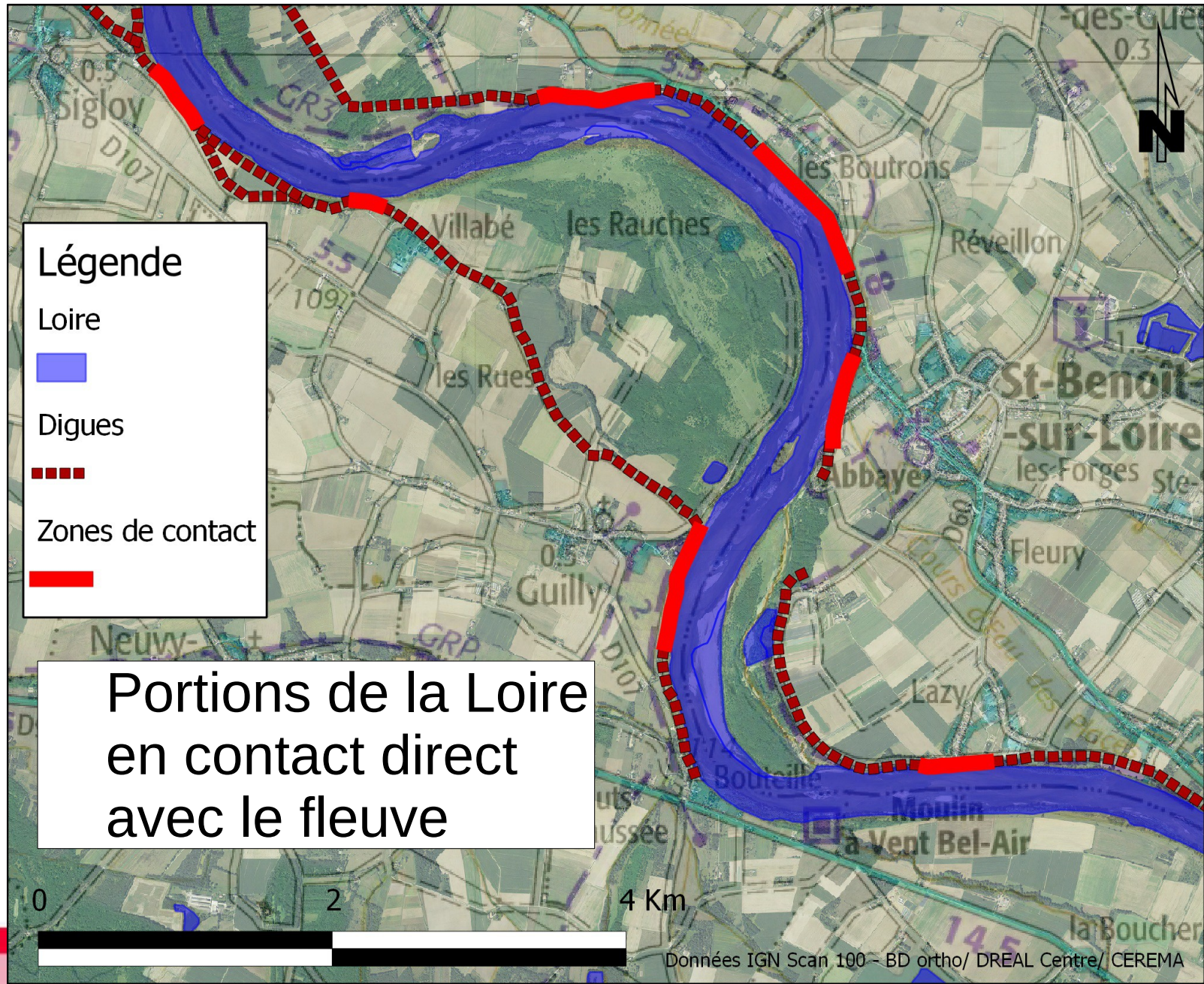
Les levées

- Les levées constituent un corset de 600 km
- 300 000 personnes habitant dans des *vals* protégés par ces *levées*



