LES VEILLEES DE CULTURE ET MONTAGNE

Clelles en Trièves

Les Digues de Protection contre les Crues

Exposé général et exemple du torrent de l'Ebron en Trièves

Patrice Mériaux

Cfbr comité français des barrages et réservoirs

Adel : meriaux.pcom@bbox.fr

avec les contributions de Frédéric Liébault (Irstea Grenoble), Yann Quefféléan (ONF-RTM) et Gérard Degoutte (CTPBOH)

Feuille de route

- ✓ **A quoi servent les digues ?**
- ✓ **Les cours d'eau « à l'assaut » des digues : *du fleuve … au torrent***
- ✓ **Comment fait-on/a-t-on fait les digues ?**
- ✓ **Les digues face au(x) danger(s)**
- ✓ **Les digues au nom de la Loi**
- ✓ **Conclusion**

« Fil rouge » : *Ebron (et un peu Drac + Isère)*

CULTURE ET MONTAGNE

A quoi servent les digues ?

- **A empêcher « l'eau » d'envahir une zone (précédemment) inondable :**
  - **Cours d'eau => DIGUES DE PROTECTION CONTRE LES CRUES**
  - **Mer ou océan => DIGUES DE PROTECTION contre les submersions marines**

… ou …

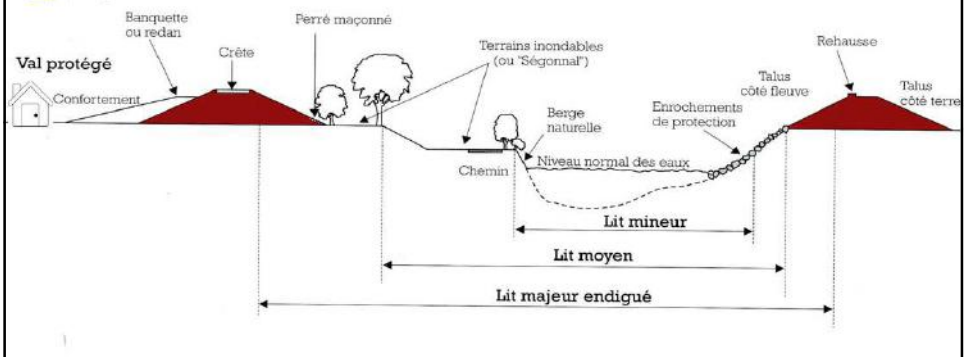
- **A dériver/canaliser un flux d'eau => DIGUES DE CANAUX (irrigation, hydroélectricité, navigation, …)**

« NOS » DIGUES ONT POUR BUT DE PROTEGER

- **La PROTECTION [CONTRE LES CRUES] est leur *FONCTION PRINCIPALE***

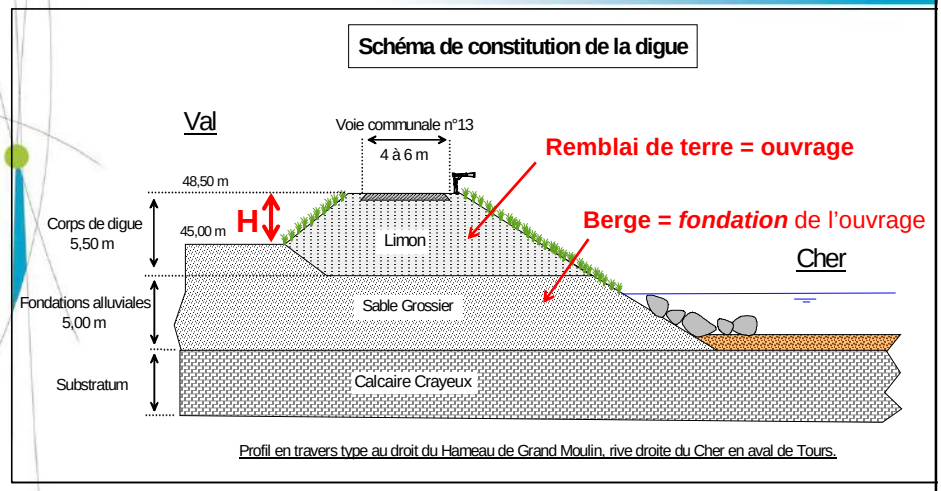
- **et que protègent-elles ? : des *ENJEUX* (zones urbanisées, exploitations agricoles, infrastructures, …)**

Exemple d'une vallée fluviale protégée par une digue sur chaque rive



Ex : Loire, Cher, Isère, ….

Zoom sur la digue («levée» du Cher)



→ La digue est un ouvrage [de génie civil] construit <u>en élévation</u> [H] sur la berge

Les cours d'eau (à l'assaut des digues)

- **1. Le fleuve (ou la rivière de plaine) …**
  - **lit à pente faible (<< 1%)**
  - **faible capacité de transport : limons et sables fins (*suspension*)**

Les cours d'eau (à l'assaut des digues)

- **Le fleuve en crue :**
  - **crues plus ou moins longues (jours ou semaines)**
  - **de larges surfaces inondées (eau et boue)**

Source : E. Josse – DDE 66

Source : IRMA

Source : DREAL LR

Les cours d'eau (à l'assaut des digues)

- **2. La rivière torrentielle …**
  - **lit à pente longitudinale forte (de 1 à qqs %)**
  - **assez forte capacité de transport : sables et cailloux (*charriage*)**

Source : F. Liébault Irstea

Les cours d'eau (à l'assaut des digues)

- **La rivière torrentielle en crue :**
  - **crues assez brèves (de 1 à qqs heures, en été)**
  - **lit instable et divaguant en plan et en profil :**
    - **érosions (berges et fond du lit) et formation de tresses***

