

# Exemples d'applications des sols traités à la chaux en ouvrages hydrauliques



# Sols-chaux en ouvrages hydrauliques : Une nouveauté ?

- ◆ **France - XIX<sup>ème</sup> siècle**
- ◆ **Etats-Unis - 1970s**
- ◆ **Europe - 1990+**
- ◆ **Conclusions**

# Sols-chaux en ouvrages hydrauliques : Une nouveauté ?

- ◆ **France - XIX<sup>ème</sup> siècle**
- ◆ **Etats-Unis - 1970s**
- ◆ **Europe - 1990+**
- ◆ **Conclusions**

# Les corrois argileux d'Antoine-Rémi Polonceau (1778-1847)

## ◆ Problème

- Imperméabilisation via corroi argileux (~75 cm en présence d'eau vive)
- Fissuration de retrait des argiles (bassins en chômage)

## ◆ Solution (réflexions engagées en 1823)

- « Nouvel enduit », « béton gras ou flexible »



sources :

-gravure d'après un dessin de F. Bella (wikipedia)

-A.-R. Polonceau, Notice sur quelques parties des travaux hydrauliques, 1829

# Les corrois argileux d'Antoine-Rémi Polonceau (1778-1847)

## ◆ Corroi « Polonceau »

- Chaux éteinte (1 vol.)  
+ argile (20-25)  
+ sable (80-100)
- Mélange intime
  - Délayer l'argile et ajouter la chaux liquide
  - Mélanger aux granulats

source :

- A.-R. Polonceau, Notice sur quelques parties des travaux hydrauliques, 1829

# Les corrois argileux d'Antoine-Rémi Polonceau (1778-1847)

## ◆ Corroi « Polonceau »

- Chaux éteinte (1 vol.)  
+ argile (20-25)  
+ sable (80-100)
- Mélange intime
  - Délayer l'argile et ajouter la chaux liquide
  - Mélanger aux granulats

Un corroi ainsi composé est parfaitement imperméable ; il n'est susceptible d'aucun retrait et peut s'employer à une faible épaisseur. Il est bien de lui donner 15 à 20 centimètres pour les petits bassins et pour les grandes surfaces 30 à 45 centimètres qu'on étend en plusieurs couches. Un des grands avantages de cet enduit, c'est que la gelée ne peut altérer ses propriétés, et, quoique d'une certaine ténacité, il est encore assez flexible pour céder sans se désunir aux petits mouvements de terrain causés par les tassements ou par les alternatives de l'humidité et de la sécheresse.

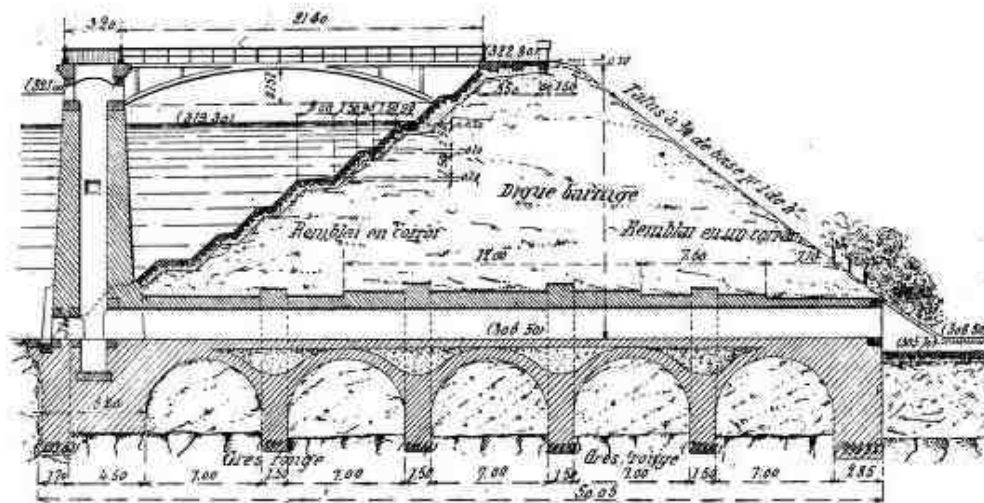
sources :

