



AGENCE DE L'EAU
ADOUR-GARONNE

DOCUMENT PUBLIC

*Guide Pratique Illustré
Conception, construction et équipement
de station limnimétrique et piézométrique
pour le contrôle de niveau des eaux souterraines*

Etude réalisée dans le cadre de l'action de Service Public du BRGM-02EAU518

Auteur
J. Ricard

Février 2002
BRGM/RP-51468-FR



Mots clés : Stations limnimétriques, stations piézométriques,

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

J. Ricard - Guide pratique illustré. Conception, construction et équipement de station limnimétrique et piézométrique pour le contrôle de niveau des eaux souterraines (2002). Rapport BRGM-RP-51468-FR - 30 p. Annexes 22 p.

© BRGM, 2002, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La mise en œuvre d'une gestion durable des eaux souterraines nationales conduit dans le Bassin Adour-Garonne au développement de réseaux de contrôle quantitatif de type piézométrique et limnimétrique de systèmes aquifères sélectionnés.

La volonté d'une gestion rationnelle de tels réseaux sur de grands territoires, conduit les maîtres d'ouvrage à normaliser autant que de besoins les matériels et les méthodes à mettre en œuvre par les maîtres d'œuvre et/ou les opérateurs.

Ce guide qui a pour but de répondre à l'exigence de normalisation, a été élaboré en s'appuyant d'une part sur les principes de base de l'hydrométrie et d'autre part sur l'expérience accumulée durant plusieurs années dans la construction et la gestion de telles stations.

Le guide rappelle donc les principes fondamentaux de l'hydrométrie et les traduit en nécessaires configurations naturelles optimales de site à trouver et, si nécessaire, en aménagements complémentaires d'amélioration des fonctions de la station à réaliser. Leur recherche et réalisation sont guidées et des recommandations de tous niveaux sont données.

En conclusion, le but final est précisé en rappelant que l'ensemble des éléments de métrologiques de la station : conditionnement du flux, mesure du tirant d'eau et mesure du débit, doivent être conçus et dimensionnés pour fournir des mesures ayant des ordres de grandeur significatives entre elles.

Le guide énonce enfin des recommandations de conception et de construction de station piézométrique basées sur l'expérience pratique de l'auteur.

Sommaire

1. STATION LIMNIMÉTRIQUE :	9
DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE	9
1.1. NOTION DE « SECTION DE CONTRÔLE »	9
1.1.1. <i>Théorie</i>	9
1.1.2. <i>Pratique</i>	9
1.2. NOTION DE « VITESSE CRITIQUE, REGIME FLUVIAL ET TORRENTIEL ».....	10
1.2.1. <i>Théorie</i>	10
1.2.2. <i>Pratique</i>	10
1.2.3. <i>Remarques</i>	11
1.3. NOTION DE « VALIDITÉ D'UNE STATION DE JAUGEAGE »	11
1.3.1. <i>Théorie</i>	11
1.3.2. <i>Pratique</i>	11
1.4. NOTION DE « SENSIBILITÉ »	12
1.4.1. <i>Théorie</i>	12
1.4.2. <i>Pratique</i>	12
1.4.3. <i>Remarques</i>	13
1.5. CONCLUSION	14
2. PRATIQUE	15
2.1. GÉNÉRALITÉS	15
2.2. SECTION DE CONTRÔLE AMONT	15
2.2.1. <i>Seuil(s) naturel(s) amont(s)</i>	15
2.2.2. <i>Section à écoulement torrentiel</i>	15
2.3. BIEF À ÉCOULEMENT FLUVIAL	16
2.3.1. <i>Aménagement des talus de berge en rive droite et rive gauche</i>	16
2.4. STATION DE MESURE.....	16
2.4.1. <i>Quai de mesure</i>	16
2.4.2. <i>Support des puits de mesure et de la mire</i>	17
2.4.3. <i>Puits de mesure</i>	17
2.4.4. <i>Mire</i>	18
2.4.5. <i>Systèmes de mesure de niveau d'eau et système enregistreur de mesure de niveau d'eau</i>	18
2.5. DIFFÉRENTES CONFIGURATIONS DE SECTION DE CONTRÔLE	18
2.5.1. <i>Pente très forte (Haval – Hseuil > 1m)</i>	19
2.5.2. <i>Pente forte (Haval – Hseuil < 1m)</i>	19
2.5.3. <i>Pente faible (Haval – Hseuil < 0,50m)</i>	19
2.6. AMÉNAGEMENT DES TALUS DE BERGE : BAJOYERS	20
2.7. SEUIL ARTIFICIEL	20
2.8. SECTIONS LATÉRALES AU SEUIL.....	21
2.9. DÉVERSOIR	21
2.10. PARAFUILLE	22
2.11. SECTION DE CONTRÔLE AVAL	22
2.11.1. <i>Bief aval à écoulement fluvial</i>	22
2.11.2. <i>Seuil naturel aval</i>	22
3. CONCLUSION SUR LES STATIONS LIMNIGRAPHIQUES	23
4. STATION PIÉZOMÉTRIQUE	24
4.1. GÉNÉRALITÉS	24
4.1.1. <i>Repères de mesure</i>	24
4.2. STATION DE MESURE.....	24

4.2.1. Principe.....	25
4.3. COMPOSITION DE LA STATION.....	25
4.3.1. Colonne de mesure.....	25
4.3.2. Logement de la centrale de mesure.....	27
4.3.3. Logement de la centrale de transfert de mesure et des accumulateurs d'électricité.....	27
4.3.4. Logement de la connexion téléphonique.....	27
4.4. FONCTIONNEMENT.....	28
5. CONCLUSION.....	29

Liste des annexes.....30

Stations limnimétriques

- Annexe 1 – Types de régime d'écoulement
- Annexe 2 – Configurations de sections de contrôle
- Annexe 3 – Cas de pente très forte
- Annexe 4 – Cas de pente forte
- Annexe 5 – Cas de pente faible
- Annexe 6 – Différentes configurations de quais de mesure
- Annexe 7 – Structure d'un support de puits de mesure de 1,5 m
- Annexe 8 – Structure d'un support de puits de mesure de 0,5 m
- Annexe 9 – Structure d'un support de puits de mesure de 1,0 m
- Annexe 10 – Puits de mesure
- Annexe 11 – Tubages Charentes Plastiques
- Annexe 12 – Tubages plastiques Frans Bonhomme
- Annexe 13 – Mires OTT, MIST
- Annexe 14 – Différents types de Bajoyers
- Annexe 15 – Structure d'un seuil et d'un déversoir
- Annexe 16 – Coupe d'un seuil en place
- Annexe 17 - Mise en place d'un seuil dans le flux d'un cours d'eau
- Annexe 18 – Mise en place d'un seuil dans le lit asséché d'un cours d'eau
- Annexe 19 – Sections latérales
- Annexe 20 – Différents types de parafouille

Stations piézométriques

- Annexe 21 – Station piézométrique : colonne de mesure, logement de la centrale de mesure
- Annexe 22 – Station piézométrique : logement de la centrale de communication, de la connexion téléphonique

Bibliographie

- Remenieras G. – L'Hydrologie de l'Ingénieur. Collection du Laboratoire national d'Hydraulique, Eyrolles.
- André H., Audinet Michel M., Mazeran G., Richer C., - Hydrométrie Pratique des cours d'eau, Eyrolles.
- BCEOM Agence de l'Est (oct. 1982) – Catalogue des seuils rustiques de contrôle des stations de jaugeage, Ministère de l'Agriculture.
- Daum J.R. (déc. 1994) – Méthodologie du jaugeage des sources, BRGM R38193.

Références

Fournisseurs de tubages et accessoires en PVC

- Charentes Plastiques, Herisson, 17380 Tonnay Boutonne
- Frans Bonhomme (aux nombreuses succursales)

-

Entreprise d'installation de station et de travail de l'acier inoxydable

- MAM France, 20 rue Planterous. 31700 Beauzelle

Introduction

Ce guide pratique illustré concerne la conception, la construction et l'équipement de stations limnimétriques (ou stations de jaugeage) et piézométriques pour le contrôle de niveaux des eaux souterraines et le calcul de débits.

Pour les stations limnimétriques, il s'agit du contrôle du niveau du flux d'un cours d'eau issu d'une source.

Ces stations limnimétriques ne sont pas différentes dans le principe et le fonctionnement des stations du réseau hydrométrique national. Cependant, du fait qu'elles soient généralement construites au plus près des sources pour s'affranchir des prélèvements, de l'apport de bassins versants latéraux, ... et donc dans des secteurs peu anthropisés et peu accessibles, leur réalisation nécessite des moyens adaptés, des aménagements particuliers et des finitions en accord avec l'environnement.