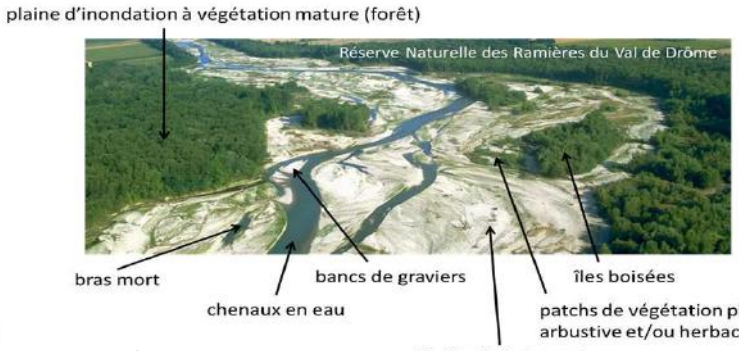
Source : ONF

Source : IRMA

* « astuce » trouvée par la rivière pour transporter bcp de matériaux avec une pente relativement faible

Les rivières (torrentielles) en tresses

- **Milieux exceptionnels …**
  … en voie de disparition dans les Alpes :
  - limitation de l'espace de divagation (*bande active*) du fait des digues, des épis, …
  - incision due aux extractions de matériaux, aux barrages ou digues, au reboisement des versants, …



Source : F. Liébault Irstea

Veil

Les cours d'eau (à l'assaut des digues)

- **3. Le torrent …**
  - **bassin versant dénudé (« réservoir à matériaux »)**
  - **lit à pente longitudinale très forte (>> 10 %)**
  - **très forte capacité de transport : pierres et blocs (> 1m3)**

Veillée

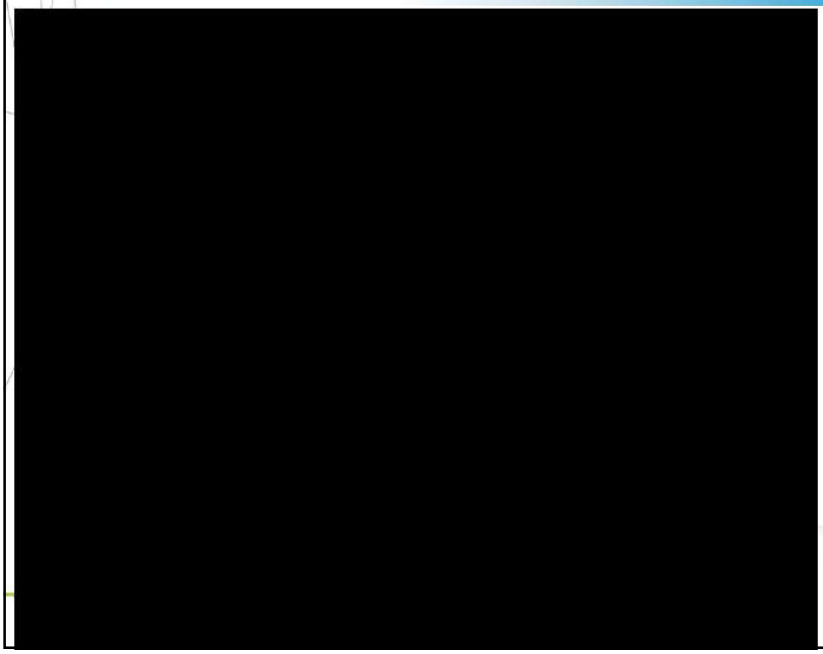
Les cours d'eau (à l'assaut des digues)

- **Le torrent en crue**
  - **crues très brèves (< 1 h) …**
  - **… et violentes (*laves torrentielles*) : cf. vidéos**

Lave du torrent de l'Echarina (38)

CULTURE ET MONTAGNE

Laves de Virgen (Autriche: source Web)

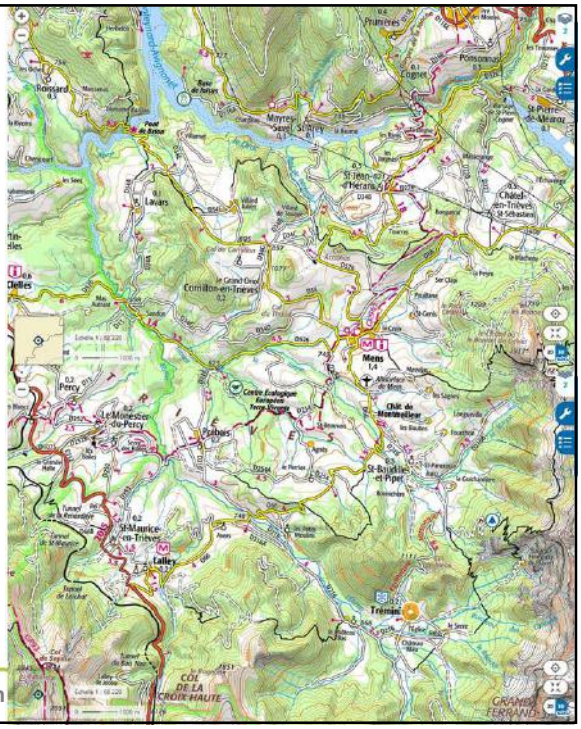


Quid de l'Ebron ?

- ✓ **Allons voir la carte ….**
- ✓ **Torrent ou rivière torrentielle ?**
- ✓ **Rivière (torrentielle) :**
  - ✓ À tresses : oui ? non ?

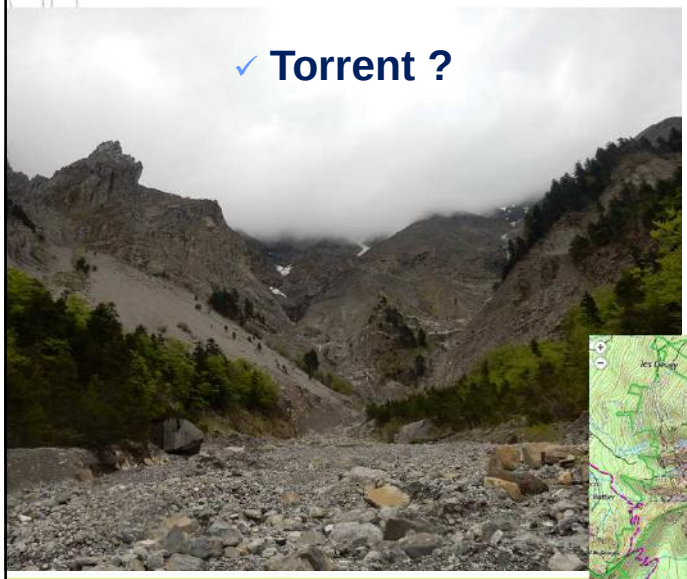
La carte …

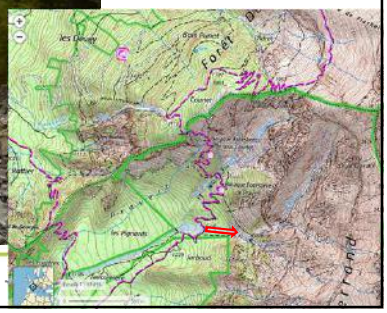
(l'Ebron, de sa source à la confluence avec le « Drac »)



Quid de l'Ebron ?