-A.-R. Polonceau, Notice sur quelques parties des travaux hydrauliques, 1829

-Encyclopédie des Gens du Monde, 1836, Tome 7, Partie 1, Article « Corroi » rédigé par Dumas

# Réservoir de Torcy-Neuf (71 - Canal du Centre) Construction 1883-87

- ◆ Augmenter les ressources en eau du Canal du Centre (passage au gabarit Freycinet)
- ◆ Retenue de 8 Mm<sup>3</sup>
  - Digue de 136 m de long
  - 16,3 m au plus haut
  - 52,9 m de large à la base au droit du thalweg
  - 129 000 m<sup>3</sup>



# Réservoir de Torcy-Neuf (Canal du Centre)

## ◆ Corroi argilo-sableux traité in-situ

- Par couches de 10 cm (7,5 cm compactées)
- Lait de chaux ou chaux hydratée (30 kg/m<sup>3</sup> ~ 2 %)
- Compactées au rouleau cannelé

## ◆ Réfection 2008-2009

- Capacité vidange insuffisante
- Parement amont déjointoyé
- Parement aval : Coefficient de stabilité insuffisant + Hausse de la piézométrie



source : vue avant travaux (VNF)

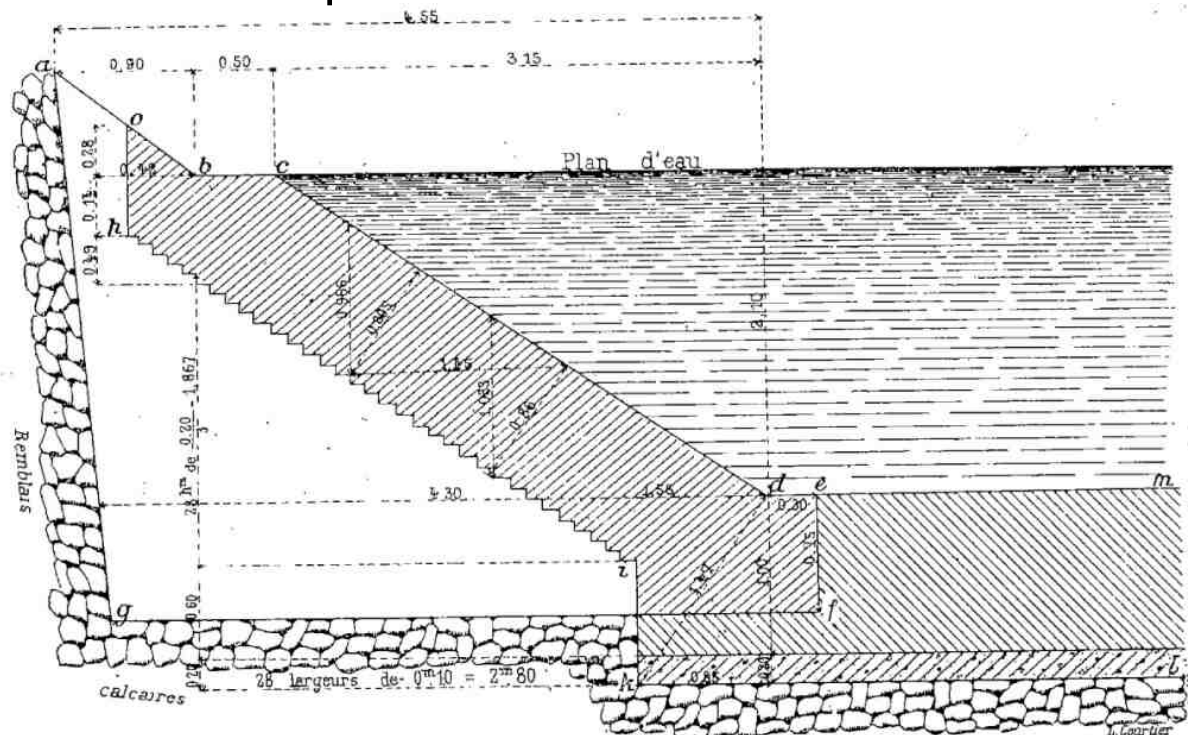


# Bief des Humes (52 - Canal de la Marne à la Saône)

## Construction 1889

### ◆ Etanchéité du canal dans les zones en remblai

- Initialement pierres calcaires revêtues de terre sur 40 cm + corroi en « bonnes terres » (a,b,c,d,e,f)
- Entonnoirs dans le plafond à la mise en eau



source : G. Cadart,  
Annales P. C., 1898

FIG. 1. — Profil de l'étanchement du bief de Humes.