Ce guide n'est autre que l'exposé de l'expérience acquise au gré de la construction d'une cinquantaine de stations. Il doit permettre de pallier certaines difficultés au maître d'œuvre peu expérimenté, d'obtenir des stations homogènes et plus fiables sur le bassin Adour-Garonne, de diminuer les coûts en utilisant du matériel similaire et en faisant travailler des entreprises spécialisées.

Pour les stations piézométriques, il s'agit du contrôle du niveau d'une réserve (stock) dans un aquifère.

Une station piézométrique fait généralement partie d'un réseau piézométrique censé informer avec la précision souhaitée, de l'évolution spatiale et temporelle de la surface d'une ou plusieurs nappes.

Face à des ressources de plus en plus exploitées et à la volonté de gestion patrimoniale et durable des eaux souterraines la mise en place et la gestion de réseaux piézométriques se développent dans l'Hexagone. De la définition à la gestion de la ressource, l'acquisition progressive de connaissance conduit à une optimisation dans le temps de réseau piézométrique : on passe ainsi d'un stade de « réseau de définition, d'étude » à un stade de « réseau de gestion » ; le stade final correspondant à un réseau composé d'un minimum de stations pour une acquisition optimale d'information par rapport au but recherché.

De plus, et notamment durant les étiages, les flux de surface et les stocks d'eau souterrains étant intimement dépendants, la connaissance issue des stations limnigraphiques et celle des stations piézométriques concourent en un même objectif de gestion de l'eau.

Ce besoin de gestion à toutes les échelles et sur de grands espaces nécessite une méthode d'acquisition des données et de traitement communs à tous les gestionnaires.

C'est dans ce sens que s'inscrit en partie la confection de ce guide.

1. Station Limnimétrique : de la théorie à la pratique

1.1. NOTION DE « SECTION DE CONTROLE »

1.1.1. Théorie

Les différents régimes d'écoulement sont présentés en annexe 1 :

Un écoulement est dit *permanent* lorsque dans chaque section les caractéristiques de l'écoulement ne varient pas dans le temps.

Un écoulement *uniforme* est un écoulement permanent à section mouillée constante. La constance des caractéristiques hydrauliques est ici réalisée non seulement dans le temps comme dans l'écoulement permanent, mais dans l'espace et donc quelles que soient les sections.

Il n'existe une relation bi-univoque $Q = f(H)$ entre le débit Q et la hauteur H lue à l'échelle limnimétrique que dans les deux cas suivants :

Écoulement *uniforme* : relation de Manning-Strickler $Q = KSR_H^{2/3} I^{1/2}$.

Écoulement *graduellement varié*, avec conditions aux limites dans le temps.

Remarques :

- 1) Dans le cas du régime uniforme, il n'y a pas de 'section de contrôle', mais 'tronçon de contrôle'.
- 2) On parle de section de contrôle en écoulement graduellement varié.
- 3) Pour une question de sensibilité de variation de niveau, c'est le tronçon d'écoulement graduellement varié (retardé) qui est habituellement équipé pour la mesure de niveau de l'eau au détriment du tronçon graduellement varié (accélééré).

section ?
?

1.1.2. Pratique

Les définitions précédentes conduisent aux remarques suivantes :

La diversité des sections d'un cours d'eau et de leurs configurations rend exceptionnel tout écoulement de type uniforme,

On peut concevoir et admettre l'existence d'un écoulement naturel du type graduellement varié (retardé et accéléré) dans un cours d'eau durant un espace temps de l'ordre de plusieurs secondes voire de plusieurs minutes, rarement de plusieurs heures ; ainsi, si la « section de contrôle » conserve ses caractéristiques géométriques, à une section donnée et pour un même débit constaté à des dates différentes, la relation bi-univoque est vérifiée

Dans ces conditions, la mesure des hauteurs d'eau peut se faire à une seule mire (échelle).

Les remarques précédentes conduisent aux aménagements suivants :

- | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) <u>SEUIL</u> et <u>SECTIONS LATÉRALES</u> à géométrie constante au droit de la section de contrôle |
| 2) <u>MESURE</u> des hauteurs d'eau sur une seule <u>MIRE</u> |

1.2. NOTION DE « VITESSE CRITIQUE, RÉGIME FLUVIAL ET TORRENTIEL »

1.2.1. Théorie

En écoulement graduellement varié, la « section de contrôle » doit provoquer une augmentation suffisante de la vitesse de l'eau pour faire passer l'écoulement du régime fluvial au régime torrentiel ; ce passage se fait à la vitesse critique. La valeur du tirant d'eau critique est entièrement déterminée pour chaque débit Q par le profil en travers de la section de contrôle ; il s'établit donc sur cette section une relation bi-univoque $Q=f(H)$.

Il est ainsi possible pour un bief donné en régime fluvial (écoulement uniforme ou graduellement varié) de calculer en amont la cote Z de tous points de la ligne d'eau pour n'importe quel débit Q, à condition de connaître la cote Z_0 de l'eau pour ce même débit dans une section quelconque et notamment, en pratique, à la section de contrôle.

1.2.2. Pratique

Les définitions précédentes conduisent aux remarques suivantes :

La « section de contrôle » appelée aussi « contrôle » doit provoquer une augmentation suffisante de la vitesse de l'eau : fort accroissement de pente, rétrécissement du lit, seuil déversant dénoyé, ..., pour faire passer l'écoulement de régime fluvial au régime torrentiel.

Réalisation d'un tronçon de cours d'eau (bief) à régime fluvial généralement compris entre deux sections (naturelles ou artificielles) de contrôle, provoquant deux écoulements torrentiels.

Contrôle et/ou mesure des hauteurs d'eau sur une mire en bordure du bief à écoulement fluvial en amont du « contrôle ».

Les remarques suivantes conduisent aux aménagements suivants :

- | |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| 3) <u>SEUIL</u> qui crée la section de contrôle |
| 4) <u>SECTIONS LATÉRALES</u> avec rétrécissement qui crée la section de contrôle |
| 5) <u>SEUIL AMONT</u> à la section de contrôle |
| 6) <u>BIEF</u> à écoulement fluvial |
| 7) <u>MIRE</u> de repérage de niveau d'eau |
| 8) <u>SEUIL AVANT</u> à la section de contrôle |

1.2.3. Remarques

La hauteur des seuils est bien souvent limitée pour des raisons de configuration de site sinon d'inondation sur des installations existantes en amont.

De ce fait, les seuils ne fonctionnent bien souvent en « chute » que sur de faibles hauteurs, au-delà, le seuil fonctionne en régime noyé.

Il convient dans ce cas que le seuil ne soit pas « submergé » en période de crue par le remous d'un autre « contrôle » situé en aval (SEUIL AVAL à la section de contrôle ou rétrécissement ou changement de pente) ; si le seuil est submergé, il y aura plusieurs sections dans la courbe de tarage.

Ainsi, la prospection du lit du cours d'eau doit se faire très en aval de la section de contrôle pour déterminer la différence de cotes entre les deux seuils et connaître l'inflexion entre les sections de la courbe de tarage.

Il convient aussi d'éviter l'affouillement sous la chute du seuil en réalisant une protection « parafouille ».

1.3. NOTION DE « VALIDITE D'UNE STATION DE JAUGEAGE »

1.3.1. Théorie

Dans le cas du régime uniforme, la formule de Chézy relie le débit aux caractéristiques du canal :

$$Q = \sigma C \sqrt{Ri}$$

Q = débit du cours d'eau

C = coefficient de rugosité hydraulique des parois

R = rayon hydraulique : quotient de la surface mouillée σ par le périmètre mouillé

i = pente de la ligne d'eau et du radier du canal.

Cette relation vérifiée par l'expérience, montre que le débit Q est uniquement fonction de la cote Z de la surface libre de l'écoulement en un point quelconque choisi comme station de jaugeage, puisque pour un canal déterminé R, σ , et C sont uniquement fonction de Z.

1.3.2. Pratique

Les définitions précédentes conduisent aux remarques suivantes :

La cote du plan d'eau est une fonction univoque du débit à condition que :

- a) la topographie et la rugosité du lit ne se modifient pas entre la section de contrôle et celle où se trouve la mire limnimétrique ; ainsi, la cote du plan d'eau à la section de contrôle correspondent dans toutes les sections des valeurs de σ , et de C invariables pour un même débit.
- b) la section du contrôle reste invariable dans le temps.

Les remarques précédentes conduisent aux préconisations suivantes :

- 9) TOPOGRAPHIE et RUGOSITE du lit de la rivière doivent rester invariables dans le temps sur un secteur s'étendant théoriquement à l'infini, à l'amont et à l'aval de la mire.
- 10) Il importe surtout de vérifier que le « CONTROLE » de la station reste invariable au niveau du seuil

1.4. NOTION DE « SENSIBILITE »

1.4.1. Théorie

Pour déceler de petites variations de régime, il faut qu'à une faible variation du débit dQ corresponde une variation dH suffisamment grande de la lecture à l'échelle ou de l'enregistrement sur un appareil analogique ou numérique.

