

Journée technique Buses métalliques

Exemples de diagnostics (et de démarche)

Frédéric MARTY – DIR Méditerranée

Le diagnostic ?

Le diagnostic est le processus d'évaluation d'un état de fonctionnement donné. Si cet état est comparé avec un état de référence, il s'agit alors de réaliser évaluation de la dérive de fonctionnement.

- ↳ Connaître l'État de fonctionnement initial.
- ↳ Évaluer des causes de l'occurrence de l'état au moment du diagnostic (identifier, analyser et localiser ces causes).
- ↳ Permettre une prise de décision d'actions pour modifier cet état (entretien spécialisé, réparations ou changement?).

Les étapes d'un diagnostic

- Le recueil préalable des données ;
- Des niveaux d'analyse : informations « de base » disponibles, au BE, sur le terrain, à différentes échelles, ... ;
- Des investigations complémentaires et une instrumentation ;
- Une analyse de l'ensemble des données et résultats ;
- Des conclusions :
 - Avis clair sur l'ouvrage diagnostiqué ;
 - Actions d'entretien courant ou spécialisé ;
 - Actions de réparations ou changement d'ouvrage.

Le recueil de données

Le dossier d'ouvrage

(Très souvent inexistant voire incomplet...mais il faut faire des efforts !)


Les fiches IQOA (ou de suivi régulier)

(La méthode IQOA est une image de la Buse métallique au temps « t » et ne constitue pas le moindre diagnostic.)

Importance de collecter a minima les deux dernières IQOA afin d'appréhender une possible évolution des défauts.

Les visites particulières

Collecter tous documents en lien avec la buse métallique.

D.I.R.M.E.D des ALPES de Haute PROVENCE 04			NBS 030	
IDENTIFIANT B.D.R.	FICHE D'OUVRAGE N° NBS 030		RÉFÉRENCES DES DOSSIERS ARCHIVÉS	
04	N 0085	36+565	DATE D'ÉTABLISSEMENT : 29/06/09	DERNIÈRE MISE À JOUR : 29/06/09
Arrondissement :	Pont sur le ravin Du FARGON		Stabilisation :	
Commune :	AIGLUN		Laboratoire :	
Autre :				
				
				
Surface Utile de l'ouvrage = 75.00 m²				
MAÎTRE D'OUVRAGE : ETAT			DATE DE PREMIÈRE RÉCEPTION : 1975	
MAÎTRE D'ŒUVRE : DISTRICT ALPES DU SUD				
ENTREPRISE :				
SERVICE(S) GESTIONNAIRE(S) : CEI de DIGNES				
LIMITATION DE CHARGE : 1) par essieu <input type="text"/> 2) poids total en charge <input type="text"/>				
date de la décision : <input type="text"/>				
AMÉNAGEMENTS POSTÉRIEURS À LA MISE EN SERVICE ET DATE :				
DÉVIATION : <input type="text"/> - possible par : Rb 12 - Rb 12				
ÉTAT DE L'OUVRAGE :				



Direction territoriale Méditerranée
Laboratoire d'Aix-En-Provence

Direction Interdépartementale des Routes Massif Central
Buse métallique
A 75 – PR 285 + 840



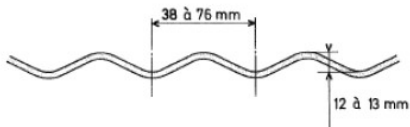
Novembre 2016

Le recueil de données

Une identification le plus en amont des caractéristiques de l'ouvrage à diagnostiquer !

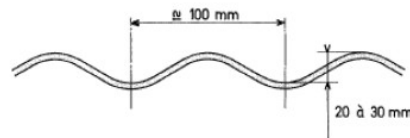
Types d'ondulations, boulonnage, boulons, ...

a) Petites ondulations



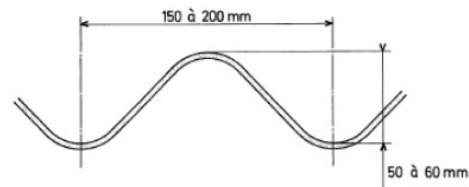
Portée < 2 m

b) Ondulations intermédiaires

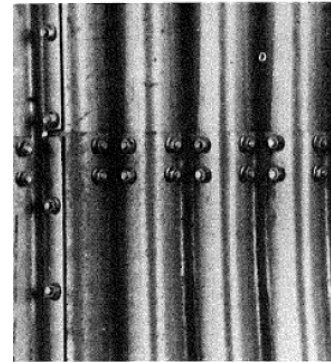


2 m < Portée < 4,5 m

c) Grandes ondulations

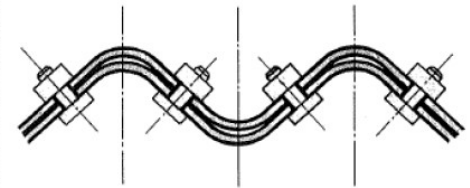


4 m < Portée

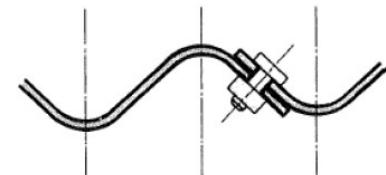


Joint à recouvrement
boulonné en flanc d'onde

Joint longitudinal



Joint circconférentiel



Anciens catalogues
ARMCO, ARVAL, SIPREL, ...
ou guide SETRA
des règles de l'art



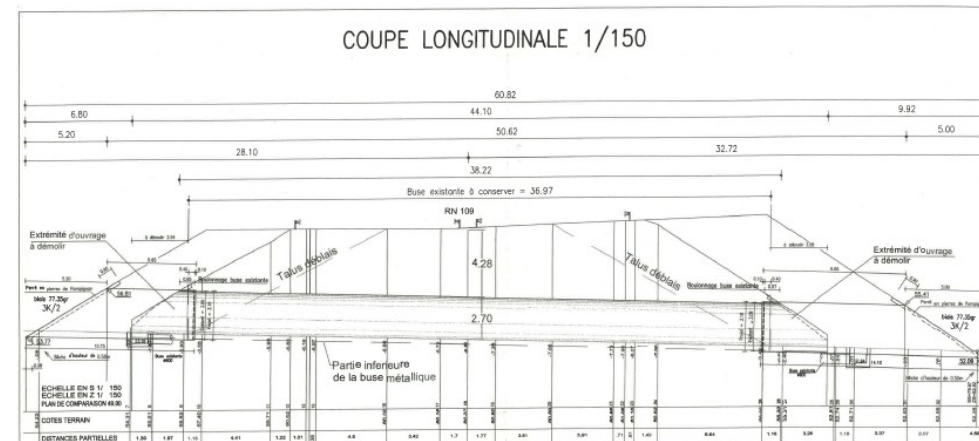
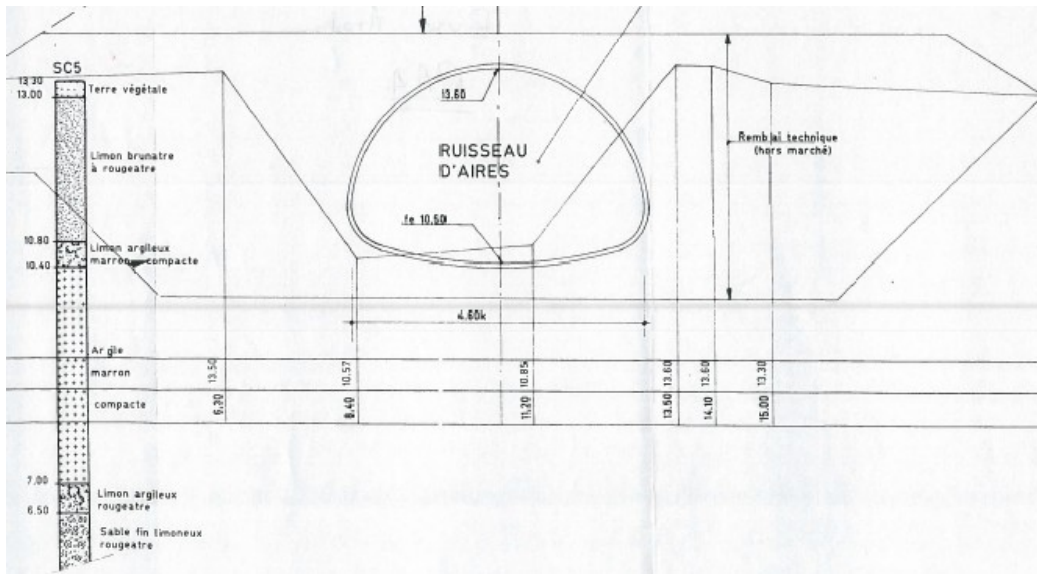
... Ou reconnaissance
in-situ



Le recueil de données

Une identification le plus en amont des caractéristiques de l'ouvrage à diagnostiquer !

Plans



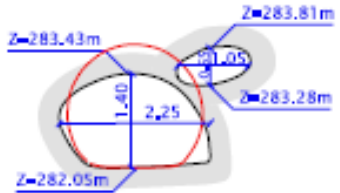
Hauteur de couverture ?
Est-elle la même sur toute la largeur ?
Respecte-elle les règles de l'art $H_{\text{mini}} = D/10 + 0,5\text{m}$?