- ✓ **Torrent ?**





Quid de l'Ebron ?

✓ **Rivière torrentielle ?**

Quid de l'Ebron ?

✓ **Rivière (torrentielle) :**

✓Sans tresses ?

(Gorges de l'Ebron, à Roissard)

NB : marnes noires du Bajocien

CULTURE ET MONTAGNE

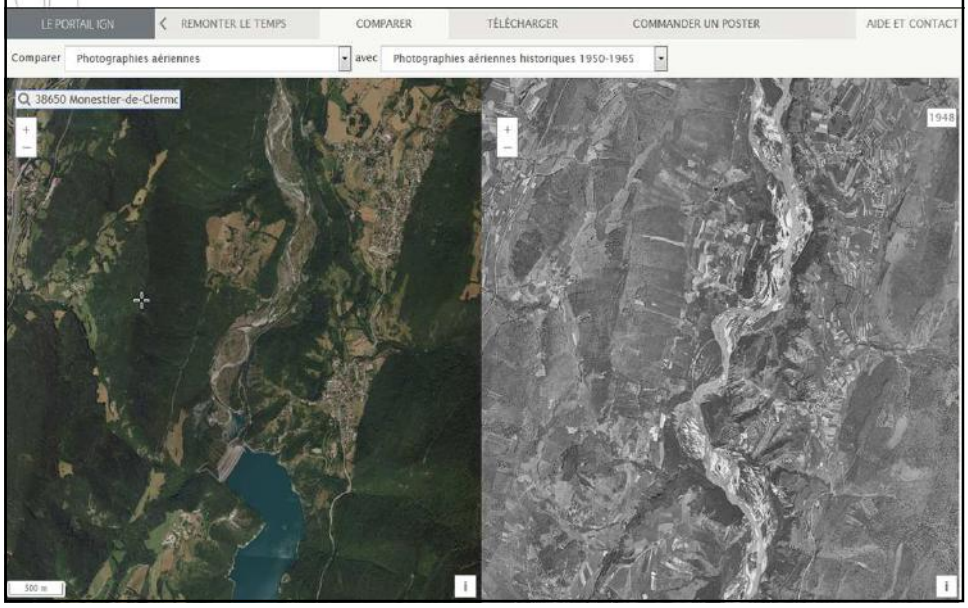
Quid de l'Ebron ?

✓ **Rivière (torrentielle)** … à tresses ?

(Lit de l'Ebron, en aval de sa confluence avec le ruisseau de Bourgeneuf)

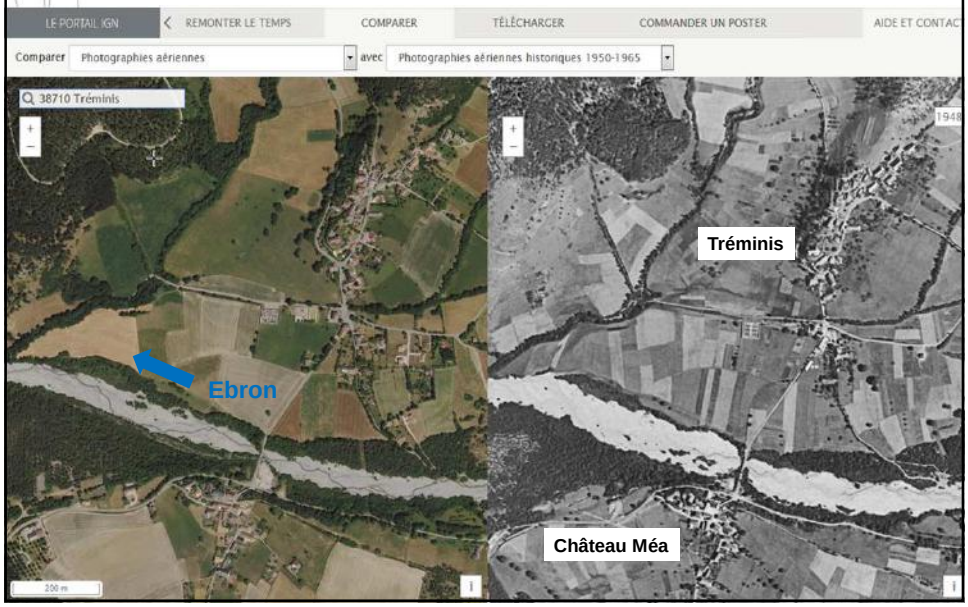
Tresses en péril : OUI ?

https://remonterletemps.ign.fr/



Tresses en péril : NON ?

https://remonterletemps.ign.fr/



Comment fait-on les digues ?