La station est donc caractérisée par la valeur dH/dQ (en unité de longueur par unité de débit).

La sensibilité d'une station sera d'autant plus grande que

- la rugosité sera forte,
- la pente, la largeur et le tirant d'eau faibles.

Ainsi, une section droite triangulaire offre une sensibilité plus importante qu'une section droite rectangulaire de même section mouillée.

1.4.2. Pratique

Une bonne sensibilité permet, pour une même approximation de lecture à l'échelle (plusieurs millimètres voire $\frac{1}{2}$ à 1 centimètre), une meilleure précision du calcul du débit.

De plus, étant donné l'allure généralement parabolique des courbes de tarage, il s'avère une incertitude plus grande sur la valeur des débits d'étiage des cours d'eau.

Les définitions précédentes conduisent à l'aménagement suivant :

- 11) Réalisation d'un DEVERSOIR sur la section naturelle de contrôle aménagée.

1.4.3. Remarques

La forme du déversoir sera calculée pour chaque cas.

A noter que bien souvent, la sensibilité souhaitée ne peut être atteinte à cause des conséquences dues à l'élévation de la ligne d'eau sur les parcelles et installations existantes en amont de la section de contrôle.

1.5. CONCLUSION

Les notions théoriques précédentes nous conduisent à concevoir les différentes parties d'une station de jaugeage et appareils de mesure associés complémentaires :

- a) un tronçon naturel de cours d'eau aux caractéristiques hydrauliques convenables,
- b) des aménagements d'amélioration et de pérennisation des caractéristiques hydrauliques convenables,
- c) un système de mesure de la hauteur d'eau,
- c) un système de mesure du débit.

Sur cette base, les différentes composantes d'une station de jaugeage sont :

- 1) Section de contrôle amont
 - 11) Seuil naturel amont,
 - 12) Section à écoulement torrentiel
- 2) Bief amont à écoulement fluvial
 - 21) Aménagement des talus de berge, RD et RG
 - 22) Station de mesure
 - 221) quai de mesure
 - 222) support des puits de mesure et de la mire
 - 223) puits de mesure
 - 224) mire
 - 225) système de mesure de niveau d'eau
 - 226) système enregistreur de mesure de niveau d'eau
- 3) Section de contrôle de la Station : « contrôle »
 - 31) Différentes configurations de section de contrôle :
 - 312) Pente très forte ($H_{\text{aval}} - H_{\text{seuil}} > 1\text{m}$)
 - 313) Pente forte ($0,5\text{m} < H_{\text{aval}} - H_{\text{seuil}} < 1\text{m}$)
 - 314) Pente faible ($0,1\text{m} < H_{\text{aval}} - H_{\text{seuil}} < 0,5\text{m}$)
 - 32) Aménagement des talus de berge : bajoyers
 - 33) Seuil artificiel
 - 34) Sections latérales au seuil
 - 35) Déversoir
 - 36) Parafouille
- 4) Section de contrôle aval
 - 41) Bief aval à écoulement fluvial
 - 42) Seuil naturel aval
 - 43) Section à écoulement torrentiel

2. Pratique

2.1. GENERALITES

Après un récapitulatif technique en quatre sections dans le sous chapitre 1.5 réalisé à partir de chaque conclusion partielle du chapitre 1, il apparaît utile dans ce chapitre 2, de décrire et d'illustrer chaque alinéa de ce sous chapitre.

Une illustration générale des différentes composantes d'une station est présentée en annexe 2 en trois « cas école » de configuration de « section de contrôle » :

- « pente très forte » représentée par une situation illustrée en annexe 3,
- « pente forte » illustrée en annexe 4,
- « pente faible » illustrée en annexe 5.

Chaque cas est subdivisé suivant les 4 grands ensembles définis au sous chapitre 1.5 :

- 1) section de contrôle amont,
- 2) bief à écoulement fluvial,
- 3) section de contrôle de la station : contrôle,
- 4) section de contrôle aval.

Les composantes significatives de chacun de ces ensembles sont repérées par des numéros correspondants aux alinéas du contenu du chapitre 1.5. Il convient à ce stade de la présentation de décrire et renseigner chaque partie.

2.2. SECTION DE CONTROLE AMONT

2.2.1. Seuil(s) naturel(s) amont(s)

(annexes 4 et 5)

Le seuil naturel amont est en fait à définir lors de la recherche et de l'identification du « contrôle » c'est à dire lors de la recherche du seuil naturel idéal conditionnant l'écoulement même en période de crue (seuil d'ordre 1). Des seuils secondaires (ordre 2 ou 3) ne jouant éventuellement un rôle qu'en moyennes et basses eaux peuvent exister entre le seuil amont et le seuil choisi comme contrôle. Il convient donc que le seuil d'ordre 1 amont au « contrôle » soit le plus en amont possible de façon à conserver en crue, si possible, un écoulement fluvial sur une grande distance.

2.2.2. Section à écoulement torrentiel

(annexe 4 et 5)

Cette section succède au seuil amont d'ordre 1 et précède le bief à écoulement fluvial.

2.3. BIEF A ECOULEMENT FLUVIAL

Ce bief est le cœur du système où la relation entre le niveau du fil de l'eau et le débit du cours d'eau doit être une réalité et rend ainsi possible le calcul des débits à un pas de temps souhaité. Dans ce bief certaines conditions d'état doivent être réalisées pour conserver au mieux la relation fondamentale.

2.3.1. Aménagement des talus de berge en rive droite et rive gauche

La section du bief doit être maintenue en permanence dans une géométrie et un état de rugosité le plus constant possible. Il est donc nécessaire de

- retaluter les berges suivant des pentés très stables,
- de maîtriser en toutes saisons le développement végétal sur le périmètre mouillé.

2.4. STATION DE MESURE

2.4.1. Quai de mesure (annexe 6)

Le quai de mesure sert de support aux appareils de mesure de niveau du fil de l'eau. Il peut revêtir des formes différentes. Des exemples sont donnés en annexe 6 ; Certaines configurations de sites obligent à se servir de bâti existant bien souvent dans de mauvaises conditions.

- le long d'un mur incliné de soutien de route (H # 4m),
- le long d'un mur incliné de soutien de talus (H # 1,5 m)

D'autres configurations nécessitent la construction d'un quai. Ce quai s'élève généralement jusqu'à la plaine alluviale sinon à quelques dizaines de centimètres au-dessus et doit avoir une largeur minimum de 1,00 m pour accueillir le support des puits de mesure.

Ce quai doit être convenablement fondé et doit s'avancer dans le lit mineur de façon à être toujours immergé à l'étiage de 25 à 30 centimètres au minimum. Il est souhaitable aussi qu'il ne soit pas dans une zone d'eau morte sans pour cela être placé en plein courant et être soumis à de forte pression d'eau en crue.

Sur des pentes abruptes, le front du quai doit assurer la continuité de la berge avec toutefois une légère avancée.

Sur des pentes inclinées et élevées il est préférable que le quai soit le moins compact possible afin d'éviter des remous en période de crue en offrant le moins de résistance au flux.

L'expérience montre que des quais métalliques très ajourés sont les mieux adaptés tant sur le plan hydraulique que facilité de construction et de coût.

2.4.2. Support des puits de mesure et de la mire

(annexes 7, 8, 9)

Ce support sert d'interface entre le quai et les puits de mesure. Cet accessoire fait en inox 304, réduit les difficultés d'installation des appareils de mesure sur différents types de paroi. Il a été effectivement conçu de façon à pouvoir être fixé sur des surfaces irrégulières, inclinées, gauches, ... et s'adapter à la hauteur souhaitée. Il peut être composé à la demande à l'aide d'éléments de 1,00 et 0,50m. L'ensemble se fixe avec des chevilles et de la tige filetée (de 8 ou 10mm) en laiton ou inox. Des « astuces de métier » très utiles permettent d'installer rapidement ce support ; des conseils peuvent être dispensés téléphoniquement.

Ce support livré en pièces détachées, comporte une « tablette de pied » sur laquelle reposent les différents puits de mesure et la mire. Cette tablette une fois mise à niveau, permet de « caler » sans ajustement particulier et notamment dans des conditions hydrauliques et climatologiques difficiles, les puits et la mire à la même cote altimétrique.

Nous recommandons d'utiliser ce support qui est actuellement fabriqué par une entreprise de Midi-Pyrénées et peut être livré en pièces détachées par éléments de 1,00 et 0,50m : Nous les avons assemblés sur 4,00m de hauteur sans difficulté particulière.

2.4.3. Puits de mesure

(annexe 10, 11, 12)

Généralités :

Ces puits ont trois fonctions principales : protection de tous ordres des appareils de mesure, initialisation d'un niveau d'eau moyen, réalisation de mesure de contrôle manuelle.