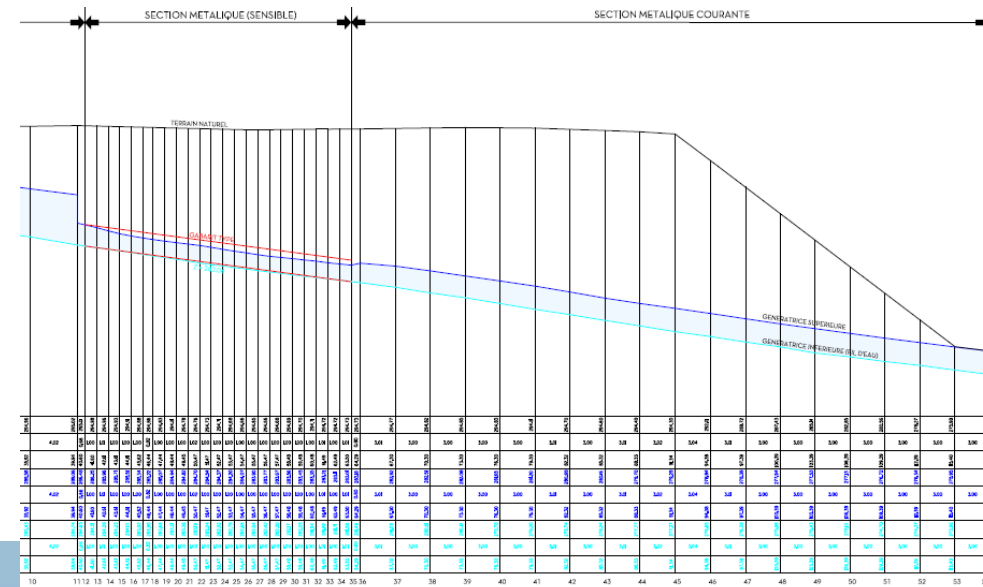
Peut avoir un lien direct avec les pathologies de déformations qui pourraient être observées dans l'ouvrage !

Le recueil de données

PROFIL No 31
SECTION METALLIQUE (SENSIBLE)



PROFIL No 32
SECTION METALLIQUE (SENSIBLE)



Importance des plans topographiques

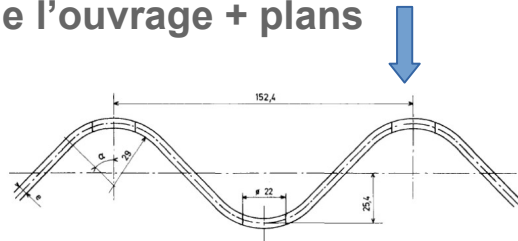
- Localisation des désordres ;
- implantation des investigations.

Le recueil de données

Une synthèse à produire :

... Et des Données de suivi

Identification des caractéristiques de l'ouvrage + plans



DIR Méditerranée
District Alpes du Sud
CEI Saint André les Alpes



2016

RN202
Ravin St Martin OA N°2 Elarg Aval Bus



PROCES VERBAL I
FICHE DE SYNT
Buse métallique



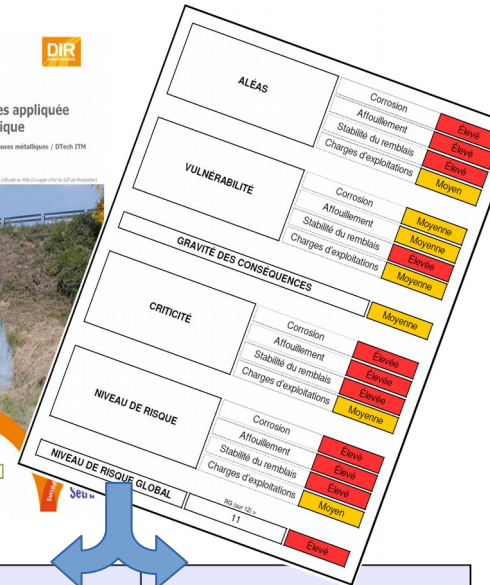
Fiche d'analyse des risques appliquée à une buse métallique

Guides de référence : Analyse des risques appliquée aux buses métalliques / DTech ITM Janvier 2015



Données de repérage :

Voie de rattachement :
Type : Autoroute N° 75
Nom : TRENOL
PR buse : 289+200



ID Ouvrage	Cotation IQOA (contre-visites CEREMA 2014)	Détail de la cotation IQOA concernant la structure (n° de défaut catalogues IQOA buse métallique et buse circulaire béton)	Analyse de risque Niveau de risque global	Analyse de risque Identification du niveau de risque élevé
A75 PR284+100* *A noter que cette buse métallique est prolongée à ses deux extrémités par des buses en béton.	3	Buse : 3 - n°50: perforation ponctuelle des plaques de radier - n° 50: corrosion généralisée du radier Lit du cours d'eau des buses hydraulique : 3 - n°87: cheminement d'eau sous la buse	* concernant le tronçon métallique. Elevé (notation RG** : 11/12) ** RG: Risque Global de l'ouvrage.	Corrosion Affouillement Stabilité du remblai
A75 PR285+840	3	Buse : 3 - n°48: déchirure au niveau des boulons de deux plaques consécutives. - n° 50: corrosion généralisée du radier	Elevé (notation RG : 9/12)	Corrosion Stabilité du remblai

Les niveaux d'analyse

→ A réaliser au Bureau d'études puis sur le terrain pour pouvoir établir des liens ;

Le diagnostic doit être spatialisé sur plusieurs échelles :

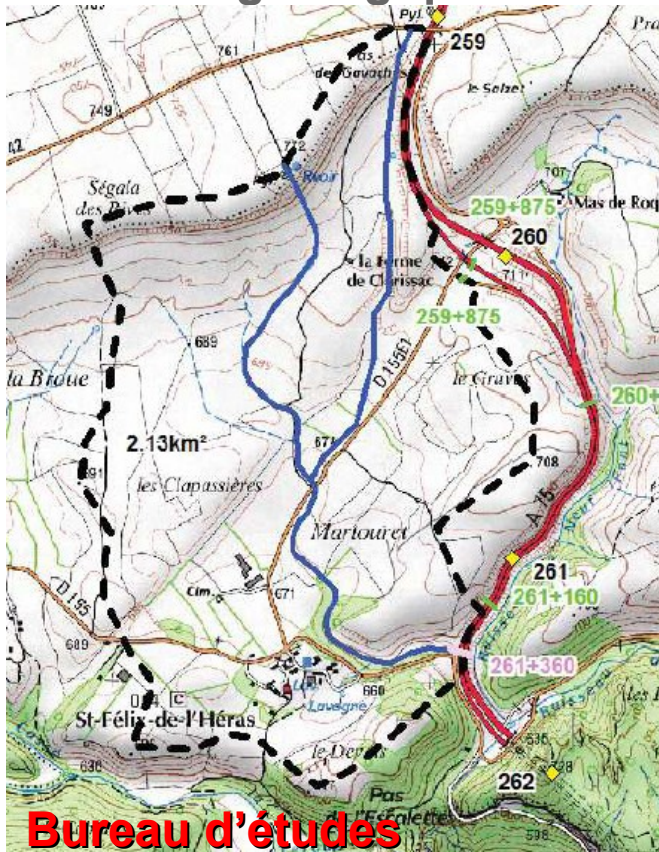
→ Dans l'environnement « élargi » de la BM (attention trop souvent négligé !)

→ Dans l'environnement « proche » de la BM (zone d'influence, extrémités) ;

→ Depuis l'intérieur de la BM (« in-situ »).

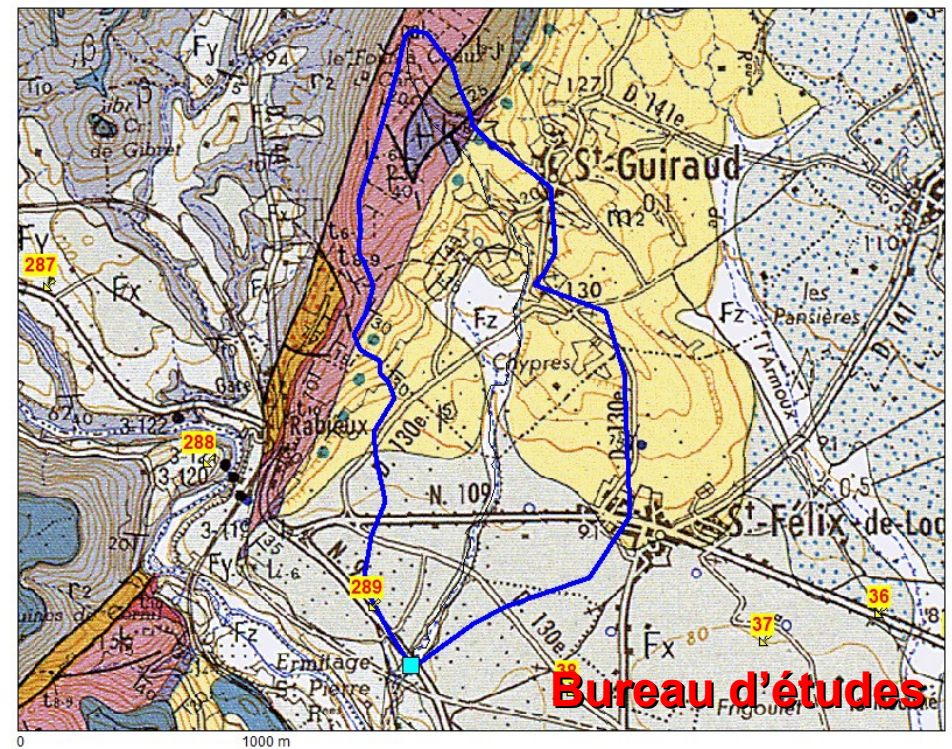
L'analyse de l'environnement « élargi » de l'ouvrage

- La taille du bassin versant (BV) ;
- Sa géomorphologie ;
- La nature géologique des sols du BV.