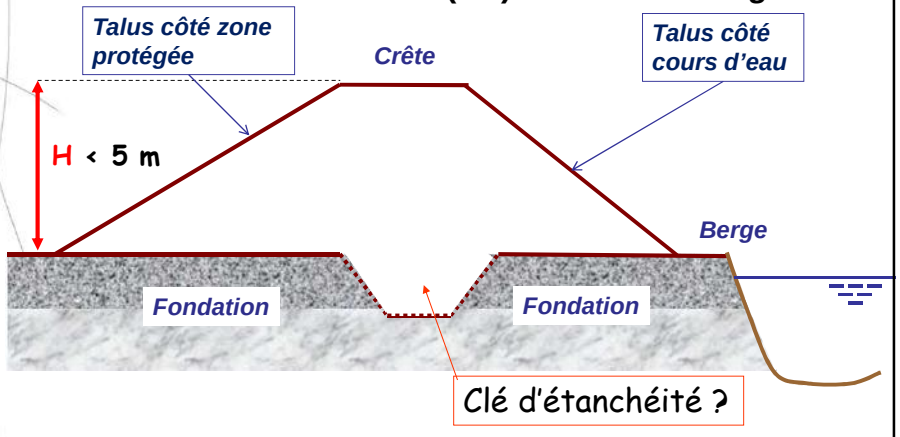
- **<u>Rappel :</u> elles doivent contenir l'eau**
- **Quelles propriétés ? :**
  - Elles doivent être étanches (*fonction d'étanchéité*) : corps de digue et *fondation*
  - Elles doivent résister à la poussée de l'eau (*fonction de stabilité mécanique*)
  - Elles doivent résister à toutes les agressions extérieures (cours d'eau, gel-dégel, séisme …)

Quelles solutions techniques ?

- **Digues en terre (*en remblai*)**
- **Digues rigides (*« poids »*)**
  (en béton ou maçonnerie)
- **Digues mixtes**
  (partie rigide, partie remblai)

Digues en terre (en remblai)

- **EXEMPLES DE PROFIL (1/2) : *remblai homogène***

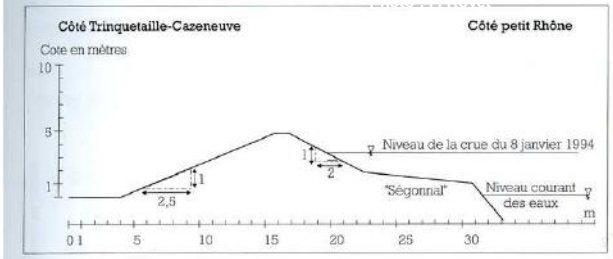


(inexistante dans les digues anciennes)

-> fonction d'étanchéité assurée par le remblai dans sa masse

Digues en terre (en remblai)

- **EXEMPLES DE PROFIL (2/2) : *remblai homogène***



Coupe type des digues du Petit Rhône en Camargue.

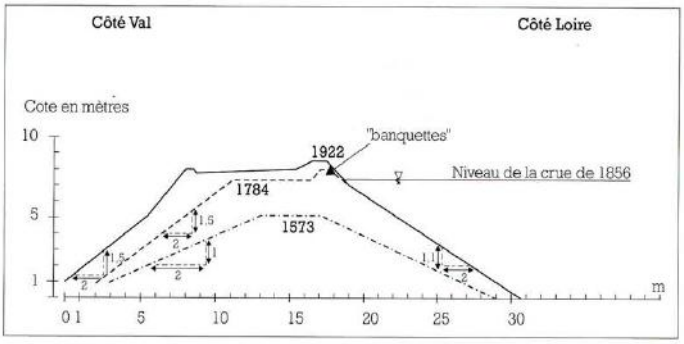
La digue (« levée ») d'Orléans, aujourd'hui

Avantages de la digue en remblai (« terre »)

- **Corps de digue réalisée avec des matériaux prélevés sur place (*déblai/remblai*)**
- **Matériaux de construction (*sols*) durables**

-> solution privilégiée par nos anciens (dès le Moyen-Age !)

- **Mais…**



Coupes caractéristiques des levées de Loire avant confortements récents.

Mais …

- **Conditions de la réussite :**
  - *Compactage des sols* nécessaire à la mise en œuvre
  - Structure de protection côté cours d'eau
  - Entretien indispensable par la suite : végétation notamment
  - Ne pas subir de débordement *(ne supporte pas la surverse)*

Compactage du corps de digue

=>Etudes et mise en œuvre de **sol(s)**, à considérer comme un(des) **matériau(x) de construction**

Confortement d'une digue de l'Isère

Protection côté cours d'eau

Digue de Toulouse (RG Garonne)

Entretien : végétation à maîtriser

Ve **Nous y reviendrons plus tard …** 2019

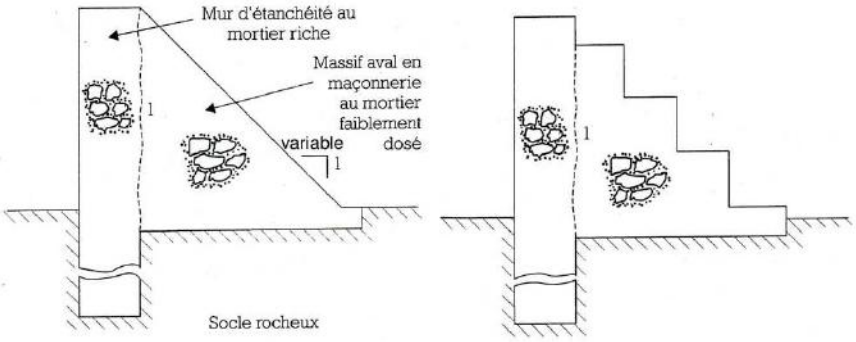
Débordement *(surverse)* à éviter …

fleuve Agly (66) : mars 2013

Veillée « Les digues de protection contre les crues » – Clelles, 16/10/2019

Digues rigides
(« murs » en béton ou *maçonnerie*)