La première fonction nécessite un tube résistant aux chocs, à l'oxydation et aux rayonnements : le tube pvc offre ces avantages ainsi que celui du poids par rapport aux aciers et fontes. Nous avons sélectionné deux types de tubage présentés en annexe 11 et 12.

La seconde fonction est assurée par un ajutage dans un bouchon de pied.

La troisième par la mise en place d'un second puits, un puits de contrôle du niveau.

Il est généralement placé un premier puits de mesure pour l'appareil enregistreur et un second puits (puits de contrôle) pour réaliser des mesures manuelles. En effet, ce puits de contrôle de même dimension, de même ajutage, et calé à la même cote que le puits de mesure, doit indiquer le même niveau d'eau. Cela permet donc le contrôle de la mesure affichée dans l'appareil de mesure. Pour différentes raisons définies, il existe un décalage de niveau entre la lecture de niveau faite à la mire et celle affichée à l'appareil de mesure. Cela peut être dû à une lecture imprécise du fil de l'eau à cause du batillage, d'une variation rapide du niveau du cours d'eau, ...

Composition d'un puits :

Le puits se compose de plusieurs parties (annexe 10) :

- capot et fermeture,
- corps de puits, généralement du 140 mm extérieur,
- sabot vissable,
- prise de pression avec son bouchon et ajutage (3 à 5mm suivant le cas).

Réalisation et particularités :

Certains fournisseurs confectionnent à la demande ce type de puits et dans le diamètre souhaité avec ses tubages (annexe 11). Le capot fait maison, coiffe le haut du corps de puits. Dans le cas d'un appareil de mesure extérieur posé en haut du puits (limnigraphes), un raccord métallique assure le lien entre l'appareil et le puits ; dans le cas d'un appareil placé à l'intérieur une suspension adaptée doit être réalisée suivant l'appareil.

D'autres fournisseurs confectionnent aussi des puits à la demande avec des tubes (FB) comportant aux deux extrémités des manchons collés. Le capot est généralement constitué par un obturateur OTT de 5 pouces qui se visse sur un filetage de type gaz réalisé sur le bord supérieur du manchon de tête. Dans le cas d'un appareil de mesure extérieur posé en haut de puits (limnigraphes), un raccord métallique assure le lien entre appareil et le puits ; dans le cas d'un appareil placé à l'intérieur une suspension doit être réalisée (si utilisation de matériel OTT, un raccord spécialisé suivant les appareils de mesure se loge dans l'obturateur).

2.4.4. Mire
(annexe 13)

Le support des puits de mesure et de la mire est conçu pour accueillir des mires OTT.

2.4.5. Systèmes de mesure de niveau d'eau et système enregistreur de mesure de niveau d'eau

Le choix d'un système de mesure et d'enregistrement est laissé à l'initiative de l'utilisateur.

D'une façon générale, l'expérience montre que les systèmes de mesure à flotteur sont très fiables d'une part et que l'enregistrement électronique s'avère incontournable : durée de stockage, facilité de dépouillement, ...

Cependant certaines configurations nécessitent l'emploi d'autres types de mesure et d'enregistrement.

La télésurveillance permet d'intervenir rapidement en cas de panne mais ne permet pas de s'affranchir de tournées sur le terrain dont le pas de temps doit être défini suivant des contraintes liées à chaque point.

2.5. DIFFERENTES CONFIGURATIONS DE SECTION DE CONTROLE

C'est généralement les usages, l'occupation du sol et la « participation » de propriétaires riverains qui définissent le choix final de l'implantation de la station plus que le choix de la meilleure configuration hydraulique du site. Il faut savoir se contenter d'un site acceptable qui demandera quelques aménagements et notamment la réalisation d'un seuil artificiel.

2.5.1. Pente très forte (Haval – Hseuil > 1m)

(annexe 3)

C'est le cas idéal de contrôle dans la mesure où le bief existe et joue son rôle en moyennes et hautes eaux. De telles configurations existent généralement à des anciennes chaussées de moulin ou de prises d'irrigation anciennes sur de petits cours d'eau à très forte pente. Lorsqu'elles existent c'est que la sédimentation du cours d'eau a été jadis naturellement ou artificiellement maîtrisée ; si tel n'avait pas été le cas, la chaussée n'aurait pas pu jouer son rôle de collecteur latéral de flux et souvent de réserve d'eau régulatrice pour un usage en période d'étiage.

Dans ce cas, la chaussée est à rénover tandis qu'un éventuel rehaussement calculé de la cote de la chaussée améliorerait les caractéristiques de la future station de jaugeage.

2.5.2. Pente forte (Haval – Hseuil < 1m)

(annexe 4)

Ce cas est le plus difficile à traiter. On est dans la configuration générale précédente mais sans chaussée préexistante sinon à réaliser. Bien que la pente offre un potentiel de hauteur de chute réalisable par un seuil artificiel au niveau d'un « contrôle » possible, la pente implique aussi des vitesses généralement rapides et un transport solide généralement fort. La première remarque a pour effet d'obtenir un bief très court et sans effet dès les moyennes eaux, tandis que l'autre implique des atterrissements importants possibles dans la zone de replat artificielle provoquée par le seuil.

Dans des régions boisées et enherbées, la station peut être réalisée en sachant que lors de ruissellements intenses, la station devra être remise en état vis à vis des atterrissements.

2.5.3. Pente faible (Haval – Hseuil < 0,50m)

(annexe 5)

C'est le cas le plus fréquent pour lequel la réalisation d'un seuil artificiel est indispensable. Cette configuration nécessite d'identifier les sections de contrôle amont et aval d'ordre 1 de façon que la section de contrôle choisie soit la plus influente sur l'écoulement après aménagement de la station. Un profil en long du cours d'eau sur une *centaine de mètres en amont et en aval* est indispensable pour évaluer de l'intérêt du contrôle choisi et de l'importance de la hauteur du seuil.

Ces stations sont souvent sujettes au développement de plantes aquatiques notamment après travaux du fait d'atterrissement fins et du ralentissement de la vitesse moyenne du flux.

2.6. AMENAGEMENT DES TALUS DE BERGE : BAJOYERS

(annexe 14)

La géométrie du profil notamment au niveau du seuil doit rester constante dans le temps ; il convient d'en assurer sa stabilité quelle que soit la nature des berges dont certaines nécessitent des confortements maçonnés : bajoyers.

2.7. SEUIL ARTIFICIEL

(annexe 15, 16, 17, 18)

De façon à assurer dans le temps une fiabilité à la station de jaugeage, il est généralement indispensable d'équiper la section naturelle de contrôle choisie d'un seuil artificiel qui constituera la section de contrôle. Sa cote doit être définie dans un compromis entre une hauteur de chute la plus importante possible, une élévation du fil de l'eau acceptable par rapport aux installations amont et une sédimentation acceptable dans le bief amont. Chaque cas nécessite une réflexion adaptée.

Ce seuil est constitué par une poutre en béton (annexe 15, 16) provenant de l'industrie du bâtiment. Longueur, hauteur et épaisseur sont fabriqués à la demande suivant des offres de dimension standard. Les dimensions habituellement utilisées : $2,00\text{ m} < L < 12\text{ m}$, $0,30\text{ m} < H < 0,75\text{ m}$, $E = 0,20\text{ m}$.

Sa mise en place nécessite du matériel de levage et de calage. Il doit être ancré dans les berges sur 0,50 m au minimum.

La cimentation peut se faire soit en écoulement soit à sec.

- a) En écoulement (annexe 17), après la réalisation de la tranchée et la mise en place horizontale de la poutre à la cote souhaitée, il convient de réaliser la cimentation sous l'eau et sans nuisance pour la faune du cours d'eau. Le mortier utilisé est un mortier hydrofuge qui ne se répand pas en traînées de laitier dans le courant du cours d'eau :

- composition du mortier (conseil LAFARGE et leur Filiale chimie CHRYSO) :

Pour 1 m ³ de mortier	Pour 80 litres
- 600 kg de ciment ou 450 kg de ciment + 150 kg Fillers (calcaires)	50 kg
- 1300 kg de sable alluvionnaire	108 kg
- 220 litres d'eau	18 litres
- 3 kg <u>Aquabéton</u> poudre (0,5% du poids du ciment)	250 kg
- 6 litres <u>Optima 100</u> liquide (1% du poids du ciment) superplastifiant, haut réducteur d'eau	½ litre

Mise en place des composants et Gachage du mortier :

- 1) sable, 2) Aquabéton tout en malaxant, 3) ciment poursuivre le malaxage, 4) verser 60% de l'eau puis ajouter Optima100, 5) enfin ajouter le reste de l'eau en fonction de la plasticité souhaitée.