L'analyse de l'environnement « élargi » de l'ouvrage

- La taille du bassin versant (BV) ;
- Sa géomorphologie ;
- La nature géologique des sols du BV.

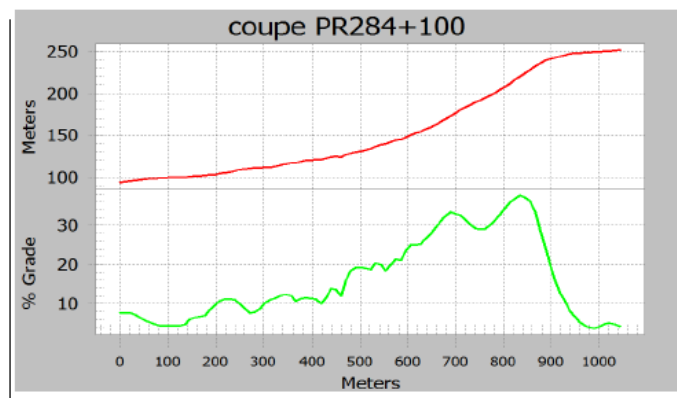


L'analyse de l'environnement « élargi » de l'ouvrage

Taille BV (débit), géologie et pente :

Influence sur la susceptibilité d'écoulements chargés et de transport solide dans la Buse Métallique.

Données hydrogéomorphologiques



La buse se situe dans le prolongement d'un thalweg intermittent.

Le profil du thalweg se distingue par :
 - une première partie aval de 10% de pente.
 - une partie amont de 25% de pente.

Altitude du lit de la Lergue : 89 m NGF (SIG)
 Pente du talus à l'aval de la buse : 7 %

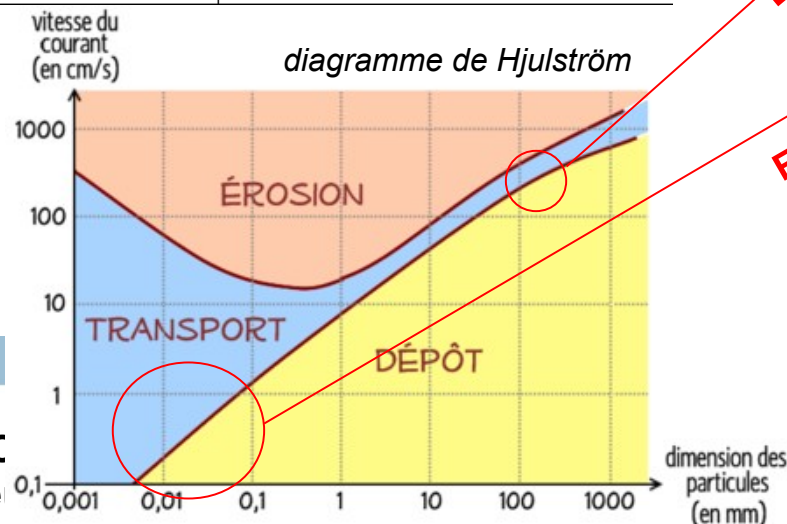
Bureau d'études



Terrain

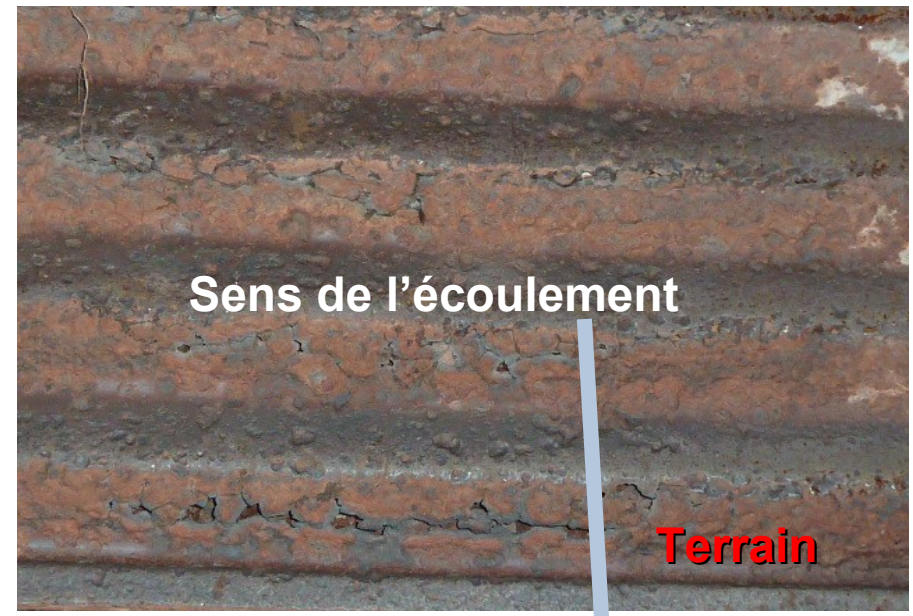
Blocs rocheux
Lors des épisodes pluvieux
Fines (marnes altérées)
Étiage

Deux modes de dépôts ?



L'analyse de l'environnement « élargi » de l'ouvrage

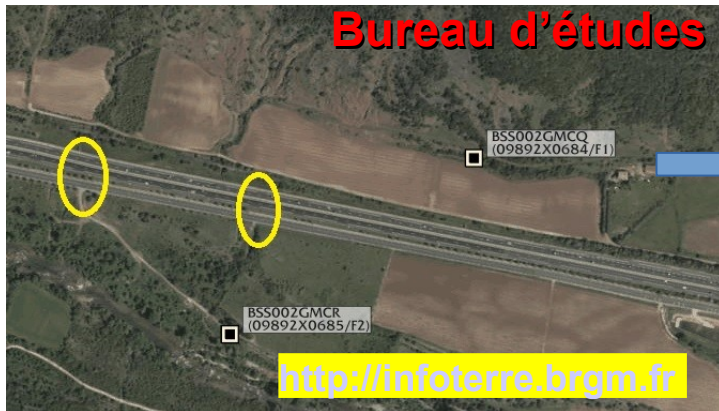
Taille BV (débit), géologie et pente : Influence sur l'abrasion (agression) du radier.
Importance de caractériser le régime du cours d'eau qui est un facteur dominant pour se faire une idée de l'aléa abrasion.



53	ABRASION due au frottements des matières solides transportées par les courants d'eau en site aquatique - disparition du revêtement de protection (peinture, galvanisation,...) - perforation, arrachement du métal	2 à 2E 2E à 3U
----	--	-------------------

L'analyse de l'environnement « élargi » de l'ouvrage

Exemple de lien entre hydrogéologie/l'hydrologie et la chimie de l'eau.



PROFIL GEOLOGIQUE

PROF. (m)	LOG	COMMENTAIRE	STRATIGRAPHIE	FORAGE	PROFIL	TORQUE
0						
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						

09892X0684
F1
T



CEREMA DTerMed - Laboratoire d'Aix en Provence
Pôle d'activité - CS 70499
13993 AIX EN PROVENCE Cedex 3
Té : 04 42 24 76 76 Télécopie : 04 42 24 78 18

Prélèvement sur le Terrain + Analyse

U.T. CHIMIE RAPPORT D'ESSAIS N° C2016-0158

EAUX

ANALYSES	NORME	RESULTAT	UNITE
pH	NF T 01-013	7,5 à 18,2 °C	u pH
Conductivité électrique à 25 °C	NF EN 27888	68	mS/m
Résidu sec à 100-105 °C	NF T 90-029	226	mg/l
Teneur en chlorures	NF T 20-057	16	mg/l Cl-
Teneur en sulfates	NF T 90-009	11	mg/l SO4--

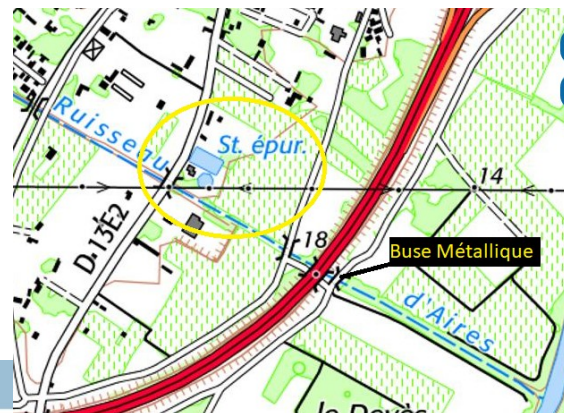
OBSERVATIONS :

Ren à signaler

**= RAS
Sels solubles!**

La trop forte teneur en sulfates a conduit à l'abandon du forage.

Activité anthropique !