# Bief des Humes (52 - Canal de la Marne à la Saône)

## Construction 1889

### ◆ Plafond drainant + 7 200 m<sup>3</sup> de corroi argileux traité

- Par couches de 10 cm (6,7 cm compactées)
- Chaux hydratée (7 kg/m<sup>3</sup> ~ 0,5 %)
- Compactées au rouleau à disques de fonte

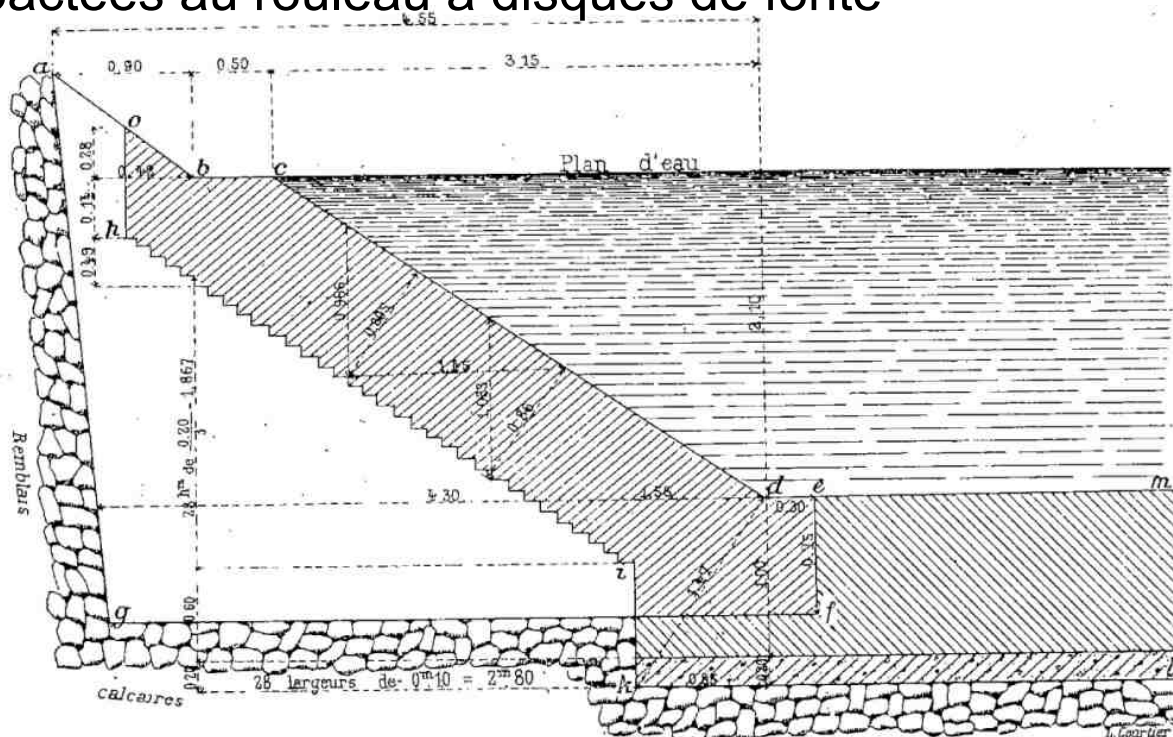


FIG. 1. — Profil de l'étanchement du bief de Humes.