Avant la mise en place du mortier en fond de fouille à l'aide d'une pompe et d'un tuyau souple, il convient de noyer complètement la poutre – si nécessaire – par un seuil en aval fait de sédiments. Cette condition :

- évite l'érosion du laitier en surface lorsque celui-ci comble le vide de la tranchée jusqu'à ras du fond du lit en fin de cimentation,
- favorise un courant de surface d'expression du débit du cours d'eau et un secteur plus calme en profondeur.

b) à sec (annexe 18), il convient de disposer d'une puissance de pompage adaptée au débit : groupe électrogène et batterie de pompes. Certaines entreprises assurent un débit de pompage entre 500 et 1000 m³/h. Il est recommandé d'utiliser le même mortier. Le parafouille peut être construit dans le même temps.

2.8. SECTIONS LATÉRALES AU SEUIL

(annexe 19)

Ces sections assureront, avec le seuil, une géométrie de profil en travers constante dans le temps et une mise en vitesse du flux par un rétrécissement de la section. Ces deux conditions sont essentielles mais pas toujours réalisées.

En présence de berges abruptes ou de bajoyers verticaux, ce rétrécissement peut être aussi réalisé par le profil du déversoir.

2.9. DEVERSOIR

(annexes 15,16, 17)

Le déversoir permet d'améliorer la sensibilité de la station.

Son installation n'est pas toujours possible souvent pour des raisons d'impact sur l'amont par l'élévation du fil de l'eau, notamment en crue. Même lorsque cela pourrait ne pas avoir d'impact significatif, les riverains s'opposent à la moindre remontée du fil de l'eau en amont. Le seuil est donc généralement placé à la même cote que la partie la plus élevée du fond naturel du cours d'eau.

Il est réalisé en tôle inox de 1 mm (annexe 15, 16, 17 (*1ere photo*)) avec un profil adapté aux conditions du site ; il peut jouer le rôle d'arêtes latérales sur des rives verticales. Il est bon qu'il pénètre de quelques centimètres dans les parois latérales pour éviter des fuites. Il est fixé au seuil par des goujons et chevilles ; un joint plastique assure l'étanchéité par son écrasement sur la paroi horizontale rugueuse et quelquefois irrégulière du seuil.

Si possible, il est préférable de le réaliser en cornière en forme de L et de le fixer sur la bordure aval du seuil. S'il doit résister à des courants turbides de fond, on peut le réaliser en forme de T et le fixer au plus près du bord aval du seuil.

Le déversoir peut être placé ultérieurement aux travaux moyennant cependant la confection d'une seconde courbe de tarage. En effet, lorsque la présence du seuil a été acceptée par les riverains, l'expérience montre que l'obtention de l'autorisation de son rehaussement et rétrécissement par un déversoir devient possible.

2.10. PARAFOUILLE

(annexe 20)

La chute d'eau induite par le seuil entraîne un affouillement du lit du cours d'eau provoquant :

- au pied du seuil un déchaussement de ses fondations,
- en aval une zone de dépôt d'alluvions remaniées par la chute dont le sommet du talus peut jouer le rôle d'une section de contrôle mouvante toute proche.

Un confortement stable de fond de lit : « parafouille », doit être réalisé pour pallier les précédents méfaits. Ce confortement stable permet aussi de contrôler le flux jusqu'à la cote la plus basse du parafouille lorsque le seuil fonctionne en seuil noyé ; cette cote doit être plus haute que le seuil naturel aval.

Les parafouilles sont généralement construits en blocs rocheux appareillés sur un lit de laitier de ciment sans jointolement en surface afin d'offrir une forte rugosité pour réduire au mieux les vitesses d'écoulement.

2.11. SECTION DE CONTROLE AVAL

2.11.1. Bief aval à écoulement fluvial

Ce bief est conditionné par le plus proche seuil naturel aval d'ordre 1. Si des seuils d'ordre 2 ou 3 situées entre la section de contrôle et ce seuil, conditionnent le flux durant des crues moyennes, il est recommandé de les éliminer par curage du fond du lit. Cette opération devra être renouvelée ultérieurement par suite des atterrissements qui se produiront inéluctablement.

2.11.2. Seuil naturel aval

Il conditionne le bief aval à écoulement fluvial. Il faut éviter son rehaussement.

3. Conclusion sur les stations limnigraphiques

La diversité des régimes de réponse des bassins versants de surface et/ou souterrains à la pluie nécessite, en vu de la connaissance des flux et/ou des volumes d'eau disponibles pour subvenir à des besoins identifiés, d'établir pour chaque bassin concerné, des historiques de débit sur des périodes à définir suivant la précision souhaitée.

Nous avons vu que la détermination des débits dans le temps passe par trois instruments :

- 1) la station qui conditionne localement le régime d'écoulement : pour un même débit une hauteur d'eau identique pour une configuration donnée,
- 2) Le système de mesure de la hauteur d'eau : *station de mesure*,
- 3) l'appareil de mesure du débit : *différents types disponibles : moulinet, système à ultrasons, courantomètre, ...*

Les **qualités** d'un instrument de mesure sont : **fidélité, précision et sensibilité** (ou résolution).

Une station n'est qualifiable que de fidèle et sensible :

Elle est **fidèle**, si elle fournit le même niveau d'eau pour un flux identique.

Elle est d'autant plus **sensible** que la variation de niveau est plus importante pour la même variation de débit.

Une station n'est pas **précise** car elle ne fournit pas de mesure.

Le système de mesure de la hauteur d'eau est qualifiable de fidèle, précis et sensible :

Il est **fidèle** si pour un même repère de hauteur d'eau le résultat de la mesure est identique.

Il est **précis** suivant l'ordre du multiple ou sous-multiple dans l'unité de la mesure qu'il délivre.

Il est **sensible** suivant la grandeur de l'incrémentation la plus petite qu'il peut délivrer.

Il en est de même pour l'appareil de mesure du débit.

Il s'avère donc nécessaire d'ajuster les **qualités** de chaque instrument dans une configuration donnée, sachant que la seule variable de la station est la sensibilité, du fait qu'elle doit être fidèle et que la précision n'a pas de sens dans son cas ; Il faut donc adapter le plus possible la sensibilité de la station à celle des appareils de mesure des hauteurs d'eau et du débit.

Sachant qu'un excellent jaugeage fournit un débit à 7% près, il convient que la sensibilité de la station puisse permettre une incrémentation de hauteur d'eau la plus petite détectable de 7% du débit. La section de jaugeage qui n'a pas été traitée, doit être aménagée de façon à pouvoir mettre en œuvre le jaugeage dans les meilleures conditions.

4. Station piézométrique

4.1. GENERALITES

Ce type de station sert à réaliser la mesure, l'enregistrement voire la communication à distance de niveau piézométrique de nappe d'eau souterraine.

4.1.1. Repères de mesure

Le niveau piézométrique d'une nappe peut s'exprimer pour une date et heure donnée :

- d'une façon relative : profondeur de l'eau par rapport au sol ou à une autre référence définie,
- d'une façon absolue : altitude NGF (nivellement général de la France).

Lorsque la mesure est exprimée en profondeur c'est habituellement en l'absence d'une opération de nivellement de points caractéristiques du site de mesure.

Les points caractéristiques indispensables pour chaque station de mesure, sont :

- repère de nivellement, (annexe 21, photo 21-2)
- repère de mesure de la profondeur de l'eau, (annexe 22, photo 22-3),

Le repère de nivellement est constitué par un repère matérialisé sur une surface pérenne c'est à dire une surface dont on pense qu'elle subsistera longtemps à proximité du piézomètre. Ce repère est généralement matérialisé par une cheville, au plus près du point de mesure.

Le repère de mesure est constitué par un repère existant permettant de déterminer facilement la profondeur de l'eau à l'aide d'un instrument de mesure manuel ; ce repère peut changer au cours du temps.

Le caractère pérenne du premier et temporaire du second nécessite donc un historique des différences d'altitudes entre les deux repères.

Cette procédure permet :

- à l'opérateur habituel de vérifier la stabilité des éléments de la station entre ses visites,
- à l'opérateur occasionnel ou nouveau, de déterminer puis de contrôler la position du repère de mesure lors de sa première visite,
- au technicien exploitateur des données de s'assurer de la cohérence de l'historique des mesures.

4.2. STATION DE MESURE

4.2.1. Principe

Une station de mesure s'installe généralement à l'intérieur d'un ouvrage (sondage, forage, puits, piézomètre ...) atteignant ou traversant la nappe ou, plus rarement, sur un regard naturel : aven, plan d'eau d'affleurement de nappe, ...

Quel que soit l'état de ces ouvrages, l'expérience montre qu'une station doit être complètement protégée à l'intérieur de l'ouvrage ou du regard naturel qui l'abrite ; cette protection est faite autant vis à vis des aléas naturels : eau, poussière, insectes, oiseaux, petits mammifères, ..., qu'anthropiques : prélèvement d'eau manuel ou mécanisé,

Il convient donc de concevoir la station dans un « étui » de protection.