COTITA Méditerranée – Buses Métalliques
Jeudi 30 janvier 2020 Aix-en-Provence

L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

L'analyse hydrogéomorphologique multi dates

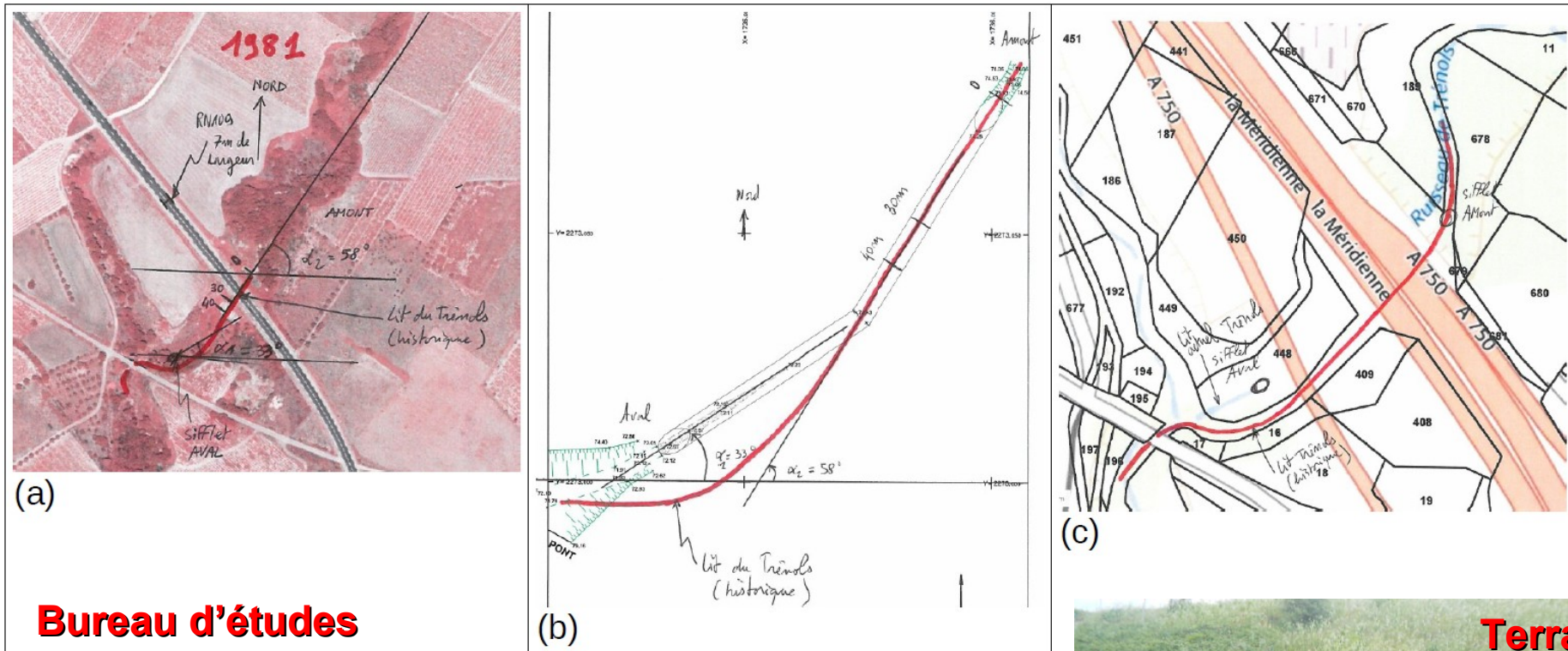


Fig n°8 : Analyse hydrogéomorphologique, photo-interprétative et cadastrale multidates. Décalage historique.

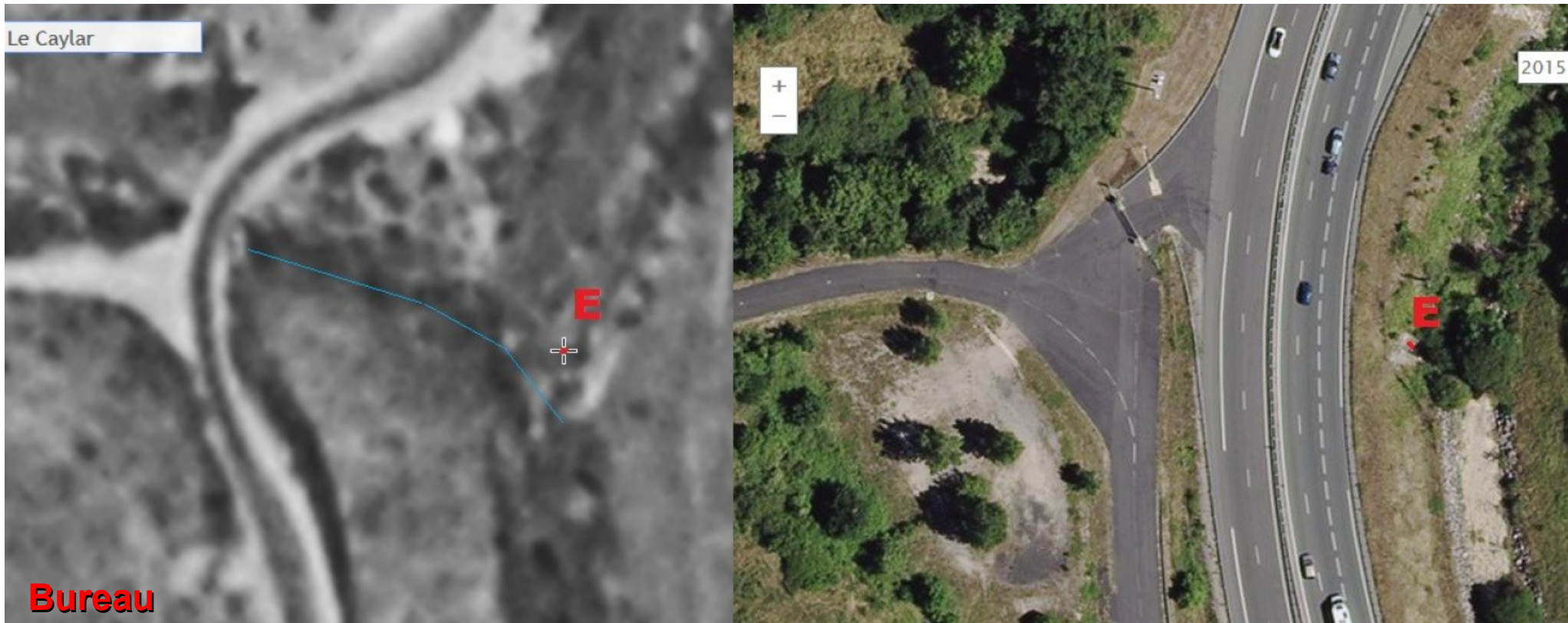
<https://remonterletemps.ign.fr>

<https://www.geoportail.gouv.fr/>



L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

L'analyse hydrogéomorphologique multi dates

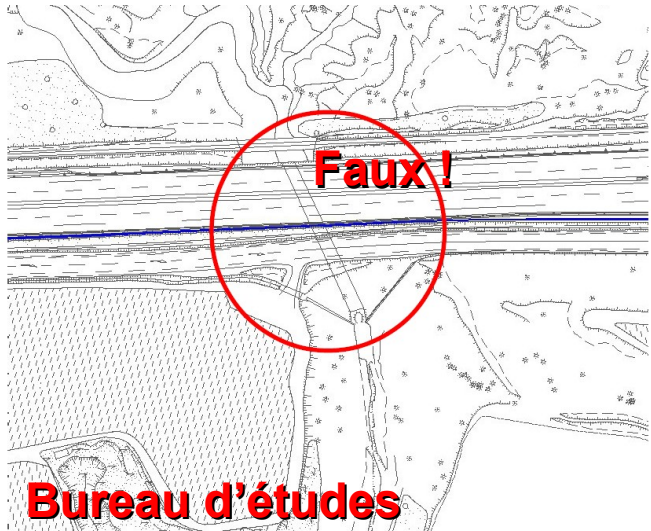


**Bureau
d'études**

<https://remonterletemps.ign.fr>

L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

L'analyse hydrogéomorphologique multi dates



*Vue en plan erronée de l'axe de l'ouvrage (source du document : CEI Clermont l'Hérault).
Tracé de l'axe de buse faux.*

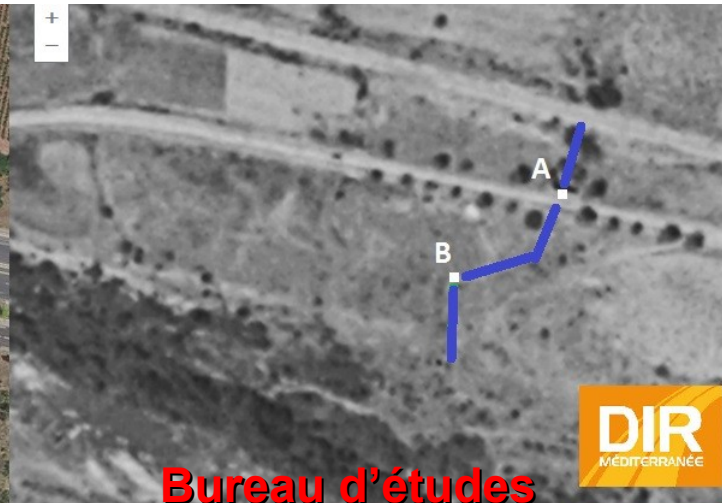
<https://remonterletemps.ign.fr>



*Photographie aérienne de 1982 (source du document : CEI Clermont l'Hérault).
Tracé sinueux du thalweg.*



Photographie aérienne actuelle avec tracé en plan de l'axe de la buse (tracé approximé à partir de la visite de terrain).