Sully amont, 2013

Contact de la Loire avec les levées

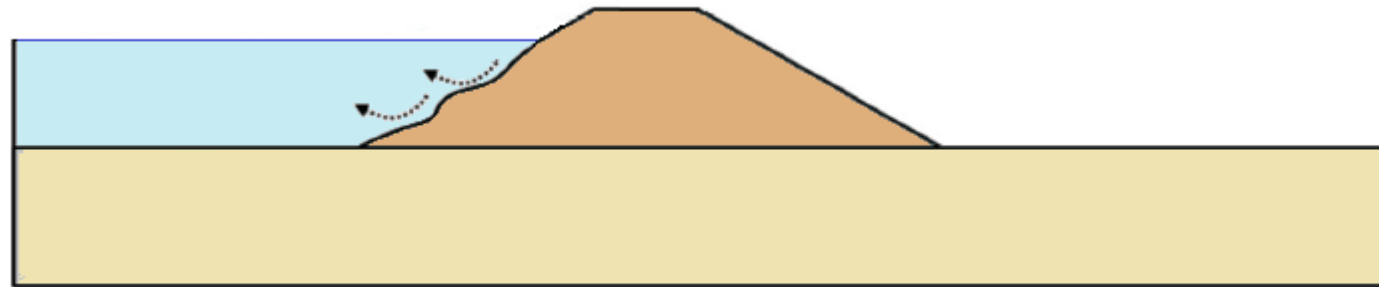


Effet de l'érosion de pied de levées

- Menace pour le pied de levée

- Érosion directe

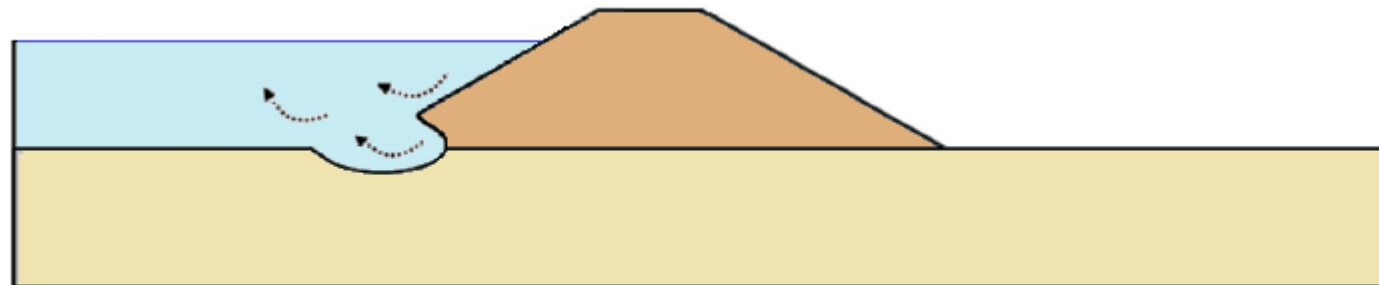
ILH, Y. Deniaud



-----> Particules de sol arrachées

- Affouillements

ILH, Y. Deniaud

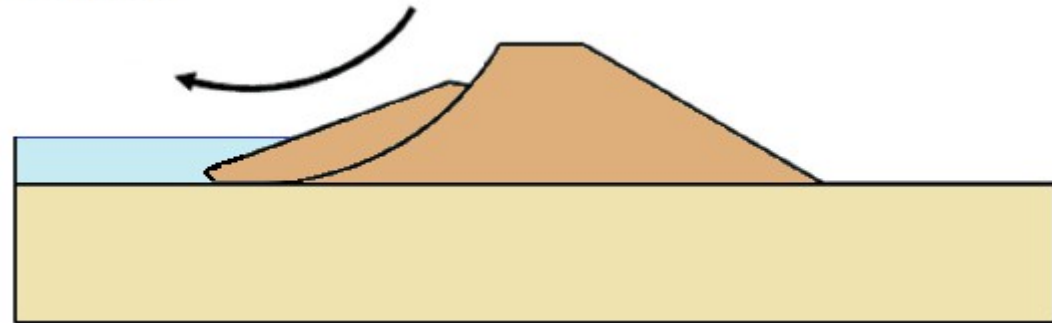


-----> Particules de sol arrachées

L'érosion de pied de levées

- Phénomène progressif
- Action y compris hors période de crue
- Peut initier un mécanisme de rupture, notamment par glissement

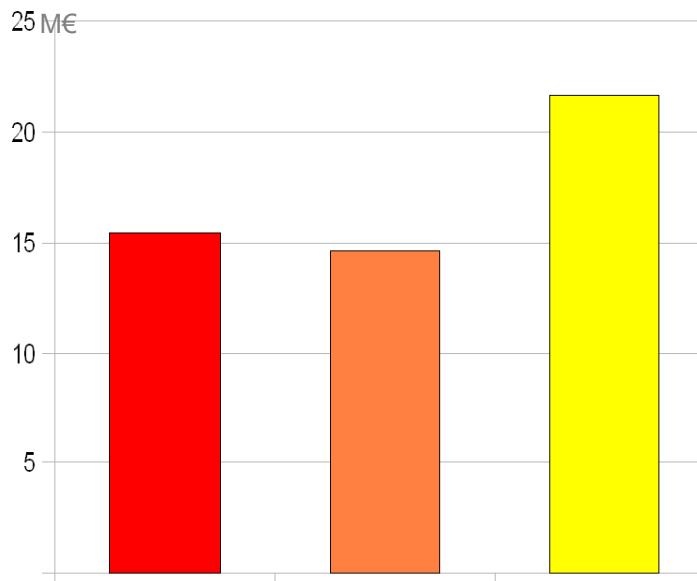
ILH, Y. Deniaud



Digue de Charrin, août 2014

L'érosion de pied de levées

- Inspection des pieds de levées (2006-2007)



- Travaux Prioritaires
- Travaux à étudier à moyen terme
- Travaux non prioritaires