La forme et la dimension de cet 'étui' va être fonction de celles de l'appareil de mesure et stockage et de communication utilisé dont les contraintes de conception et de fabrication sont liées aux dimensions des ouvrages. Cela conduit les différents fabricants à produire des appareils ayant des caractéristiques extérieures quasiment équivalentes avec cependant des principes de fonctionnement très différents : flotteurs, jauges de contrainte, pressions différentielles, ... Ainsi, les recommandations qui suivent, restent valables quel que soit le type d'appareil de mesure.

4.3. COMPOSITION DE LA STATION

- 1) Colonne de mesure,
- 2) Logement de la centrale de mesure,
- 3) Logement de la centrale de transfert de mesure et des accumulateurs d'électricité,
- 4) Logement de la connexion téléphonique.

4.3.1. Colonne de mesure

(annexe 21)

Principe

Quel que soit le principe et la situation de la prise de mesure :

- en surface (flotteur),
- immergé (prise de pression),
- hors d'eau (radar, ultrasons, ...)

celle-ci se fait dans une « colonne de mesure ». La colonne de mesure est un tube PVC de dimension variable en diamètre et longueur.

Composition

La colonne se compose des éléments suivants (annexe 21) :

- corps de la colonne,
- manchons de raccordement des éléments de puits et de suspension de la colonne,
- manchon de raccordement de l'obturateur,
- colliers.

Corps de la colonne :

Le diamètre généralement utilisé est 140 mm. Des diamètres plus importants peuvent être utilisés mais le sont rarement sinon pour loger des flotteurs de grande dimension utiles dans de rares cas.

La longueur est adaptée à la profondeur de l'eau et à la variation naturelle et/ou artificielle de niveau de l'eau dans le puits. Le fond du puits doit être toujours immergé. S'il s'agit d'une prise de mesure en surface ou hors d'eau, le fond du puits de mesure sera ouvert ; en immergé, il sera fermé et crépiné : cette disposition permet un positionnement aisé de la sonde à une même cote.

Manchons de raccordement :

Des manchons sont utilisés pour raccorder des éléments de tube, sauf dans le cas de tubes tulipés. Les épaulements de manchon ou du tulipage servent à suspendre la colonne sur des colliers.

Manchon de raccordement de l'obturateur :

Ce manchon d'une vingtaine de centimètres, comporte une extrémité filetée « filetage de type gaz » sur laquelle sera vissé et bloqué un obturateur qui fermera et protégera l'intérieur de la colonne de mesure.

Collier :

Il s'agit de collier en acier galvanisé à visser (8 ou 10 mm) sur de la tige filetée laiton ou inox elle-même à visser sur une cheville à expansion filetée et sans fond. L'absence de fond permet un ajustement de la tige en profondeur et donc du collier par rapport à la paroi lors de la mise en aplomb des colliers. Le nombre de colliers est déterminé en fonction du poids de la colonne.

Mise en place

Les étapes sont les suivantes (annexe 22) :

- Choix de la génératrice d'installation : ce choix est fait en fonction des espaces inutilisés dans le puits. Une rencontre avec l'utilisateur permet une bonne détermination de la zone, évitant, ultérieurement, un éventuel déplacement de l'installation,
- Mise en place des colliers de suspension du puits de mesure (annexe 22-1) : cheville filetée (8 ou 10 mm) sans fond, tige filetée et collier à visser, permettent d'assurer une parfaite verticalité du puits de mesure contre une paroi bien souvent irrégulière et non verticale,
- Mise en place de la colonne de mesure en suspension sur des colliers placés sous les épaulements des manchons ou des tulipages (annexe 22-2). Le bas de la colonne doit toujours être immergé ; il convient donc d'estimer le niveau des plus basses eaux de la nappe et le niveau le plus bas de pompage, le cas échéant.

4.3.2. Logement de la centrale de mesure

Logement :

Une centrale de mesure est généralement de faible diamètre (environ 50 mm). Lorsqu'elle est immergée, il est recommandé de la placer en butée en fond de colonne crépinée, ce qui assure un positionnement aisé et rigoureusement constant par rapport à un système de suspension.

Lorsqu'elles sont hors eau, elles sont placées en tête de colonne.

Obturateur :

Plusieurs types sont proposés sur le marché. A noter que l'obturateur OTT en fonte d'aluminium (annexe 21-3) est très pratique. Il se visse sur le manchon de raccordement et se bloque en position ouverte. Le système de fermeture est simple et efficace et comporte un système de suspension d'un appareil de mesure de sa marque pouvant être utilisé pour des marques différentes.

4.3.3. Logement de la centrale de transfert de mesure et des accumulateurs d'électricité

Une boîte étanche (annexe 22-1) protège les cartes électroniques et les accumulateurs qui peuvent être reliés à un générateur par panneau solaire. Un système de fixation en inox peut être fourni par une société de Midi-Pyrénées suivant le diamètre (courbure de la paroi) du puits. Des presses étoupe assurent une étanchéité autour des câbles issus du logement.

4.3.4. Logement de la connexion téléphonique

Ce logement (annexe 22-2) fait d'une boîte étanche, est enterré à distance du puits. Il permet un raccordement et des interventions sur la ligne sans accéder au logement de la centrale.

4.4. FONCTIONNEMENT

La consultation et le rapatriement des mesures à distance par la télétransmission ne dispensent pas de visite de contrôle de station (annexe 22-3) et de vérification de valeurs de mesure réalisée automatiquement. La fréquence de visite se détermine en fonction des caractéristiques de chaque site et de l'importance accordée aux données.

La consultation à distance permet cependant de vérifier une panne de l'appareil et d'intervenir rapidement pour réduire le temps de perte de mesure. Elle permet aussi de gagner beaucoup de temps si un observateur voisin de la station communique au gestionnaire, au pas de temps souhaité, des lectures manuelles de niveau.

Il est impératif de contrôler à chaque passage de mesure que le repère de mesure n'a pas changé. Un historique de différence de cote entre le repère de nivellement et le repère de mesure doit être réalisé pour chaque station.

5. Conclusions sur les stations piézométriques

Ces aménagements devraient permettre de pallier les difficultés liées à l'environnement de la station.

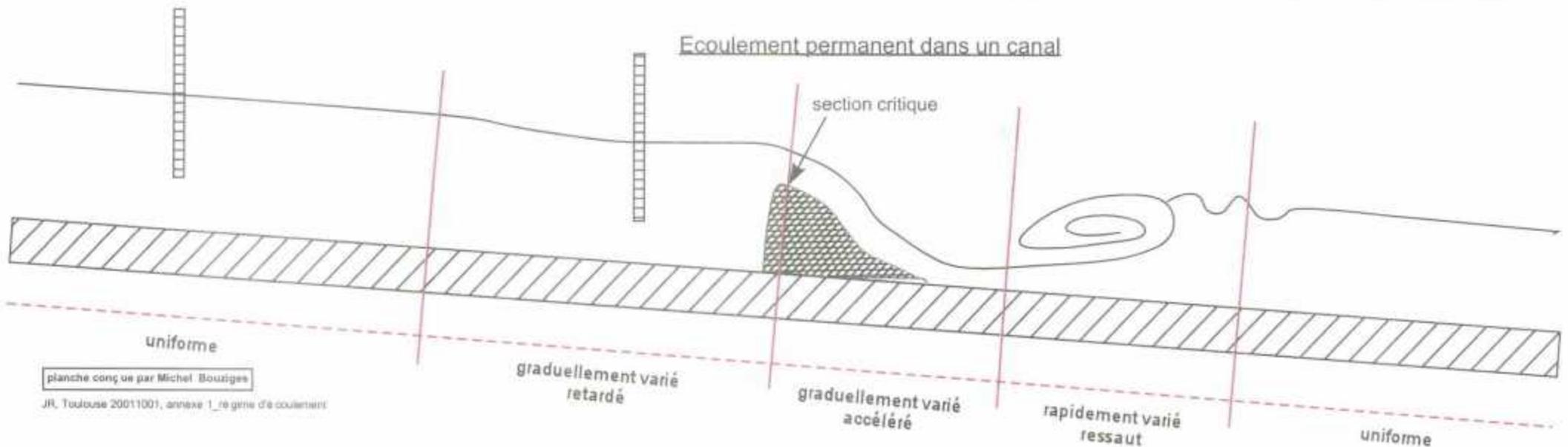
L'expérience nous révèle que les enregistreurs de mesure de niveau d'eau avec système à flotteur sont les plus fiables notamment lorsqu'ils sont associés avec un système électronique d'enregistrement des mesures, corrigé de la température ambiante ; cette correction est d'ailleurs souhaitée pour tous les systèmes électroniques.