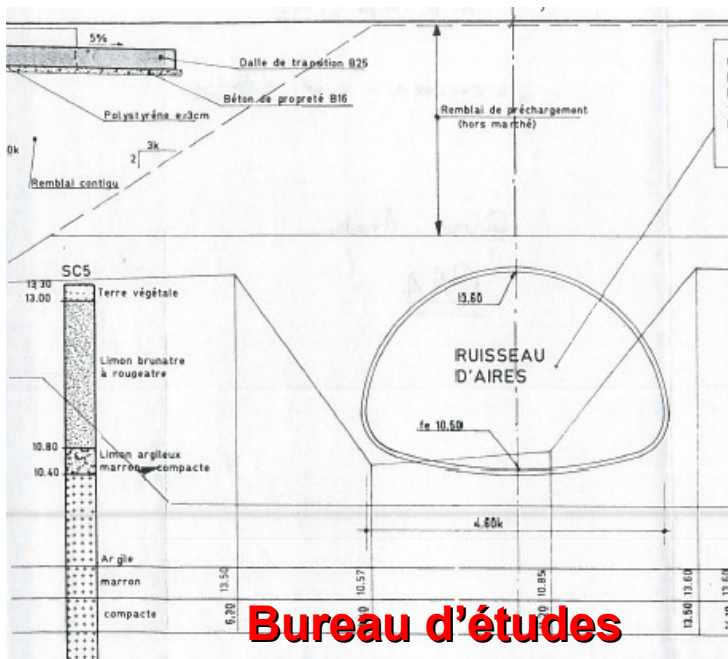
Bureau d'études



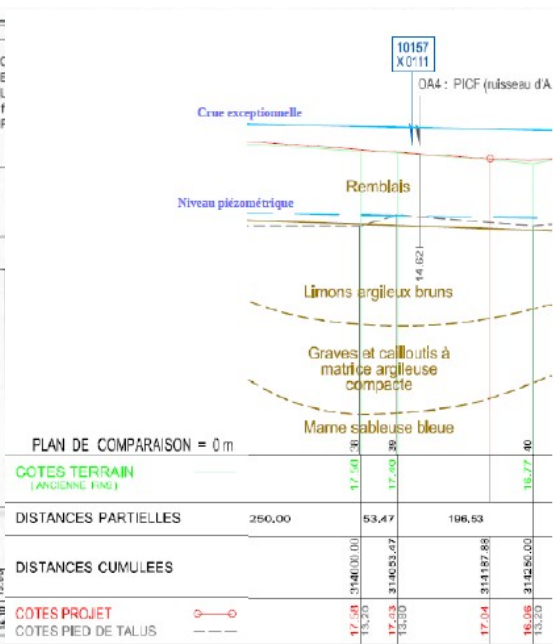
L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

Exemple de lien avec l'hydrogéologie ou les réseaux.

Battance nappe libre / réseau non étanche : percolation et ruissellement à travers les joints.



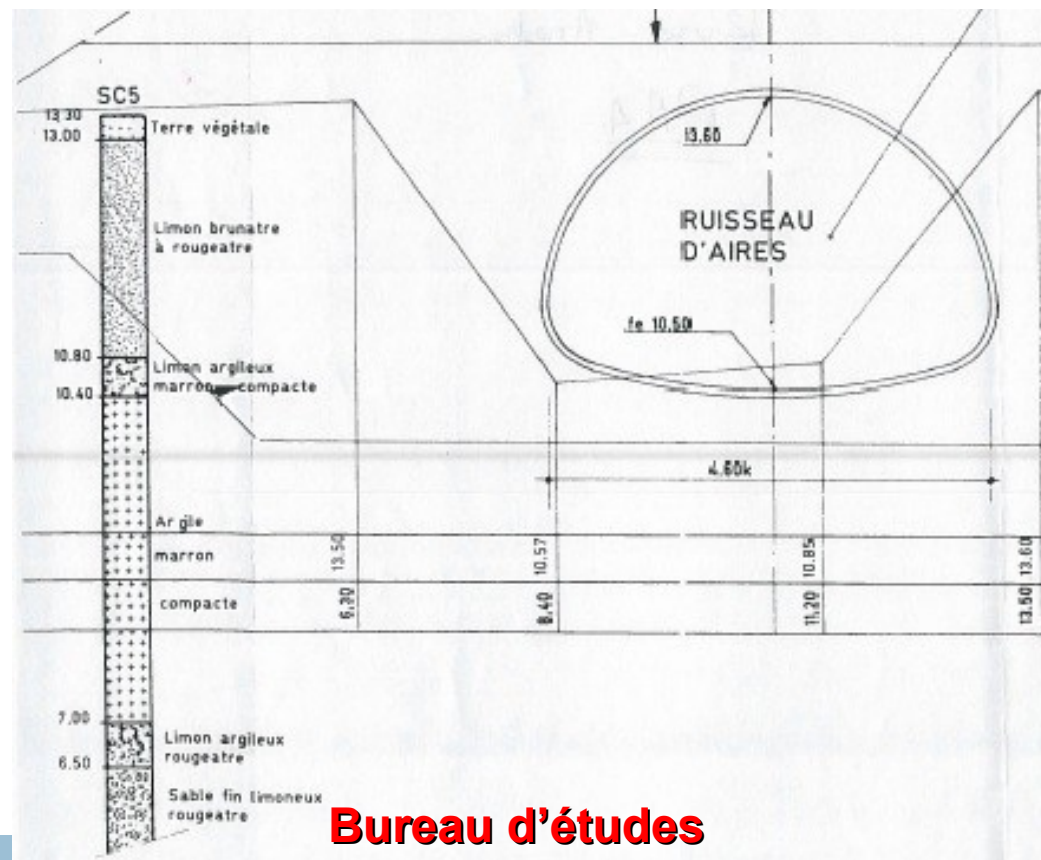
Bureau d'études



Terrain

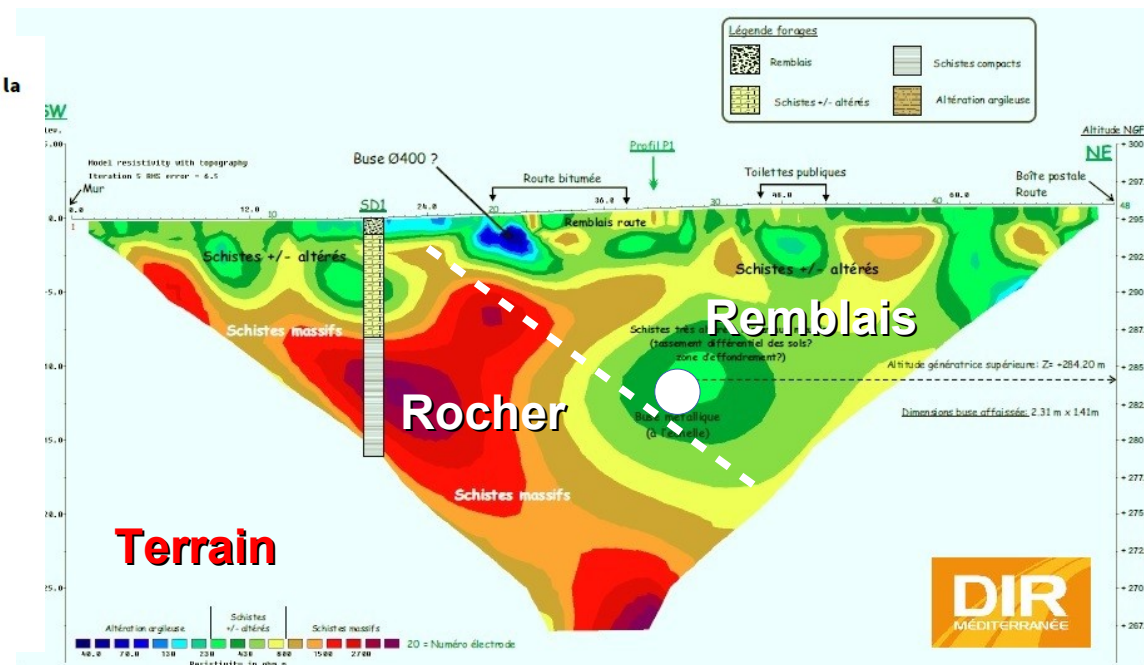
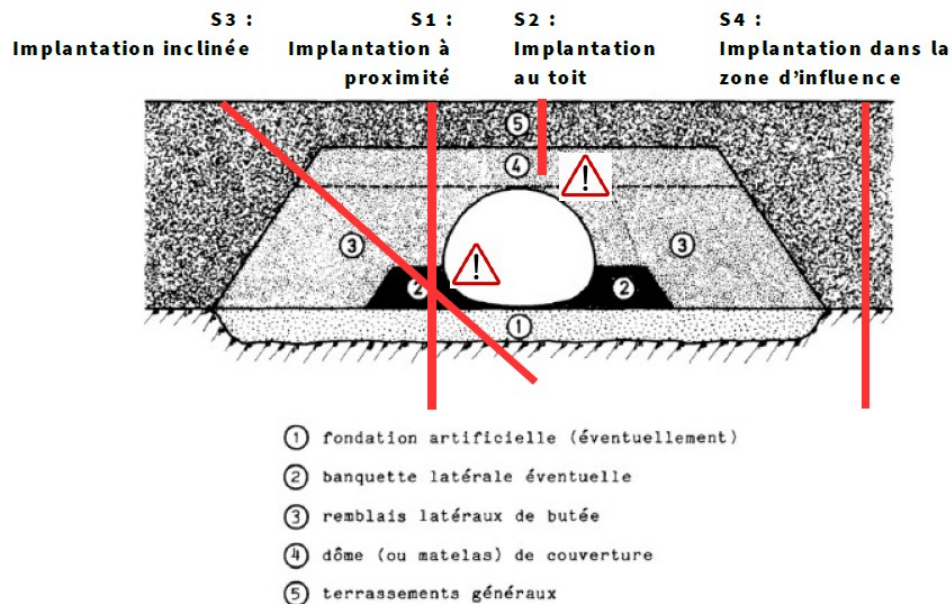
L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

- Environnement proche : zone d'influence.
- Données géotechniques du projet (dossier d'ouvrage).