- **EXEMPLES DE PROFILS**



CULTURE ET MONTAGNE

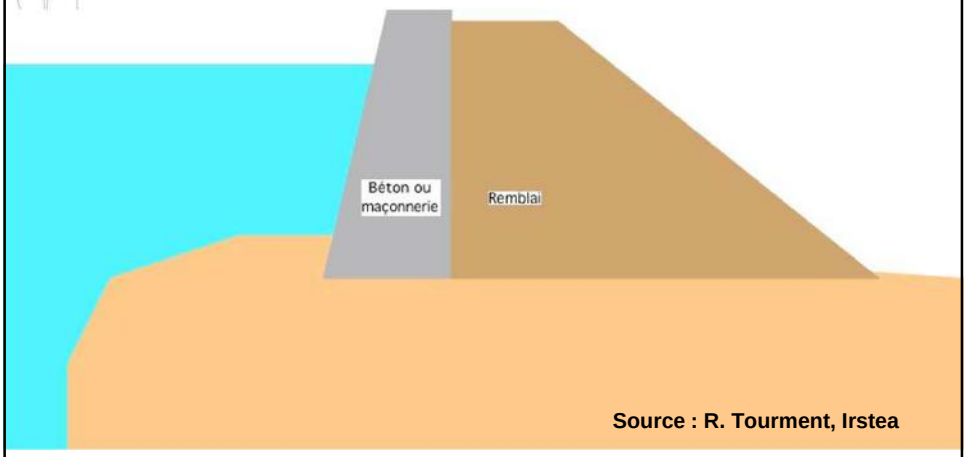
Photo : Paul Royet

Digue de Comps (2002-2003)

Exemples de digues rigides en *maçonnerie* (pierres ou béton)

Digues de la Glaisette (Veynes)

Les digues mixtes



Source : R. Tourment, Irstea

Digues de Toulouse

Digue mixte RG sur le torrent du Bouchet, affluent du Guil

Les digues de l'Ebron

- **Il y en a assez peu ! (du fait des gorges) :**
  - plutôt récentes et à fonction « locale » (Tréminis) :
    - protection de routes ou « entrées » de pont
    - protection directe de qqs habitations
    - associées à des barrages RTM (plages de dépôts / sédimentation)
- **Reportage photos ./..**

Protection RD216 (et projet de camping ?)
(aval du pont de Château Méa)

Entonnement du pont routier entre Tréminis et le hameau du Serre

– Clelles, 16/10/2019

CULTURE ET MONTAGNE

Protection d'une habitation en aval du Pont du Serre

CULTURE ET MONTAGNE

Digue associée à un barrage RTM (1/2)
(confluence Ebron-Pravert)

Digue associée à un barrage RTM (2/2)
(confluence Ebron-Pravert)

Spécificités des digues de protection contre les crues

- **Ouvrages hydrauliques en terre (= *remblai*), de faible hauteur (< 6 m), âgés en général (>>100 ans), construits souvent en plusieurs phases (matériaux variés) et traversés par des réseaux enterrés ...**
  => hétérogénéité de la structure de la digue
- **Digue = ouvrages de grande longueur *(à long linéaire)***
- **(Fonction = protection contre les crues) => non en charge de façon permanente, mais exposées à l'érosion du cours d'eau lors des crues**
  => difficulté de diagnostiquer les fuites
  => risques d'érosion externe
- **Une seule brèche (défaut) suffit à compromettre l'ensemble du système de protection**
  => rigueur dans le suivi de la digue

Les digues face au(x) danger(s)

- **Les dangers/agressions subies par les digues**
- **Les digues elles-mêmes … sources de danger !**

Principaux dangers auxquels les digues sont exposées … et conséquences

1. **Erosion externe** (talus côté cours d'eau – berge) : **érosion latérale** ou **mécanisme d'incision**
2. **Glissement** (d'un des talus)
3. **Erosion interne** (remblai et/ou fondation)
4. **Surverse**

-> ce sont des *mécanismes de dégradation ou de rupture* des digues

1/ Erosion externe « latérale » par le courant

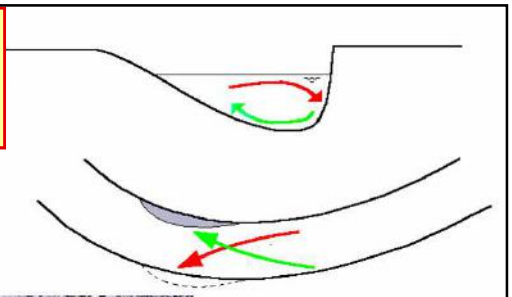


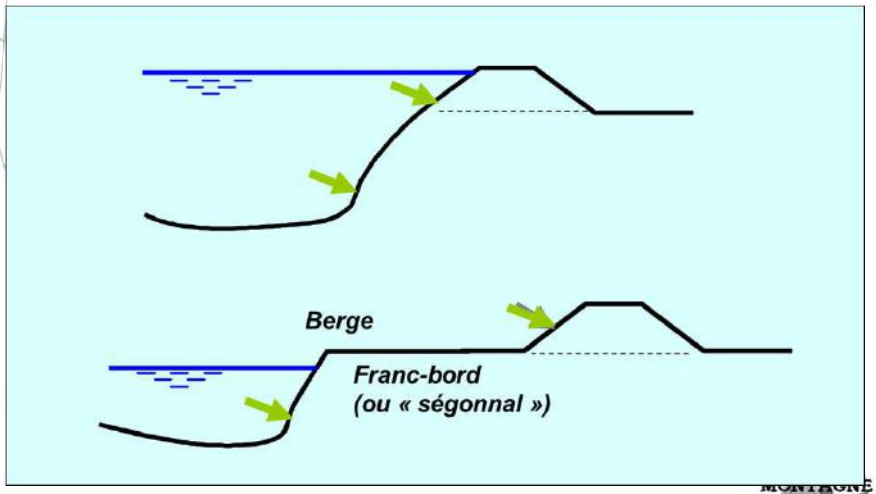
Photo et croquis : G. Degoutte

es, 16/10/2019

CULTURE ET MONTAGNE

Sensibilité de la digue à L'EROSION LATERALE (par le courant du cours d'eau) :