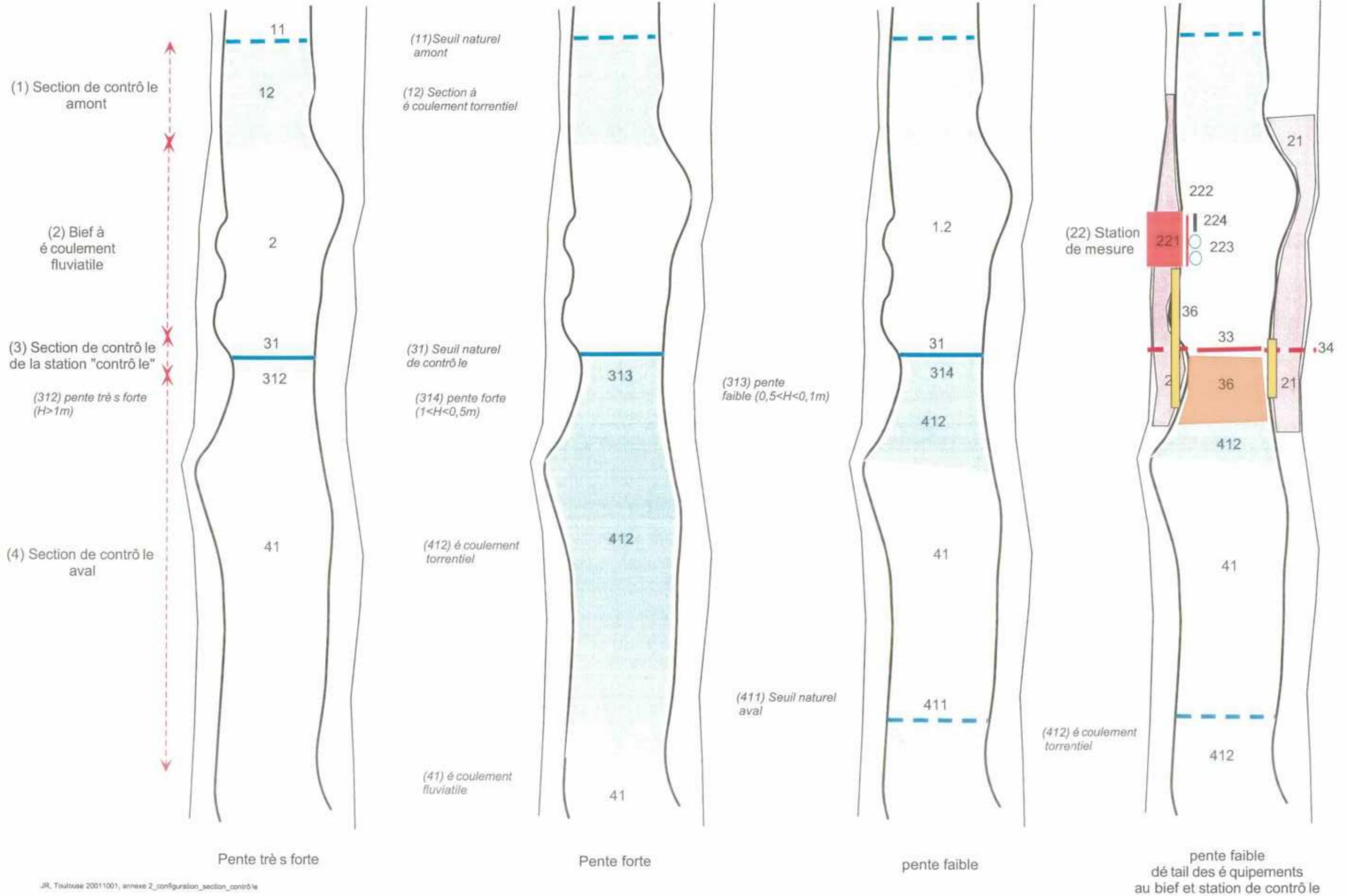
Ces systèmes à flotteur ont des limites de fonctionnement liés notamment à la verticalité des points d'eau et leur profondeur. Aussi, la variété des systèmes est un atout autorisant l'équipement de configurations variées de points d'eau.

Annexes

REGIME D' ECOULEMENT

<p>NON PERMANENTS TRANSITOIRES</p> <p>Dans une section donnée, les caractéristiques de l'écoulement varient dans le temps : crues, manoeuvres de vannes, ...</p>	<p>PERMANENTS</p> <p>Dans chaque section, les caractéristiques de l'écoulement ne varient pas dans le temps</p>			
	<p>UNIFORMES</p>		<p>NON UNIFORMES OU VARIES</p>	
	<p>Les caractéristiques de l'écoulement sont constantes d'une section à l'autre. Un tel écoulement finit toujours par s'établir dans un canal dont la pente, la section, la rugosité et le débit sont constants. Ex : certains tronçons de rivière.</p>		<p>GRADUELLEMENT VARIES</p>	<p>RAPIDEMENT VARIES</p>
			<p>Les caractéristiques hydrauliques : vitesse, hauteur, ... ne varient que très lentement d'une section à l'autre. Ex : courbe de remou à l'amont des barrages.</p>	<p>Les caractéristiques hydrauliques varient très rapidement d'une section à l'autre. Ex : ressauts hydrauliques, chutes brusques, contractions, élargissement</p>





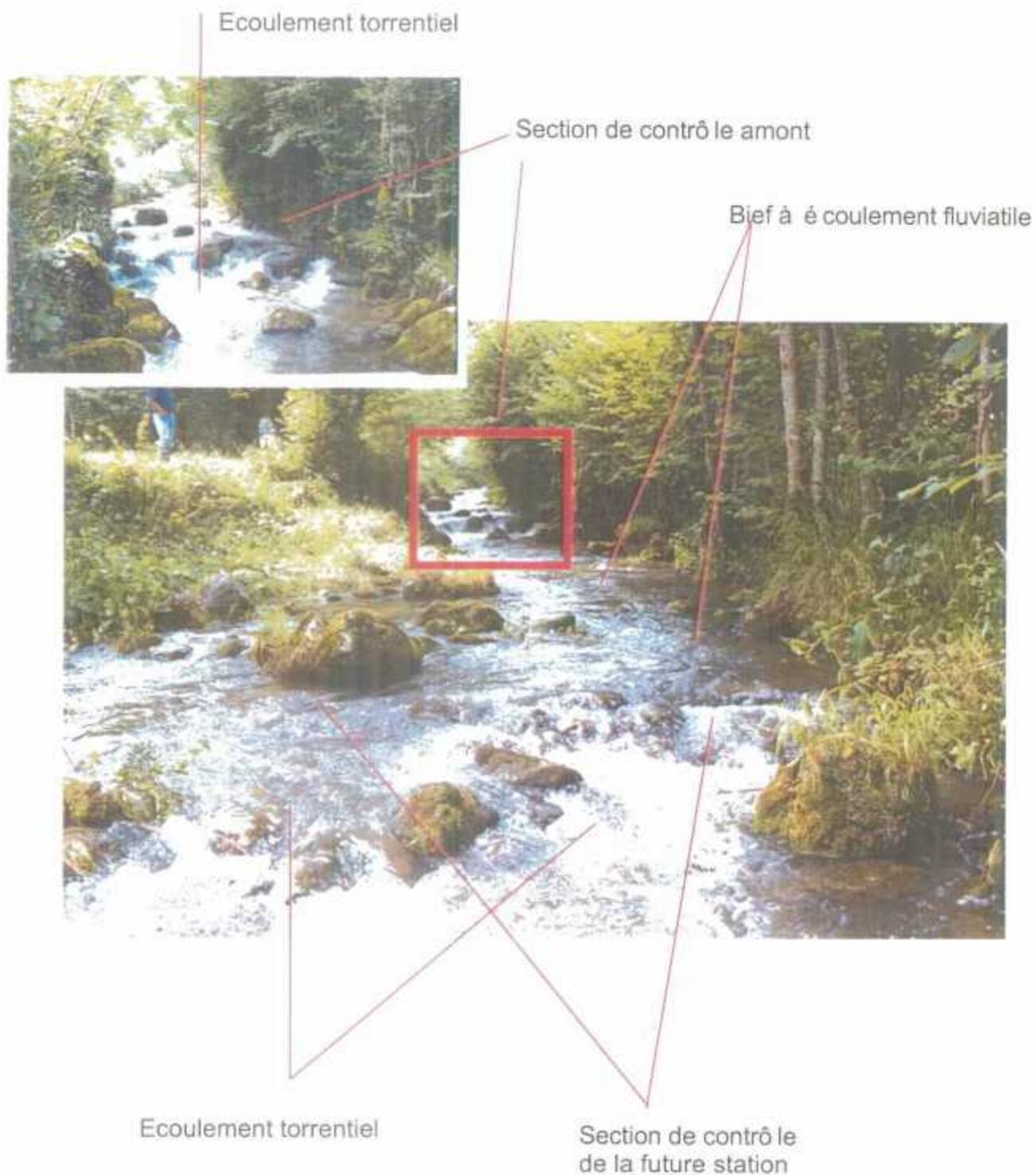
Exemple de pente très forte
Emplacement de la future station limnimétrique
Ruisseau de La Fousette, (12)