L'érosion de pied de levées

- Approche morphologique



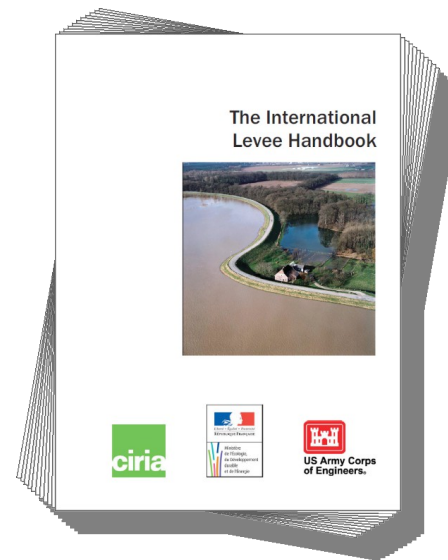
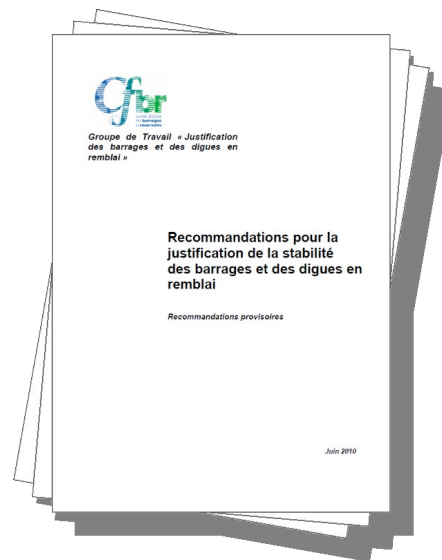
Avertissement : L'interprétation de la carte nécessite la lecture des éléments méthodologiques, avec leurs limites, développés dans le rapport.

2010

*Fond de carte (source : S.I.E.L., Dreal Centre).
Etude DREAL Centre - SLBLB, 2014.*

L'érosion de pied de levées

- Évaluation quantitative
 - Prélèvements/ Caractérisation de sols
 - Paramètre de Shield/ gradient critique



Assurer la résistance à l'érosion externe

- Palplanches



Levée de Saint Benoît (45)



Levée d'Onzain (41)

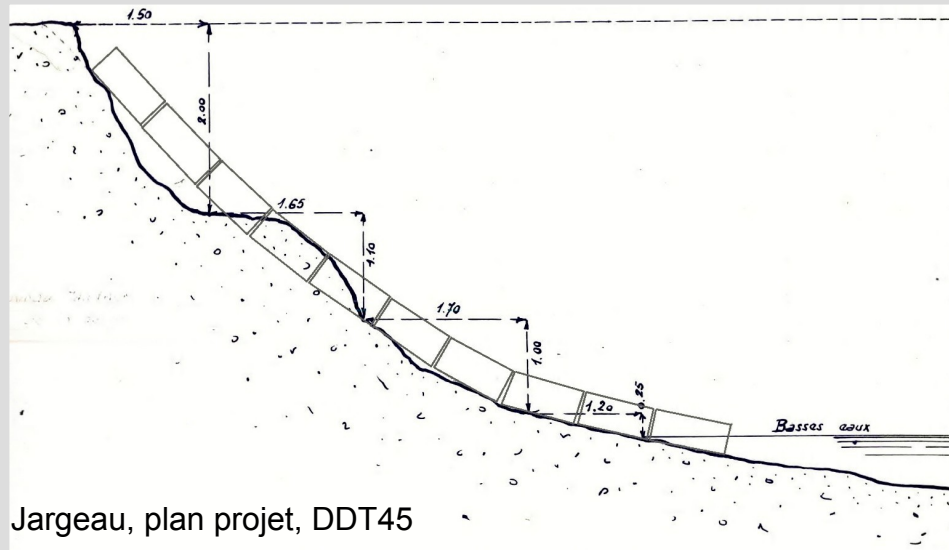
Assurer la résistance à l'érosion externe

- Génie végétal/ solutions mixtes



Assurer la résistance à l'érosion externe

- Dalles béton



Assurer la résistance à l'érosion externe

- Gabions



Levée de Cours les Barres (18), 2012

Assurer la résistance à l'érosion externe

- Approche globale du risque inondation
 - Quelle protection offerte par le tronçon concerné ? Si les enjeux sont faibles
 - ✓ mise en transparence
 - ✓ réduction de la vulnérabilité des enjeux touchés
 - Possibilités de recul de la levée à étudier