# Les corrois argileux à la chaux au XIX<sup>ème</sup> siècle

- ◆ **Solution connue à la fin du XIX<sup>ème</sup> (Cours ENPC) mais...**
  - **Méthode Polonceau oubliée ?**
    - Saupoudrage vs mélange homogène
    - Raisons oubliées ? (Eviter le retrait / Tenace et flexible)
  
  - **Chaux = contrôle teneur en eau**
    - Sols secs : lait de chaux
    - Sols humides : chaux en poudre
  
  - **Confusion entre chaux hydraulique et chaux calcique ?**
    - Développement chaux hydrauliques et ciment 1830-50
    - Quelques corrois à la chaux hydraulique (Mittersheim - 1866, Canal de Jonage - 1898)

sources :

-F. De Mas, Canaux – Cours de Navigation Intérieure ENPC, 1904

-A. Guillerme, History Technol., 1986

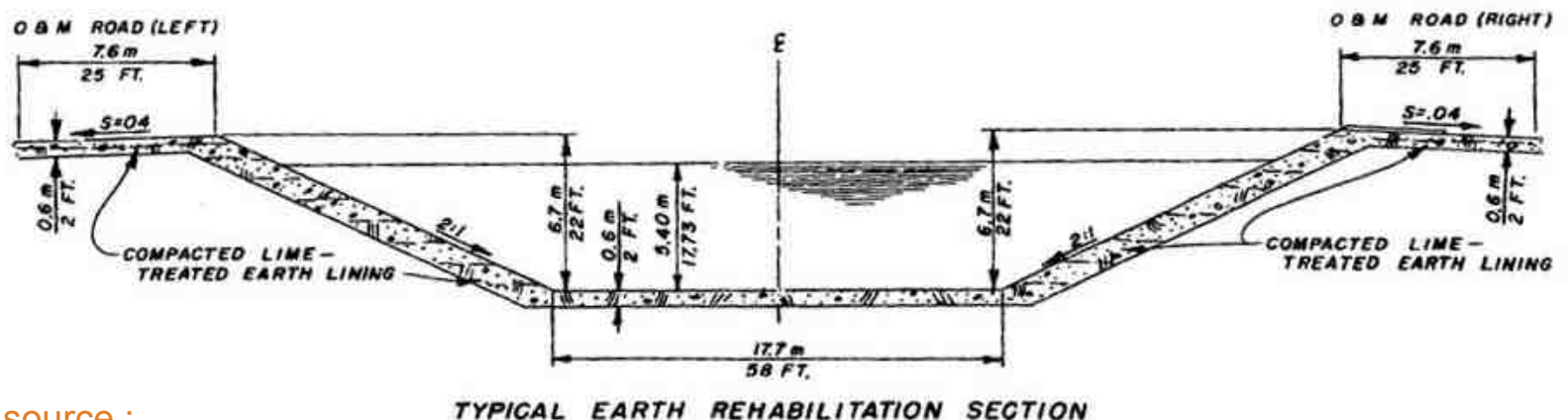
# Sols-chaux en ouvrages hydrauliques : Une nouveauté ?

- ◆ France - XIX<sup>ème</sup> siècle
- ◆ **Etats-Unis - 1970s**
- ◆ Europe - 1990+
- ◆ Conclusions

# Le canal de Friant-Kern (Californie)

## ◆ Canal d'irrigation de 240 km

- Construit par le Bureau of Reclamation en 1946
- Irrigation / approvisionnement San Joaquin valley
  - Débit : 100 m<sup>3</sup>/s
  - Vitesse : 1,3 m/s
- 6,4 km de berges en sol traité en 1972-77
  - 4 % chaux vive / 330 000 m<sup>3</sup>
  - Glissements liés à des argiles expansives (IP ~ 23-50)