L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

- Environnement proche : zone d'influence.
- Données géotechniques : reconnaissances depuis l'extérieur.



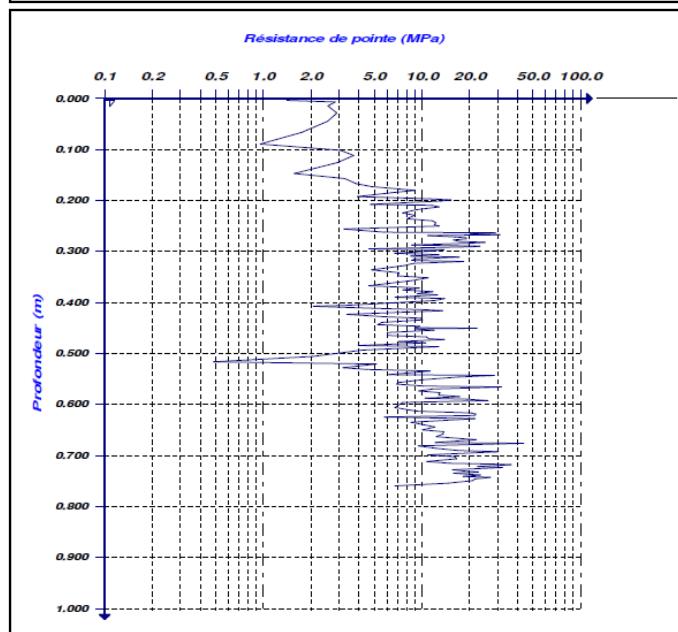
Dépend de l'accessibilité ! Disposer d'un bon plan topographique !

L'analyse depuis l'intérieur de l'ouvrage

→ Données géotechniques : reconnaissances depuis l'intérieur.

Contrôle de compactage au pénétromètre
dynamique à énergie variable

Document : X:\Affaires\2019\Maitre d'ouvrage\public (CG, syndicat, EPT)\Buses\trio de buses\Buse 1 17-04-2019\TC\Le Bosc			
Site : OH1 - Le Bosc			
Sondage : Sondage n°3			
Enrobé : 0.00 m	Prof. pré-forage : 0.000 m	Section : 4 cm ²	Prof. nappe : Indéterminée
Masse : Marteau Panda 2	Cond. d'arrêt : Temporaire	Date : 2019-04-17	Heure : 16:41:00
Opérateur : AB / DN	Organisme : Idetec Environnement		
Commentaires : PM18.4 dans le sens inverse de l'écoulement - à 9h			



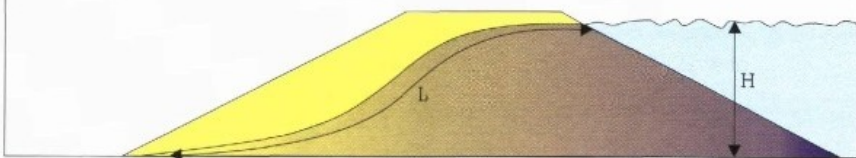
Pénétromètre portable



L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

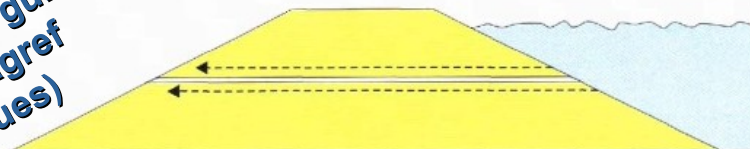
- Environnement proche : effet « barrage » de la plateforme routière.
- Configuration d'ensemble : étanchéification du perré amont.

Mécanisme du renard hydraulique (ou érosion interne régressive) :
Avec l'augmentation du niveau d'eau amont (H),
le remblai se sature progressivement.
Le gradient hydraulique (H/L) augmente.



Facteurs aggravants :
Les ouvrages transversaux comme les conduites de prises,
câbles enterrés, ou ouvrages d'évacuation peuvent être
la source d'érosion régressive en favorisant
les circulations internes et les fuites.

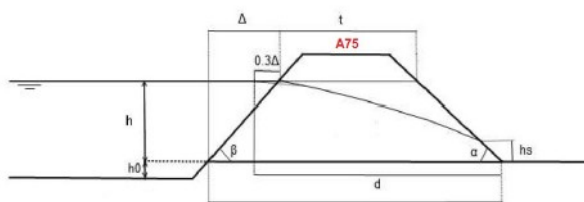
Extrait guide
Cemagref
(digués)



L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

→ Évaluation de susceptibilité d'érosion interne

Calculs « simplistes »



Type de sol	i_{Lane}
SABLES	
sables très fins et silts	0,12
sables fins	0,14
sables moyens	0,17
sables grossiers	0,20
GRAVES	
graves fines	0,25
graves moyennes	0,30
graves grossières	0,33
ARGILES	
argiles de consistance moyenne	0,50
argiles raides	0,55
argiles très raides	0,62

Valeurs de gradients critiques recommandés par LANE [4]

On détermine le gradient hydraulique pondéré à partir de la règle empirique de LANE [4] :

$$i_{pond} = \frac{\Delta h}{\Sigma H + \frac{\Sigma L}{3}}$$

avec $\Delta h = h - h_s$: la perte de charge de l'écoulement, $\Sigma H = h - h_s$: la somme des longueurs des parties verticales de la ligne d'écoulement et $\Sigma L = L - \Delta - h_s \cdot \cotan \alpha$: la somme des longueurs des parties horizontales de la ligne d'écoulement.

Calcul « simpliste »

h	6	h	6	L	68,41
h _s	1	h _s	1	Δ	7
Δh	5	ΣH	5	h _s .cotan α	0
				ΣL	61,41162715

$i_{pond} =$

Bureau d'études

Exemple : Estimation d'une différence de charge minimale de 5,00 m entra les points A et B, pour un chemin hydraulique de 27 à 30 m. Ceci a conduit à un gradient critique d'initiation de l'érosion interne pour des sables moyens (Lane) et mélange sable/graviers (Blight).



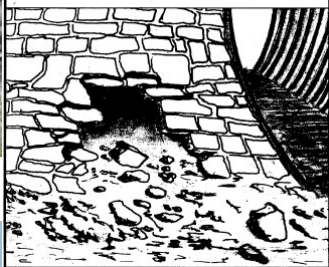
Terrain

L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

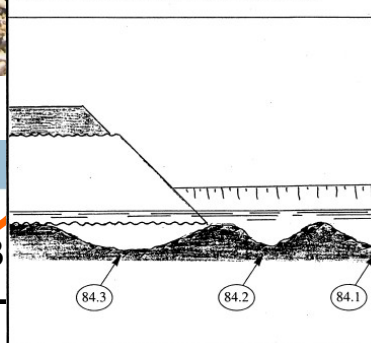
→ Évaluation de susceptibilité d'affouillement des sifflets



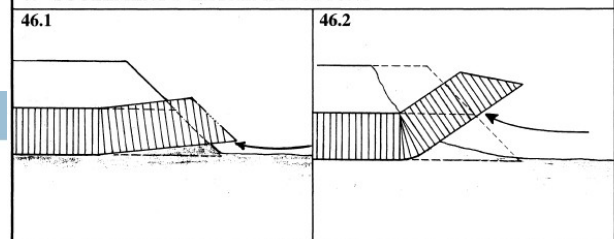
63 - EFFONDREMENTS LOCAUX ET/OU CAVITES DANS LE PERRE



84 - EROSION DU LIT DU COURS D'EAU



46 - SOULEMENT D'EXTREMITE AMONT



L'analyse de l'environnement « proche » de l'ouvrage

- Évaluation de susceptibilité d'affouillement des sifflets.
- Fonctionnement lors d'événements significatifs.



Buse PR289+200 13/10/2016 14h10 (aval; hauteur d'eau de 25 cm environ sur 20 cm d'atterrissements).



Buse PR289+200 14/10/2016 8h45 (aval; hauteur d'eau de 30 à 40 cm environ sur 20 cm d'atterrissements).