Assurer la résistance à l'érosion externe

- **Enrochements !**



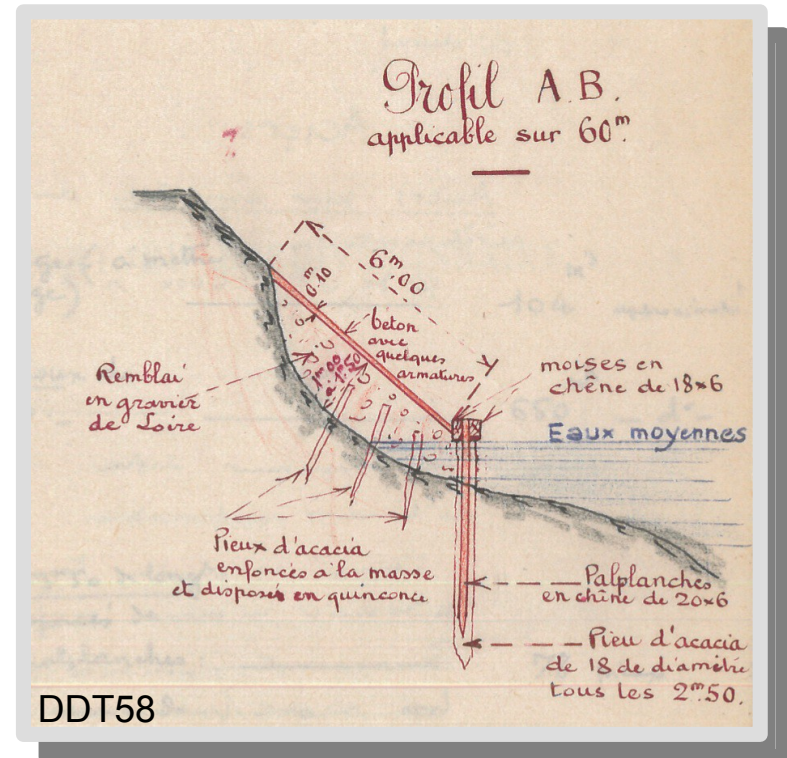
Autres applications

- Travaux d'urgence
 - Glissements
 - Érosion interne lors des crues
- Chemins de service
- Résistance à la surverse/ déversoirs



Historique

- Perrés/ pieux
- Techniques végétales
- Enrochements,...