. deux positions de la DIGUE par rapport à la berge

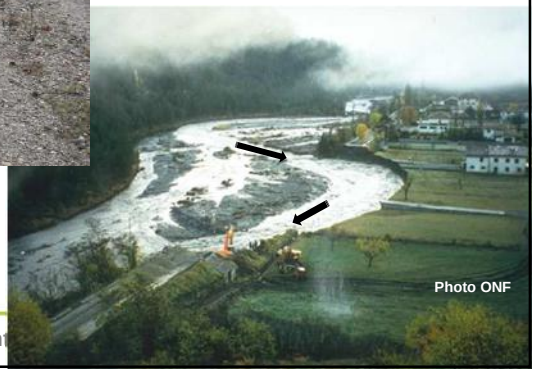


Veillée « Les digues de protection contre les crues » – Clelles, 16/10/2019

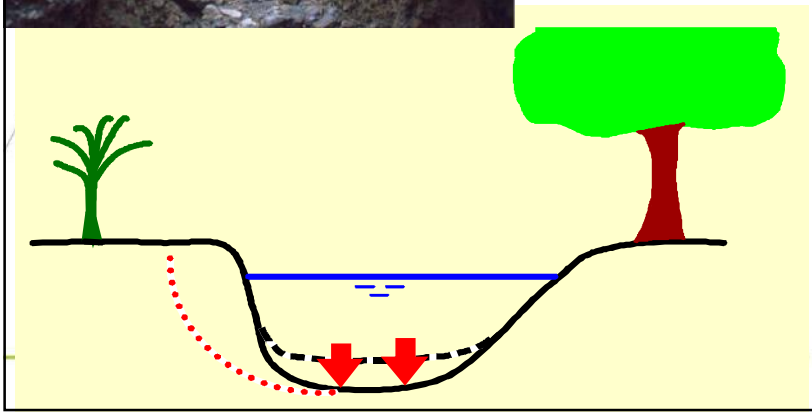
Erosion latérale par le courant : en rivière torrentielle

Buëch (05) – novembre 2014

Var à Guillaumes (06) – novembre 1994

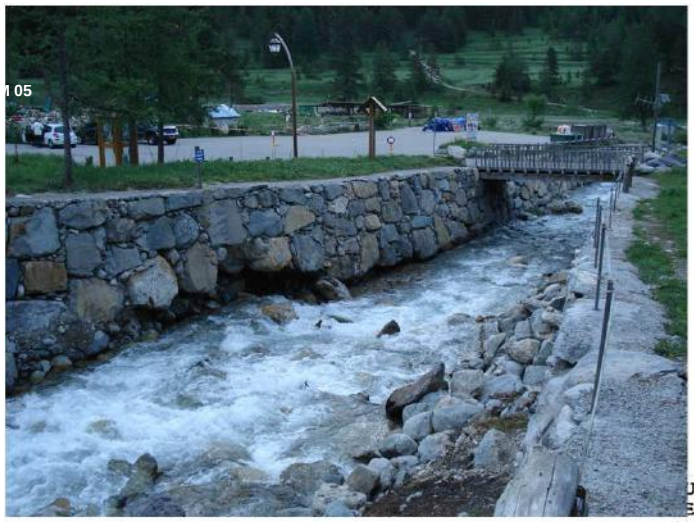


Mécanisme d'incision



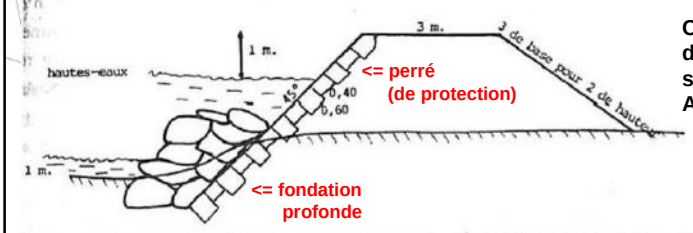
CULTURE ET MONTAGNE

Mécanisme d'incision : ses conséquences sur la digue …

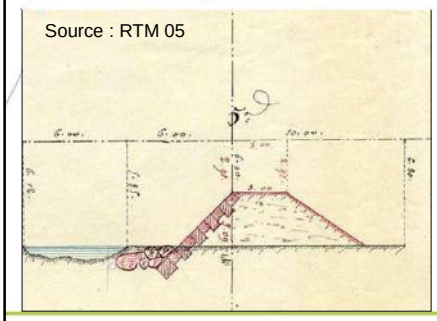


Incision du Buëch à Veynes (pont de La Morelle) : aggravée par l'endiguement …

Solution technique dès le 19ième

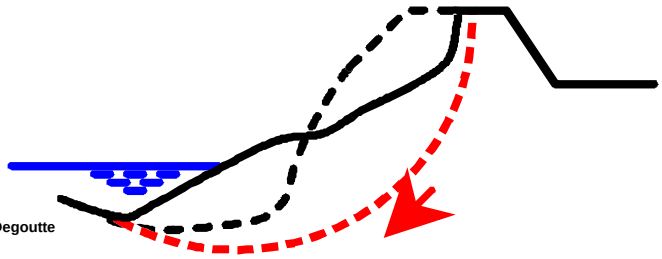


Coupe type des ouvrages de protection du 19ème siècle dans les Hautes Alpes (d'après Hydrétudes)



… et aux bords de l'Ebron ?

2/ Mécanisme de glissement côté cours d'eau



Croquis : G. Degoutte

Mécanisme de glissement côté cours d'eau

Rôle antagoniste des arbres sur la stabilité des berges (proches des digues)

Photos : G. Degoutte

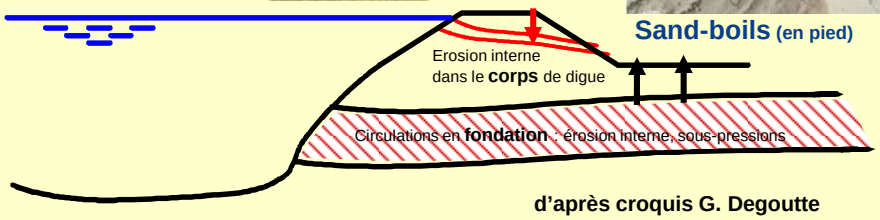
Mécanisme de glissement
du talus côté Zone Protégée

<u>Causes :</u> pente de talus trop forte, remblai de digue perméable, matériau de mauvaises caractéristiques mécaniques, crue longue