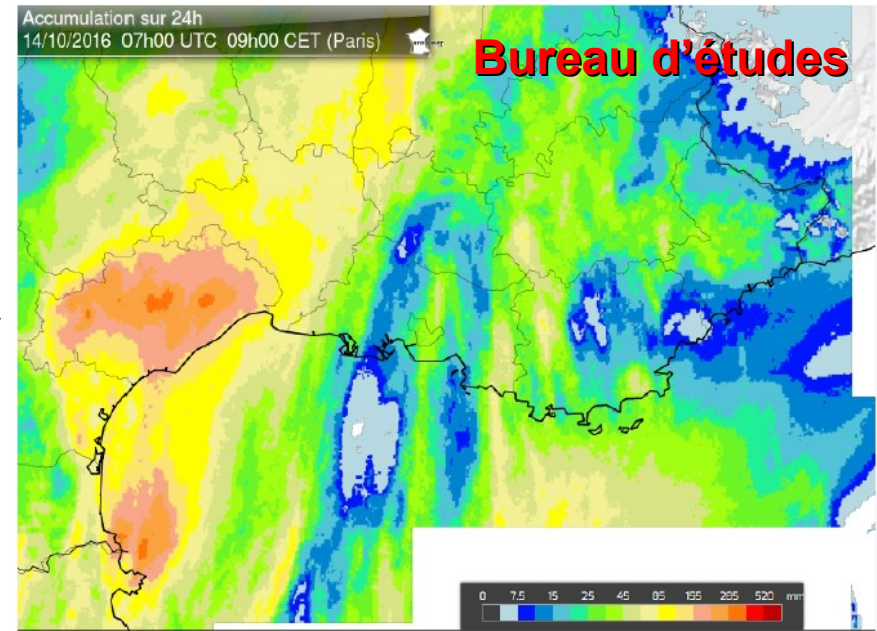


Buse PR289+200 13/10/2016 14h10 (amont: aucun écoulement d'eau dans le lit du ruisseau; écoulement d'eau en provenance de l'A75; infiltration sous la buse).



Buse PR289+200 14/10/2016 8h30 (amont: écoulement d'eau en provenance de l'A75).

Terrain



Cumuls radar Météo France

Hauteurs de précipitations cumulées en 1 jour pour les durées de retour de

Estimation par la méthode du renouvellement (en mm, avec les bornes de l'intervalle de confiance à 70%)		5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	
Indicatif	Station						
34079001	Clermont L Hera	90	115 140	99 136 173	109 157 205	121 183 246	130 203 277

Données stations Météo France

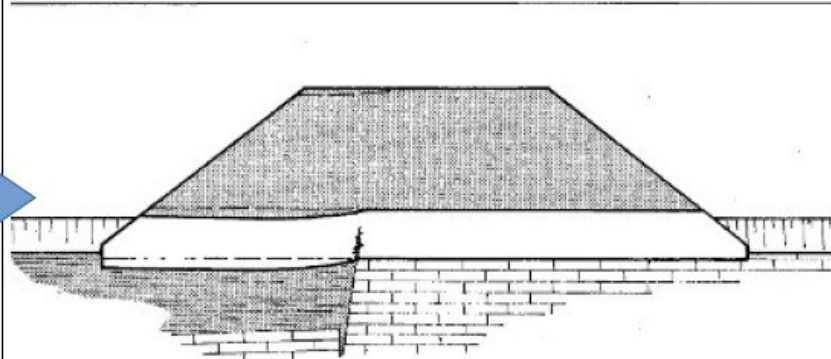
L'analyse depuis l'intérieur de l'ouvrage

→ Lien pathologie / analyse multi dates : élargissement



Déformation locale en plan (jonction BM1 et BM2).

39 - AFFAISSEMENT LOCALISE DU PROFIL EN LONG



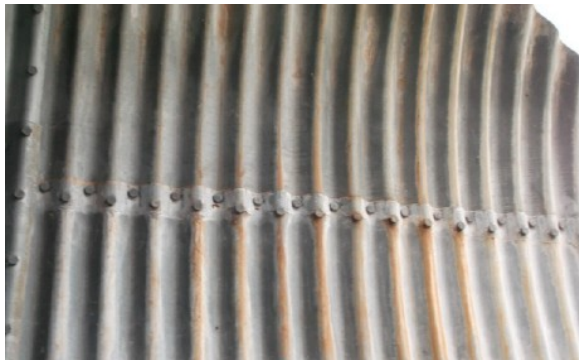
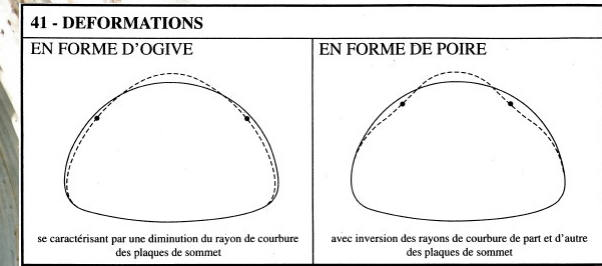
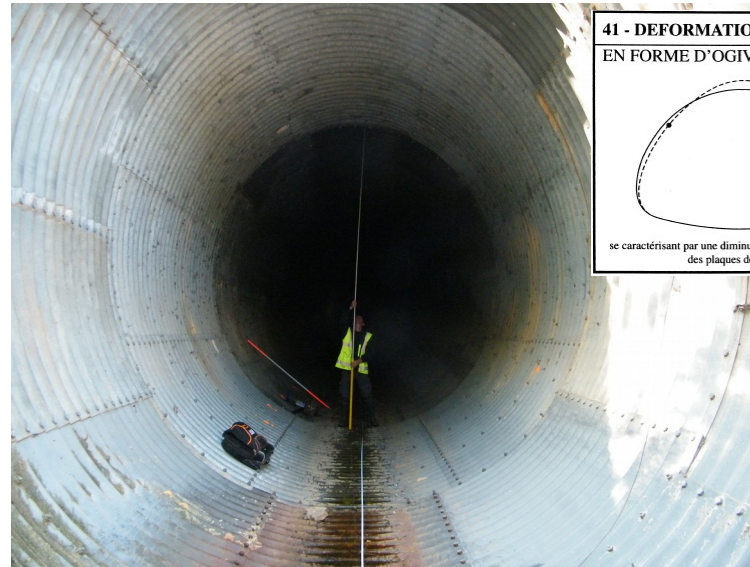
1981



1994

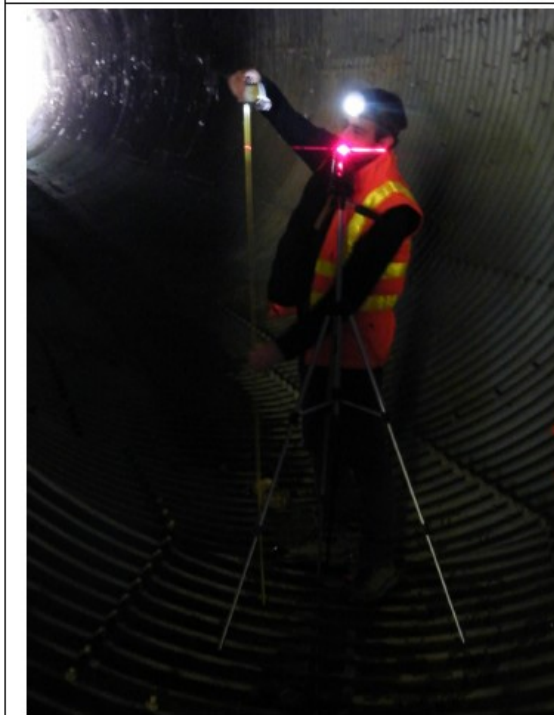
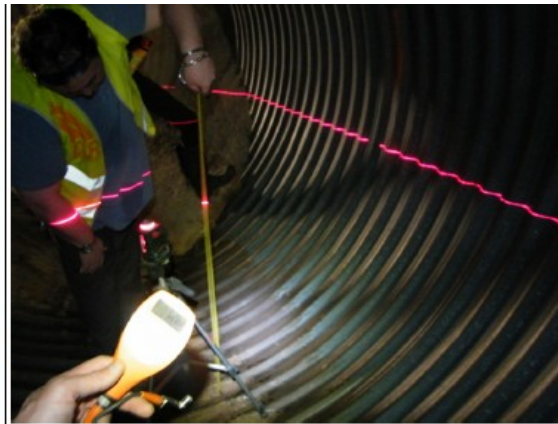
L'analyse depuis l'intérieur de l'ouvrage

→ Les déformations



L'analyse depuis l'intérieur de l'ouvrage

→ Diagnostic d'épaisseur résiduelle de galvanisation.



L'analyse depuis l'intérieur de l'ouvrage

→ Les problèmes d'étanchéité (en voûte et flancs).



L'analyse depuis l'intérieur de l'ouvrage

→ Les problèmes d'étanchéité.