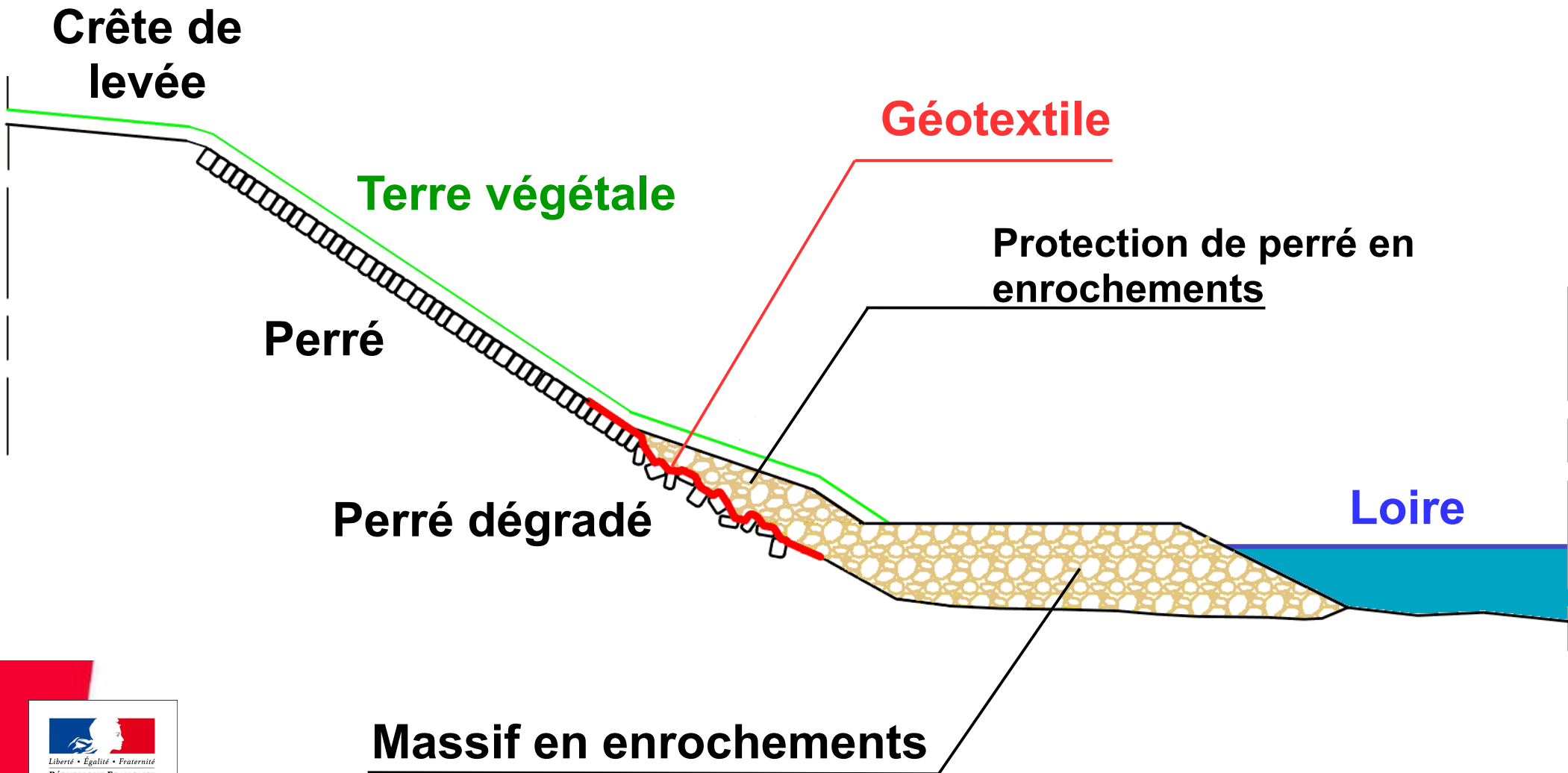


Conception/ fonctions à assurer

- Protection contre l'érosion et les affouillements
 - Dimensionnement conséquent du massif
 - $2D_{50}$ mini
- Protection contre l'érosion sous-jacente
 - Granulométrie continue/ géotextile
- Entretien et surveillance
 - Chemins de service accessible à l'étiage



Conception/ profil type



Dimensionnement

- Modélisation hydraulique modèle Loire moyenne
 - Unidimensionnel à casier
 - Logiciel Hydrariv
- Crue de période de retour de 500 ans
- Coefficient de survitesse en extrados en fonction du rayon de giration



Dimensionnement

- Fonction résistance à l'érosion du massif

- Formule d'Isbach

$$D_{50} \geq \frac{b}{\lambda} \times \frac{V_v^2}{2g} \times \frac{\gamma_e}{\gamma_s - \gamma_e}$$

où

D_{50} : diamètre médian des blocs (m)

V_v : vitesse du courant au droit de l'enrochement (m.s⁻¹)

$b = 0,7$ (enrochements enchâssés)

γ_s : masse volumique des blocs (kg.m⁻³)

γ_e : masse volumique de l'eau (kg.m⁻³)

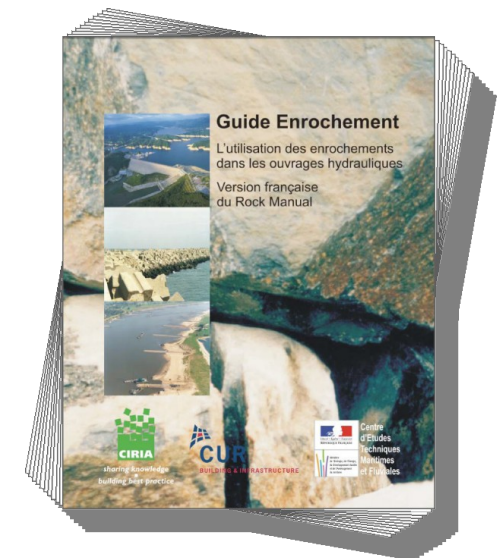
λ : coefficient de Lane

avec

$$\lambda = \cos \varphi \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \varphi}{\tan^2 \theta}}$$

θ : angle d'équilibre des blocs

φ : angle du talus avec l'horizontale



Dimensionnement

- Fonction résistance à l'érosion du sol sous-jacent
 - Granulométrie continue
 - ✓ Dimensions « classiques » :
 - ✓ LMA 10/60 (Kg) + CP 45/125 (mm)
 - ✓ LMA 40/200(Kg) + CP 45/125 (mm)
 - Géotextiles



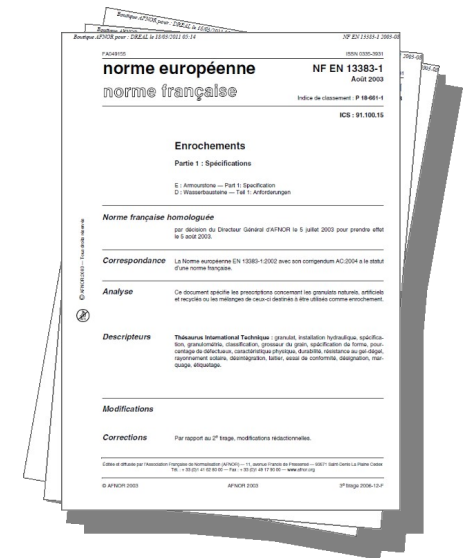
Saint Pierre des Corps 2011



Bou 2013

Spécifications

- Norme enrochements :
 - NF EN 13383-1 et 2
 - guide d'application
- Tenir compte du contexte local
- Optimum
 - Dimensionnement
 - Prix
 - caractéristiques demandées



Choix des matériaux

- Prix
- Caractéristiques techniques proposées
- Matériaux certifiés
- Antériorité des essais
- Essais routiers
- Aspects environnementaux



Production

■ Criblage



Production

- Réduction au BRH



Melleray 2012



Sully/ Mareau 2014

Production

- Godet à claire voie



Contrôles

- Caractéristiques géométriques
 - Classe granulaire
 - Forme



Contrôles

- Caractéristiques physiques 1/2
 - Masse volumique (fait avec l'absorption)



Contrôles

- Caractéristiques physiques 2/2
 - Résistance à la fragmentation/ intégrité
 - ✓ Essais de compression
 - ✓ Essais de chute