source :  
A. K. Howard + J. P. Bara, B. Reclam., 1976

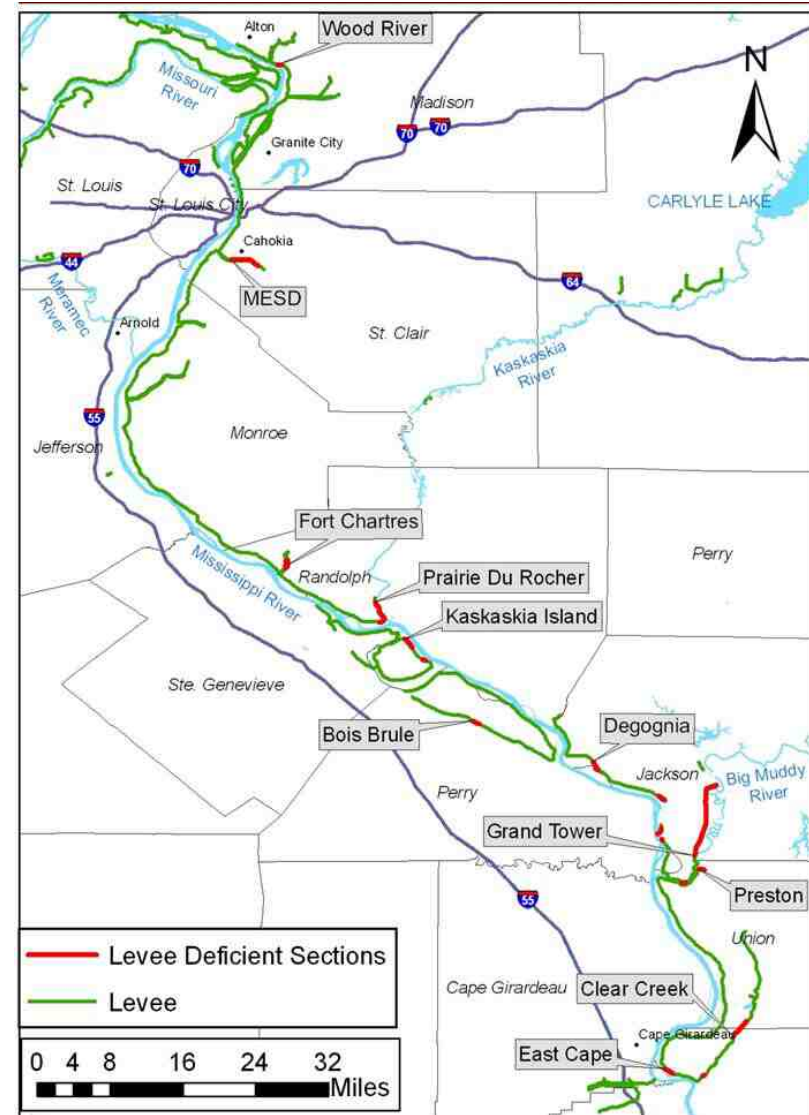
## Sections traitées à la chaux en 2007 et 2012

- ◆ Les sections traitées nécessitent peu de maintenance
- ◆ Marques de compactage (pied de mouton) 35 ans après



# Les digues d'Alton à Gale (IL, MO)

- ◆ **350 km de digues sur le Mississippi**
  - Réseau datant de 1940s
    - 17 digues
    - 7-8 m, pentes de 3/1
    - Argiles « Gumbo clay » (IP ~ 50)
  - Glissements depuis 1961
    - Sur 30-100 m de long, 1-2 m d'épaisseur
  - Fissures de Retrait
    - 1-2 m de profondeur
  - Traitement à la chaux depuis 1975
    - 4-5 % de chaux hydratée
    - 142 sections traitées en 1985-92



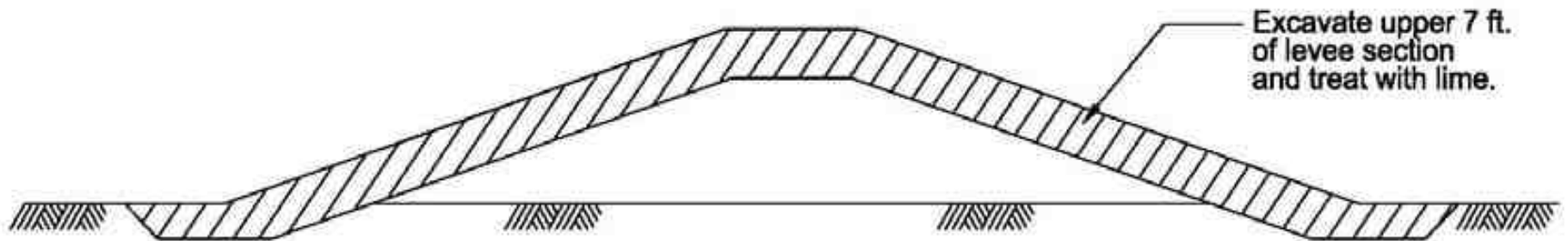
# Glissements





# Traitement à la chaux des digues Alton-Gale

- ◆ 1. Excavation de la partie supérieure (min. 2 m)
- ◆ 2. Traitement à la chaux hydratée
- ◆ 3. Rechargement
- ◆ 4. Compactage