Veillée «

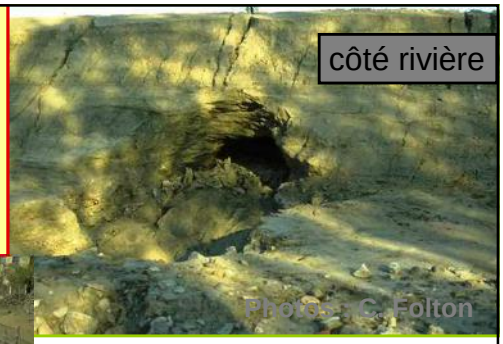
3/ Mécanisme d'érosion interne

<u>Causes :</u> circulations (internes) d'eau dans le remblai ou sa fondation, arrachant puis entraînant les grains du matériau de constitution => fontis, effondrement



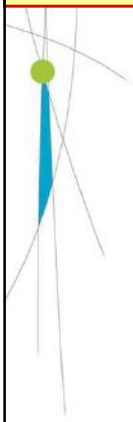
d'après croquis G. Degoutte

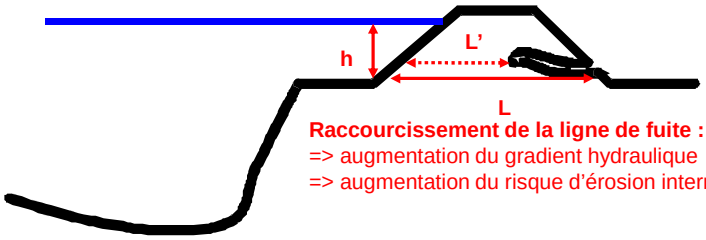
Mécanisme d'érosion interne : rôle aggravant des « ouvrages traversants » (conduites, ….)



Cause : passage de conduite mal traité dans une digue neuve

Mécanisme d'érosion interne : rôle aggravant des terriers





Raccourcissement de la ligne de fuite :
=> augmentation du gradient hydraulique
=> augmentation du risque d'érosion interne

Mécanisme d'érosion interne : rôle aggravant des racines (1/3)

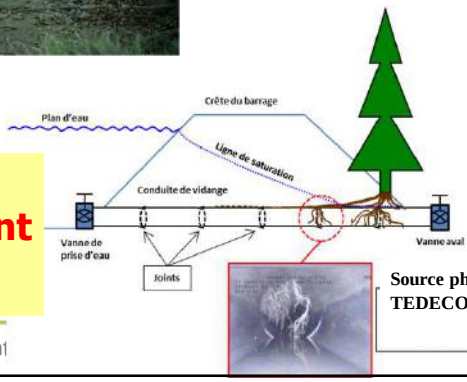
La face cachée de l'arbre : sa souche !!!
(photos : C. Zanetti et C. Ripert)

Déstructuration des maçonneries

Mécanisme d'érosion interne : rôle aggravant des racines (2/3)

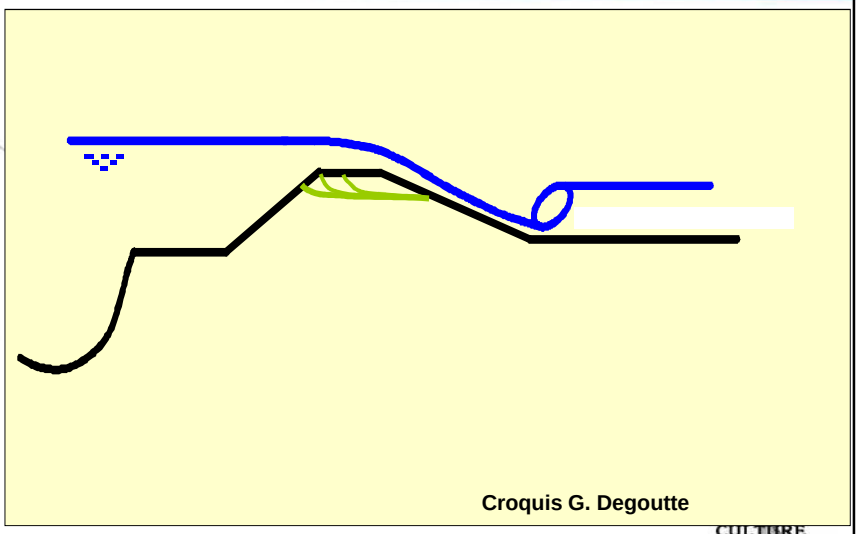
Les racines aiment bien les « interfaces » !

Mécanisme d'érosion interne : rôle aggravant des racines (3/3)



Source photo : TEDECO

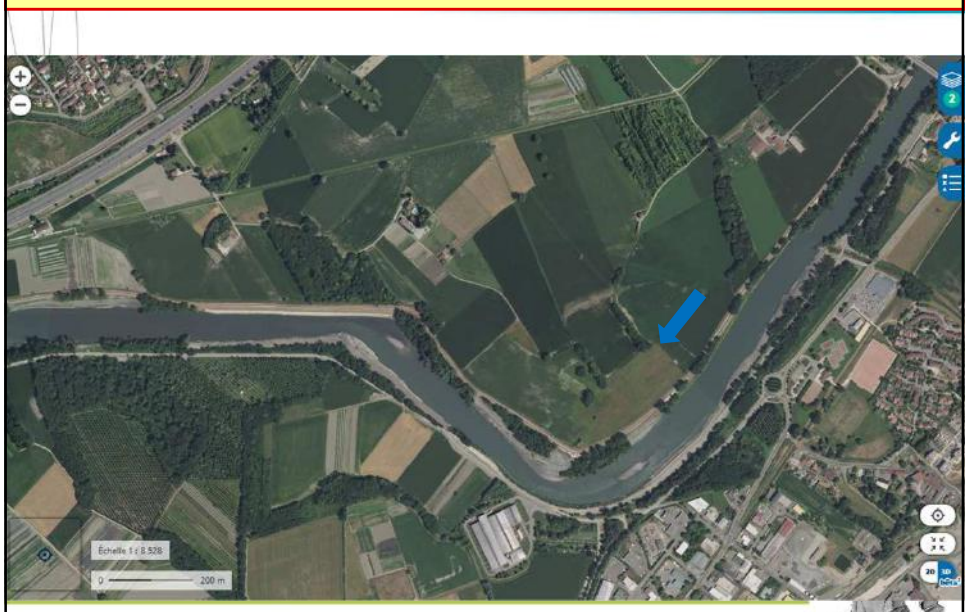
4. Mécanisme de surverse



Croquis G. Degoutte

Brèche par surverse de la digue de l'Agly (66) en nov. 1999

Cas des digues de Grenoble : en 2 diapos …



Veillée « Les digues de protection contre les crues » – Clelles, 16/10/2019

Travaux de renforcement sur les digues de l'Isère

Les digues, sources de dangers !