Melleray 2012

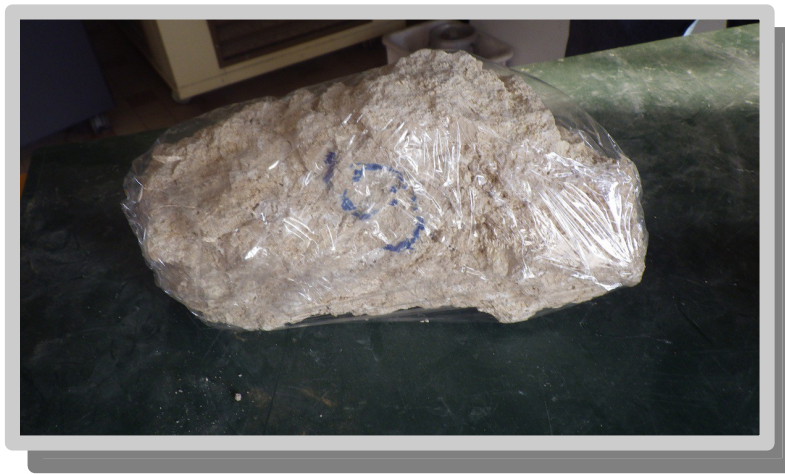


Guilly 2011

- Résistance à l'usure
 - ✓ Micro Deval

Contrôles

- Caractéristiques de durabilité
 - Essai d'absorption d'eau (essai crible)
 - Essai de résistance au gel/ dégel



Transport

- Distance
- Conditions d'accès



Guilly 2011



Melleray 2012



Sully 2014

Mise en œuvre



Mise en œuvre

- Homogénéité du mélange
- Blocage des enrochements
- Aménagement de la piste
- Volumes mis en œuvre



Autres enjeux



VAL DE LOIRE
PATRIMOINE MONDIAL



- Paysages/ monuments
 - Hauteur de piste : non visible hors étiage
 - Végétalisation naturelle ou terre végétale + engazonnement



Sigloy + 3 ans

Autres enjeux

- Environnement
 - Espèces à préserver
 - ✓ périodes d'intervention
 - ✓ Castors, ...
 - Plantes invasives
 - Prévention des pollutions



Autres enjeux

- Nuisances en phase chantier
 - Circulation (dont Loire à vélo)



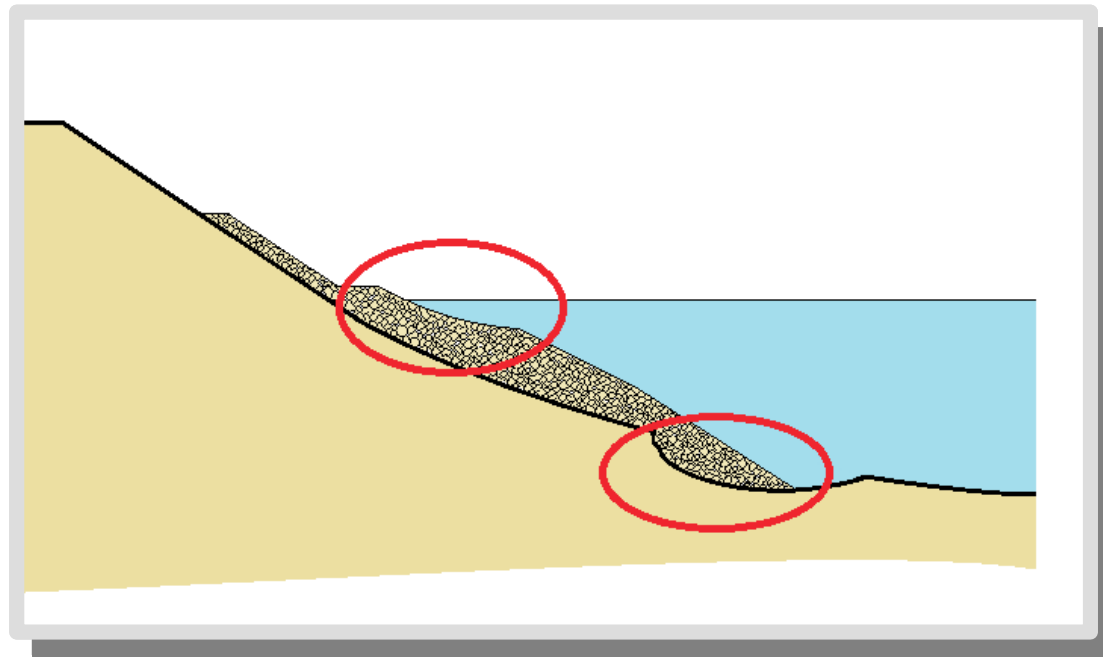
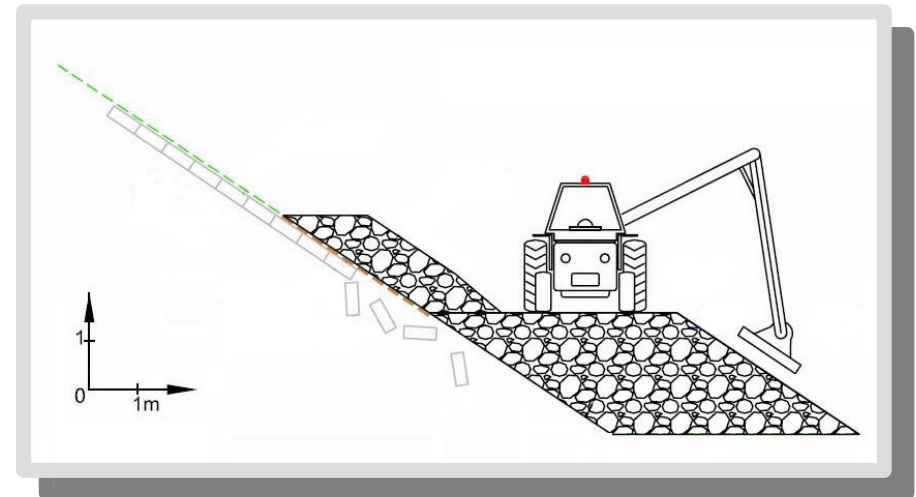
Contrainte