# Autres ouvrages aux Etats-Unis

Lyndon Johnson LBJ ranch - Johnson City	Texas	Pond	1960
Lake Lavon embankment - Dallas - Santa Fe Railroad	Texas	Pond	1960
US SCS Frogville Creek Watershed Dam 1	Oklahoma	Dam	1968
US SCS Frogville Creek Watershed Dam 2	Oklahoma	Dam	1968
Lake bottom stabilization - Southern Illinois Univ. - Edwardsville	Illinois	Lake bottom	1968
US SCS leader-Middle Clear Boggy Dam	Oklahoma	Dam	1970
US SCS Squaw Creek Channel	Oklahoma	Dam	1972
US SCS Mississippi dams (18 sites)	Mississippi	Dam	1973
West Memphis	Arkansas	Mississippi river levee	1974
US SCS Union City Dam	Tennessee	Dam	1974
US SCS Upper Lake Fork 1 - McKinney	Texas	Dam	1974
Bog Hole Waterfall	Arizona	Dam	1976
US SCS Upper Lake Fork 2	Texas	Dam	1977
US SCS Upper Lake Fork 3	Texas	Dam	1977
US SCS TN Dam 1	Tennessee	Dam	1978
US SCS TN Dam 2	Tennessee	Dam	1978
US SCS Upper Lake Fork 4 - Paris	Texas	Dam	1978
Los Esteros Dam - Santa Rosa - US Corps Eng	New Mexico	Dam core	1979
<b>McGee Creek Dam (50 m)</b>	<b>Colorado</b>	<b>Dam</b>	<b>1982-87</b>

Note :

SCS = Soil Conservation Service, devenu NRCS (Natural Resources Conservation Service)

# Sols-chaux en ouvrages hydrauliques : Une nouveauté ?

- ◆ France - XIX<sup>ème</sup> siècle
- ◆ Etats-Unis - 1970s
- ◆ Europe - 1990+
- ◆ Conclusions

# République Tchèque

## ◆ Digue du lac Chobot (2002)

- Brèche (inondations de 2002)
- Reconstruction avec traitement à la chaux



## ◆ Digue du lac Hvězda (2004)

- Endommagement (inondations de 2002)
- Difficulté de construction (sols humides)
- Reconstruction avec traitement à la chaux



## ◆ Digue de protection à Hradec Králové (2005)



# Des exemples récents commencent à se révéler en France

## ◆ Estey d'Eyrans (2011)

- Affluent de la Garonne soumis aux inondations fluviomaritimes
- Matériaux du site (A3) traités en place
- Zone Natura 2000



## ◆ Borre Pradelles (2013)

- Expansion de crue de la Bourre
- Matériaux du site (A2) traités à 2-3 % de chaux



## ◆ Normandie

- Nombreux ouvrages traités ces 10 dernières années

# Sols-chaux en ouvrages hydrauliques : Une nouveauté ?

- ◆ France - XIX<sup>ème</sup> siècle
- ◆ Etats-Unis - 1970s
- ◆ Europe - 1990+
- ◆ **Conclusions**

# Conclusions

- ◆ **Nombreux exemples depuis plusieurs décennies**
  - ◆ Plus de 40 ouvrages déjà recensés
  - ◆ Retours d'expérience de plusieurs décades
  - ◆ Nombreux autres à identifier (Australie, Afrique du Sud...)
  
- ◆ **Certaines propriétés des sols-chaux déjà valorisées**
  - Traitement des argiles expansives
  - Limitation du retrait
  - Facilité de mise en œuvre
  
- **Des réalisations découvertes régulièrement**