- **La digue est un ouvrage de protection soumis à des dangers/agressions (*sollicitations*), en provenance :**
  - du cours d'eau dont elle protège des crues
- **En cas de défaillance (ex : brèche) :**
  - la digue peut impacter son environnement – et en premier lieu la zone inondable [réputée] protégée – plus gravement que l'inondation naturelle

CULTURE ET MONTAGNE

Deux brèches en Camargue en décembre 2003

➔ Une seule brèche suffit à compromettre toute l'efficacité d'un système de défense de plusieurs dizaines de kilomètres de longueur !

CULTURE ET MONTAGNE

Autres brèches

Agly
(brèche de mars 2013)

Aude
brèche de nov. 2014)

Les digues au nom de la Loi (1/4)

- **Avant 2002 : pas de réglementation spécifique**
  - Ne relevaient que du Code civil : « responsabilité [*du propriétaire*] des choses que l'on a sous sa garde »
  - Cas particulier des « levées domaniales » (de l'ordre de 1 000 km en Val de Loire) : édits royaux
  - Recensement national fin des années 1990 :
    - suite aux crises en Camargue (1993, 1994)
    - environ 10 000 km de digues de protection en France (8000 km « fluviales », 2000 km maritimes)
    - la plupart en mauvais état (2/3) et sans propriétaire identifié ou organisé

Les digues au nom de la Loi (2/4)

- **Décret du 13/02/2002, dans le cadre de la Loi sur l'Eau :** les digues de protection relèvent du ***régime de l'Autorisation***, en application du ***Code de l'Environnement***
- **Réglementation de sécurité :**
  - Les digues, comme les barrages, sont sources de dangers en cas de *défaillance*
  - Principaux textes :
    - Circulaire « Intéressant la sécurité publique » (ISP) 2003
    - Décret du 11/12/2007 : introduction des *classes* de digue
    - Décret du 12/05/2015 : en vigueur aujourd'hui

Les digues au nom de la Loi (3/4)

- **Réglementation de sécurité (décret du 12/05/2015) :**
  - Trois classes de digue (H>1,5 m), selon la population protégée, avec obligations croissantes :
    - C : entre 30 et 3 000 personnes
    - B : entre 3 000 et 30 000 personnes
    - A : plus de 30 000 personnes
  - Obligations (nombreuses) incombant au **propriétaire** :
    - Recours obligatoire à l'ingénierie qualifiée : conception, maîtrise d'œuvre, études, visites techniques
    - Surveillance et entretien, comptes rendus réguliers
    - Etude de dangers, diagnostic de sûreté, travaux de confortement, etc.
  - **Contrôle par l'Etat** (DREAL), au titre de la Police de l'Eau :
    - s'assurer que les propriétaires respectent leurs obligations
  - **La digue n'efface par le risque !!! : zonage PPR**

Les digues au nom de la Loi (4/4)

- **Lois « GEMAPI » et « MAPTAM » (Réforme territoriale 2014)**
  - Compétence de **GE**stion des **M**ilieux **A**quatiques de **P**révention des **I**nondations attribuée aux **communes** : transmises/transférables aux ComComs, Métropoles, Syndicats de rivière, Syndicats mixtes, EPTB, …
  - La compétence « GEMAPI » intègre la gestion des digues
    - l'idée est qu'à terme toutes les digues soient gérées exclusivement sous la responsabilité de collectivités territoriales
      => « taxe GEMAPI »
  - Entrée en application au 1er janvier 2018
  - **Cas des digues de Grenoble et environs (220 km)** :
    - gestionnaire depuis le 1/1/2019 : SYMBHI, syndicat mixte
    - anciennement : AD Isère-Drac-Romanche (1936 / CE)

(ma) Conclusion

- **Digue = un « mal » nécessaire,** devenu indispensable dans certaines parties du territoire :
  - Exemple : Grenoble !
- **Alternatives aux digues ? :**
  - délocalisation des enjeux
  - adaptation du bâti
- **Des digues « mieux insérées » dans l'environnement,** en lien avec GEMAPI **:**
  - déplacement de digues : redonner de l'espace au cours d'eau
  - des emprises plus larges pour construire des digues (en terre)
  - rétablissement de zones d'expansion de crues
  - co-construire les projets : génie civil et environnement

A vous la parole …

- **Questions ?**
- **Avis ?**
- **Suggestions ?**

Bibliographie pratique

P. MERIAUX, P. ROYET, C. FOLTON rééd. 2004 - Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations ; guide pratique à l'usage des propriétaires et des gestionnaires, Ministère de l'écologie et du développement durable, Cemagref éditions, 199 p.
http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Wikibardig:Digue_de_protection_contre_les_inondations

M. VENNETIER, P. MERIAUX, C. ZANETTI 2015 Guide pour la gestion de la végétation des ouvrages hydrauliques. Cardère Editeur.
http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/Guide_digue_integral.pdf

The International Levee Handbook (traduction française en cours) – http://www.ciria.org/ILH

Liens Web utiles :

http://www.irstea.fr/fr/toutes-les-actualites/eaux/acquisition-de-donnees-sur-letat-des-digues-des-methodes-innovantes
http://www.irstea.fr/fr/digues-renforcer-lefficacite-de-protection-contre-les-inondations
https://digues2019.irstea.fr/
http://www.smigiba.fr/ (SMIGIBA)
et vidéos d'information sur le Buëch https://www.youtube.com/watch?v=BYmkSuTHzHY
https://www.youtube.com/watch?v=bYOXu4crBYM