- Niveau de la Loire !



Interventions ultérieures

- Entretien (végétation,...)
- Surveillance
- Recharge en cas d'affaissement

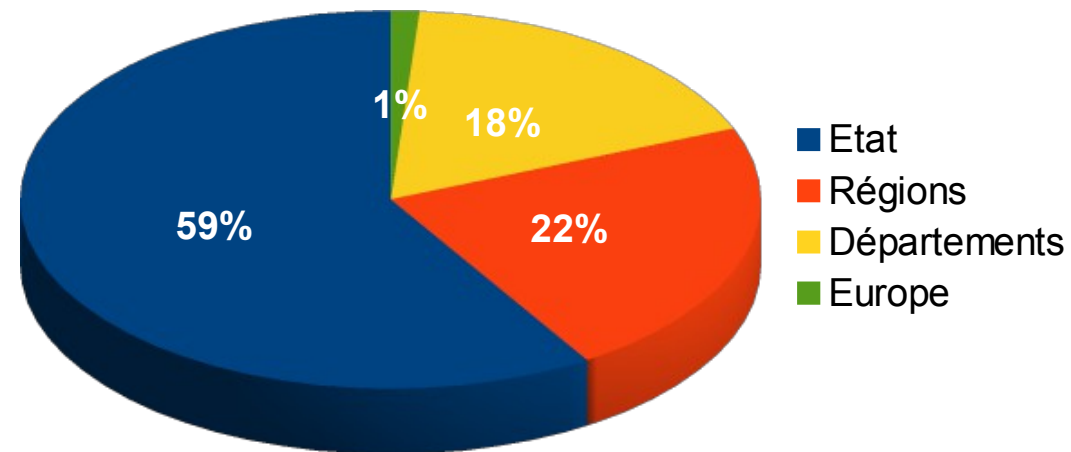


Financements



Source : Plan Loire fin 2013

- Plan Loire III : 2007-2013
- Prochain contrat de plan
- Participations
 - État (dont FPRNM)
 - Régions
 - Départements
 - Europe