22
bis

STAGNATION D'EAU

sur la voie portée à l'aplomb de l'ouvrage et à ses abords

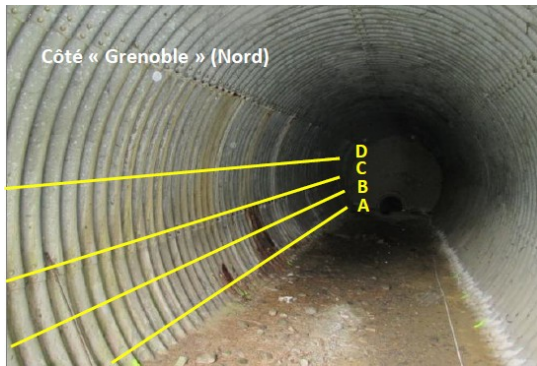
due . à l'absence de dispositifs d'évacuation des eaux de ruissellement
et/ou . à la mauvaise conception des dispositifs
et/ou . à des défauts de réalisation des dispositifs
et/ou . à la dégradation des dispositifs par usure, accidents ou vandalisme

mais non imputable au seul colmatage des dispositifs

2

L'analyse depuis l'intérieur de l'ouvrage

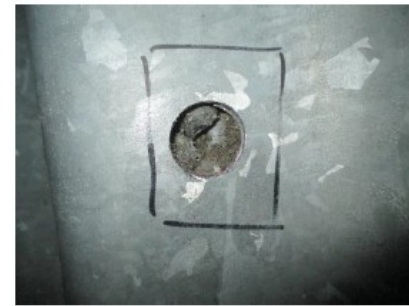
→ Les problèmes de corrosion.



Localisation de la zone de prélèvement.



Zone avant prélèvement.



Zone après prélèvement.



Zone après rebouchage.



Face côté « extérieur » de l'échantillon.



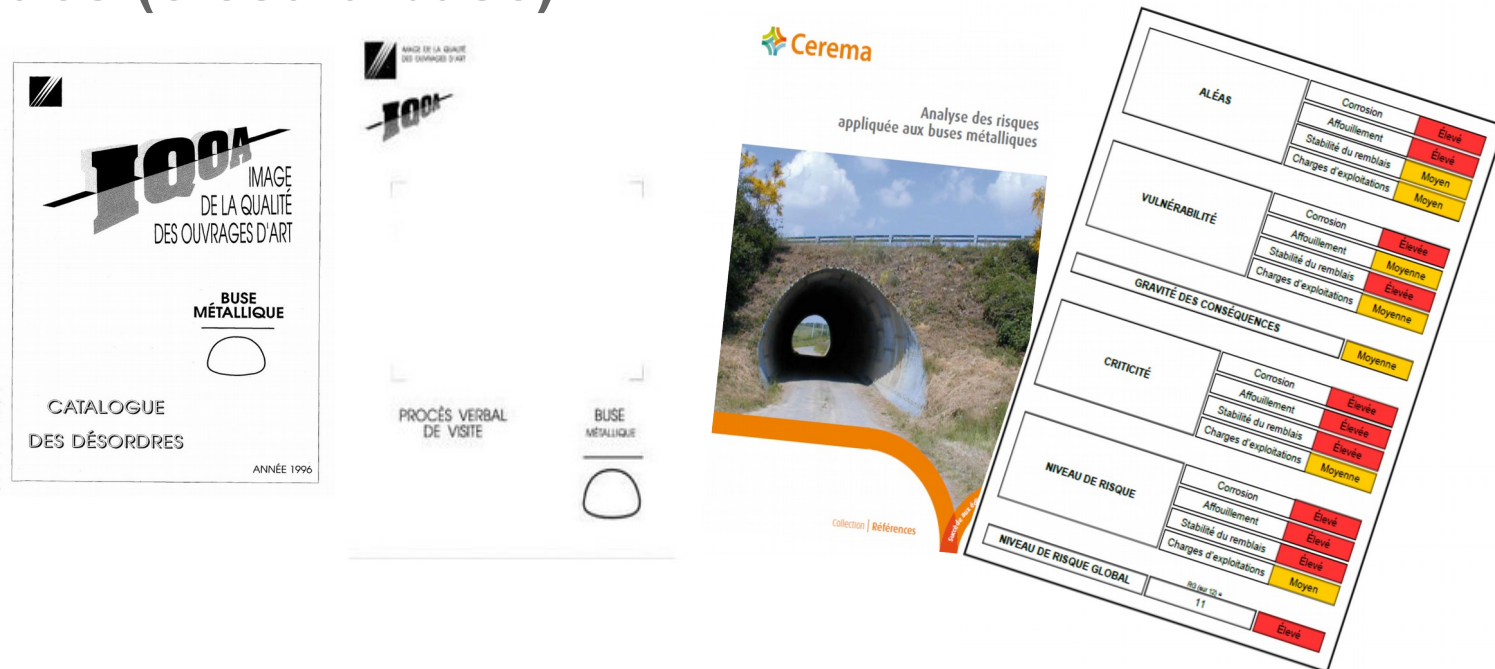
Face côté « remblai » de l'échantillon.

Photo : Diadès

Mesures d'épaisseurs de tôle et pastillages.

Conclusion

-1- Gestionnaires : utiliser les guides existants pour le suivi régulier des ouvrages et pour une aide à la priorisation des diagnostics (c'est la base).



-2- En début de diagnostic : des dossiers d'ouvrages et des plans à rechercher et/ou à reconstituer suivant la gravité des pathologies (adaptation des moyens à engager à la problématique).

Conclusion

-3- S'appuyer des bureaux d'études diagnostic de structures ou hydrauliques car il réside souvent une incertitude sur la note 2E ou 3/3U (épaisseurs résiduelles de tôle) et pour le calcul des débits (BV, capacité ouvrages).



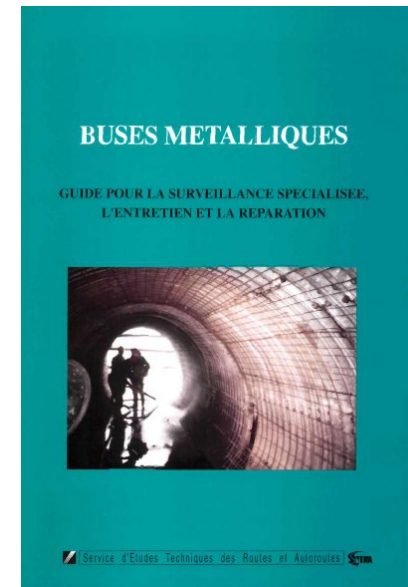
A75 - Buse sur le TRENOLS
PR 289+200
Contre-visite 2014



Rapport
d'auscultation
C000 / C5043

Diagnostic de buse métallique
type ARMCO

La reproduction de ce document est autorisée pour usage personnel.
Le Rédacteur : 01 49 56 34 43 - Tél : 01 49 56 34 43 - Fax : 01 49 56 41 87 - E-mail : info@idetec.com
+44 800 4 828 892 842 844 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000



Se servir du DT412 (Setra) en cours de ré-écriture pour engager la commande aux BE et comprendre les résultats dans les rapports.

Conclusion



-4- Analyser l'ouvrage à différents niveaux :

- L'environnement « éloigné » ;
- L'environnement « proche » (extrémités et recouvrement) ;
- Depuis l'intérieur des buses.

Ne surtout pas négliger l'environnement éloigné qui donne beaucoup d'informations!

-5- Établir des liens entre données collectées en bureau d'étude et données récoltées sur le terrain (report désordres, investigations,...) : **les pathologies observées concernent souvent plusieurs niveaux d'analyse.**

Bureau d'études ↔ **Terrain**

Conclusion

-6- Bien préparer la phase de terrain en se servant des données en libre accès sur internet :

Bureau d'études

Site Internet (lien actif)	Type de données	Utilité
<u>Géoportail (IGN)</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Carte IGN à différentes échelles (dont 1/25 000^{ème}) ; • Cartes anciennes (Etat major, Cassini,...) ; • Cartes parcelles cadastrales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Localisation des ouvrages et analyse géomorphologie régionale et locale (selon échelle de la carte) ; • Détermination des emprises foncières en vue de la pré-implantation des reconnaissances géotechniques et des demandes de DT/DICT selon les <u>règles d'Autorisation et d'Intervention à Proximité des Réseaux (AIPR)</u>.
<u>Remonter le temps (IGN)</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Cartes et photographies aériennes multi-dates. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse photo-interprétative multi-dates (comparaison de photographies géoréférencées, désordres (hydraulique et affouillements) et évolutions dans la zone d'influence, modifications de l'environnement d'un ouvrage, etc ; • Téléchargement de photographies aériennes.
<u>Infoterre (BRGM)</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Cartes géologiques à différentes échelles (dont 1/50 000^{ème}) ; • Banque du Sous-Sol (BSS) ; • Données eaux et masses d'eaux souterraines ; • Données sur les Risques Naturels. 	<ul style="list-style-type: none"> • Localisation des ouvrages et analyse géologique et hydrogéologique régionale et locale (selon échelle de la carte) ; • Analyse des données géologiques à partir de la lecture des notices géologiques associées aux cartes (téléchargement gratuit) ; • Analyse des sondages disponibles de la BSS (téléchargement) ; • Données sol concernant la zone d'influence : Aléas retrait/gonflement, mouvements de terrain, chutes de blocs, etc.
<u>Google Street view</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Vue photographique des routes mondiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pré-visualisation du terrain naturel au droit des ouvrages à étudier selon les accès et prises de vues disponibles sur le site.

Merci de votre attention

Frédéric MARTY
Chef du Bureau d'Études Ouvrage d'Art (mtp)
SIR de Mende Montpellier
DIR MEDITERRANEE

frederic.marty@developpement-durable.gouv.fr