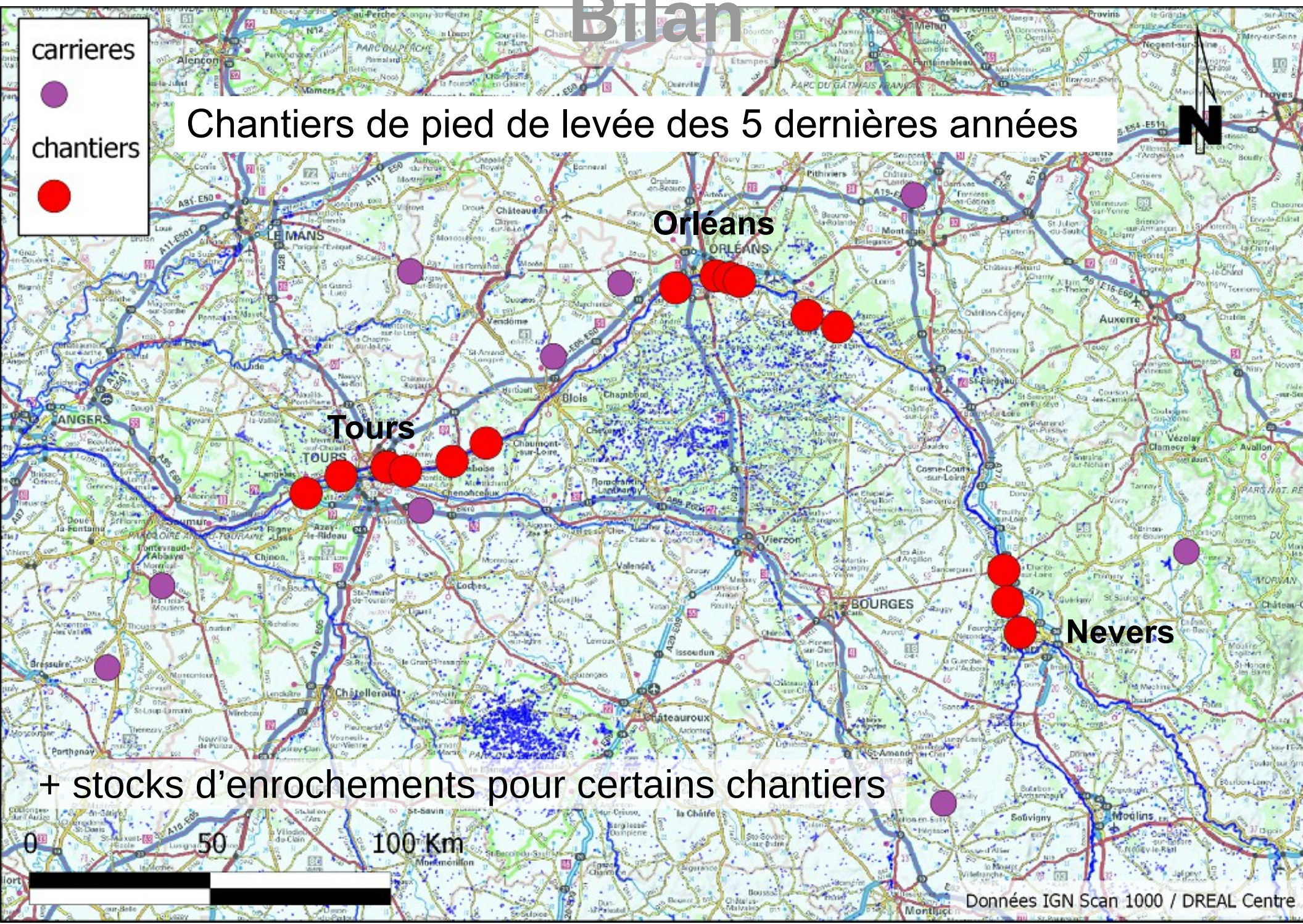


Montant total programmé : 56,8M€

- Maîtrise d'ouvrage : directions départementales des territoires
- Maîtrise d'œuvre : DREAL Centre

Bilan

Chantiers de pied de levée des 5 dernières années

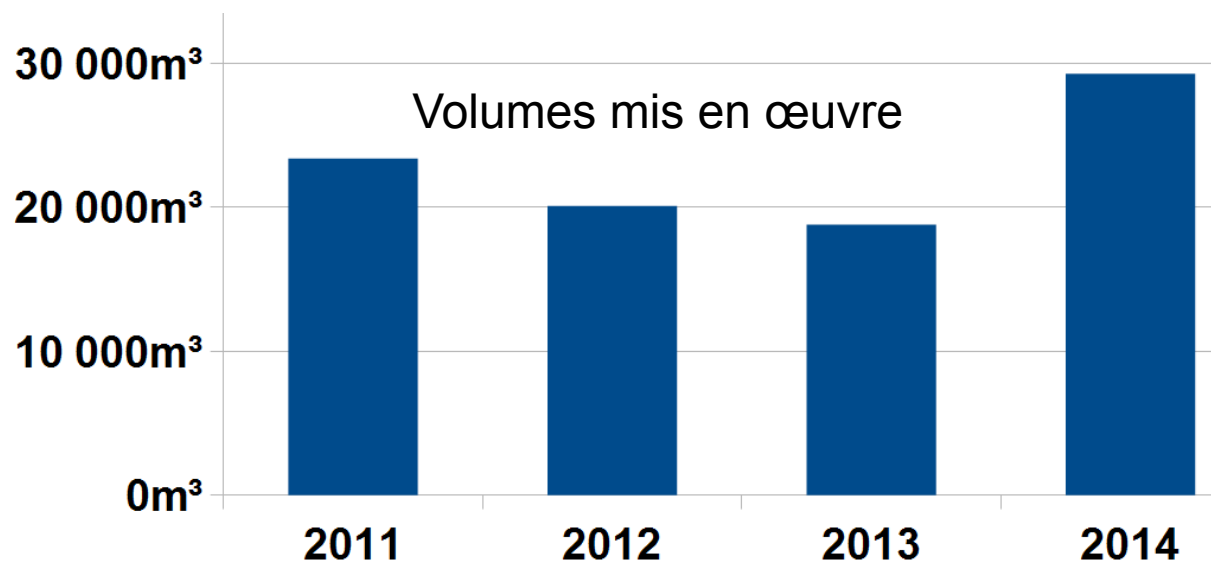


Bilan enrochements

Période 2011 – 2014

9 M€ TTC sur les chantiers d'enrochements

100 000 m³ d'enrochements mis en œuvre



■ Perspectives :

- Fin des levées de classe A
- Levées de classe B&C

Merci de votre attention

Quelques liens :

- Site du plan Loire/ ODS
- International levee handbook
- Guide enrochements

Avec nous, ils améliorent la sécurité des digues lors des travaux d'enrochements :



ÉTABLISSEMENTS
GASCHEAU