Bief à écoulement fluvial



Section de contrôle

Exemple de pente forte
Emplacement de la future station limnimétrique
Ruisseau du Goueil di Her, Arbas (31)



Exemple de pente faible
Emplacement de la future station limnimétrique
Ruisseau de Candé, Puylaroque (82)

Section de contrôle aval



Section de contrôle de la future station



Bief à écoulement fluvial

Section de contrôle amont

Écoulement torrentiel



Mur incliné de soutien de route (H_{if} 4m)



Mur très incliné de soutien de talus (H_{if} 1,5m)



Talus de berge incliné avec faible hauteur d'eau en bord de berge à l'étiage



1993 3/4 / 04

Talus de berge abrupt



Bord de berge abrupt
Quai avec retour de protection



Talus de berge incliné avec faible hauteur d'eau en bord de berge à l'étiage
Quai ajouré n'induisant aucun remous en hautes eaux



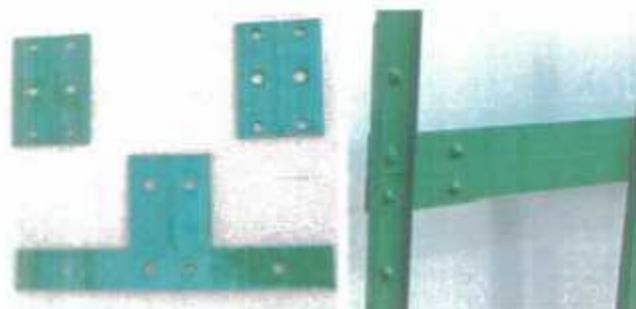
Vue de dos (côté paroi)



Pied de support

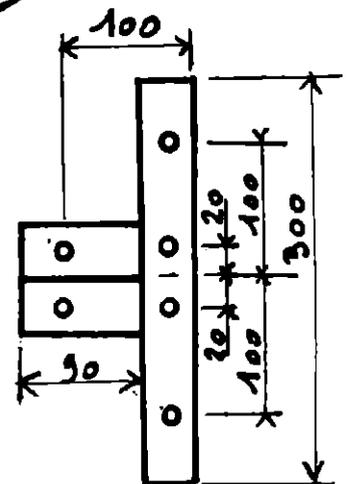
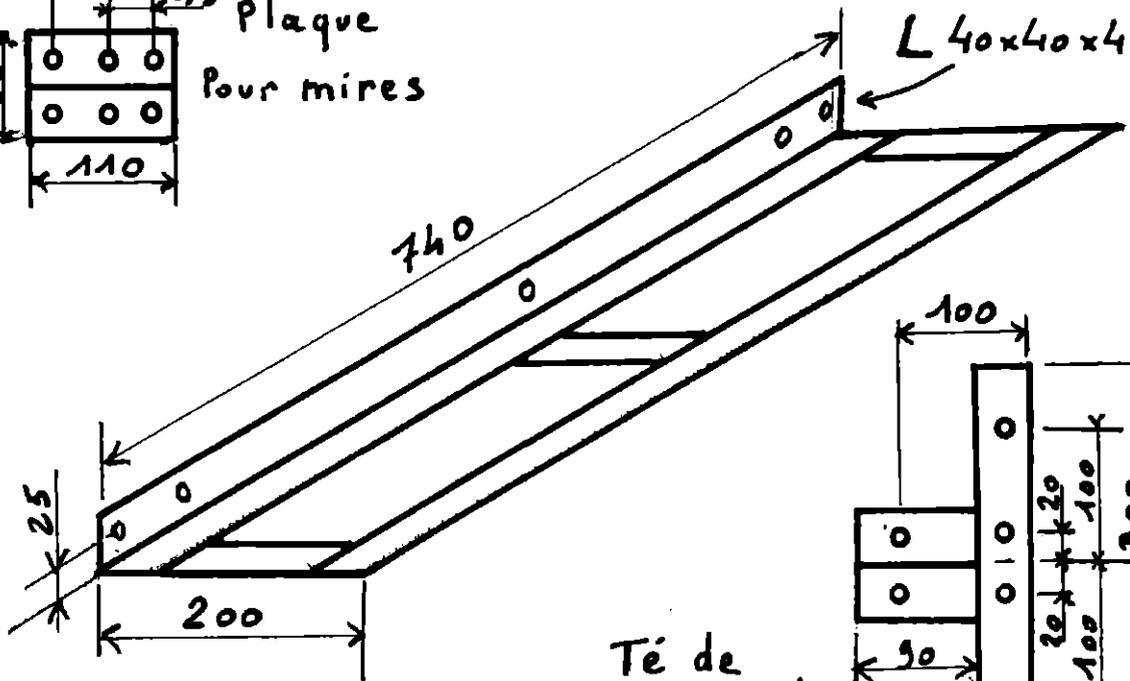
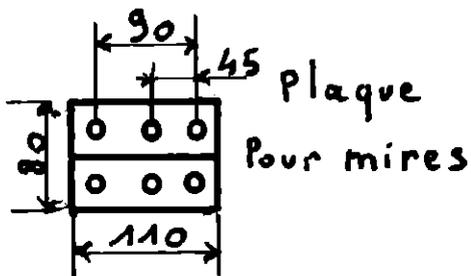
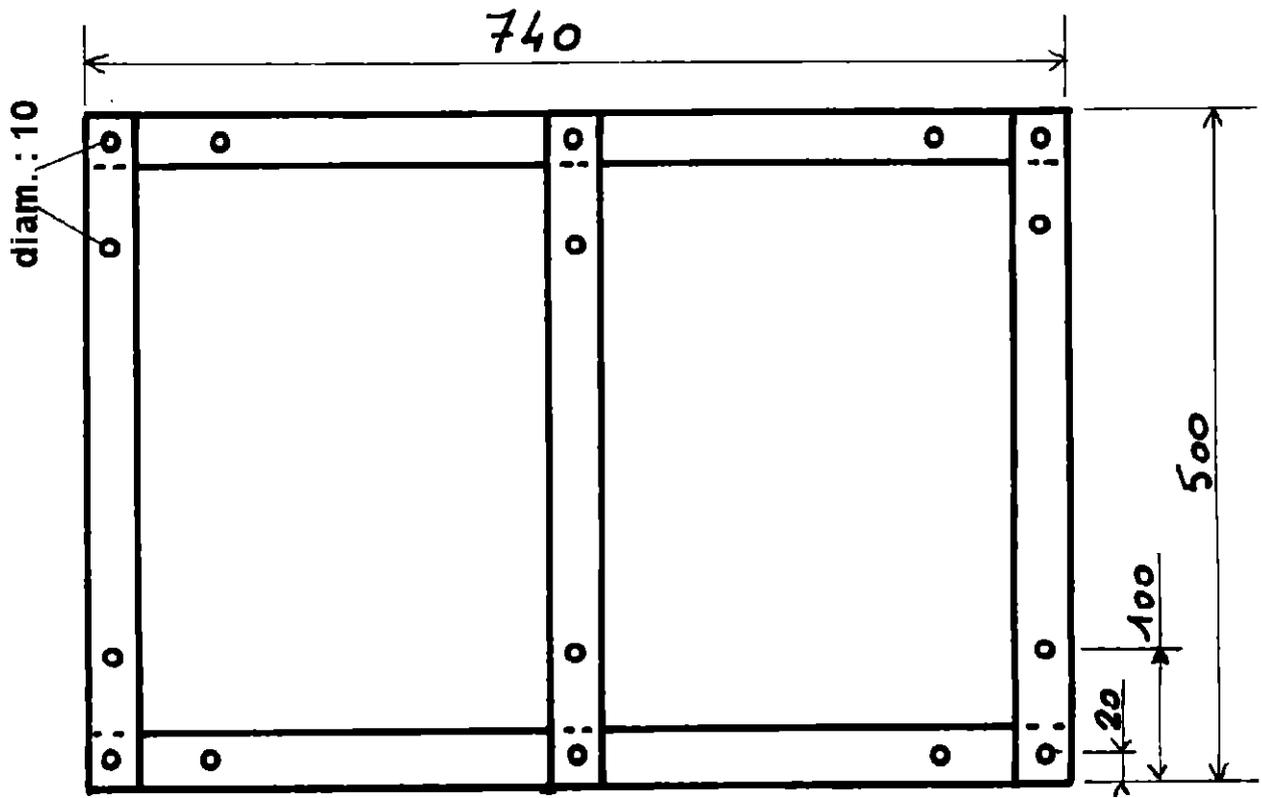


Elé ment supplémentaire

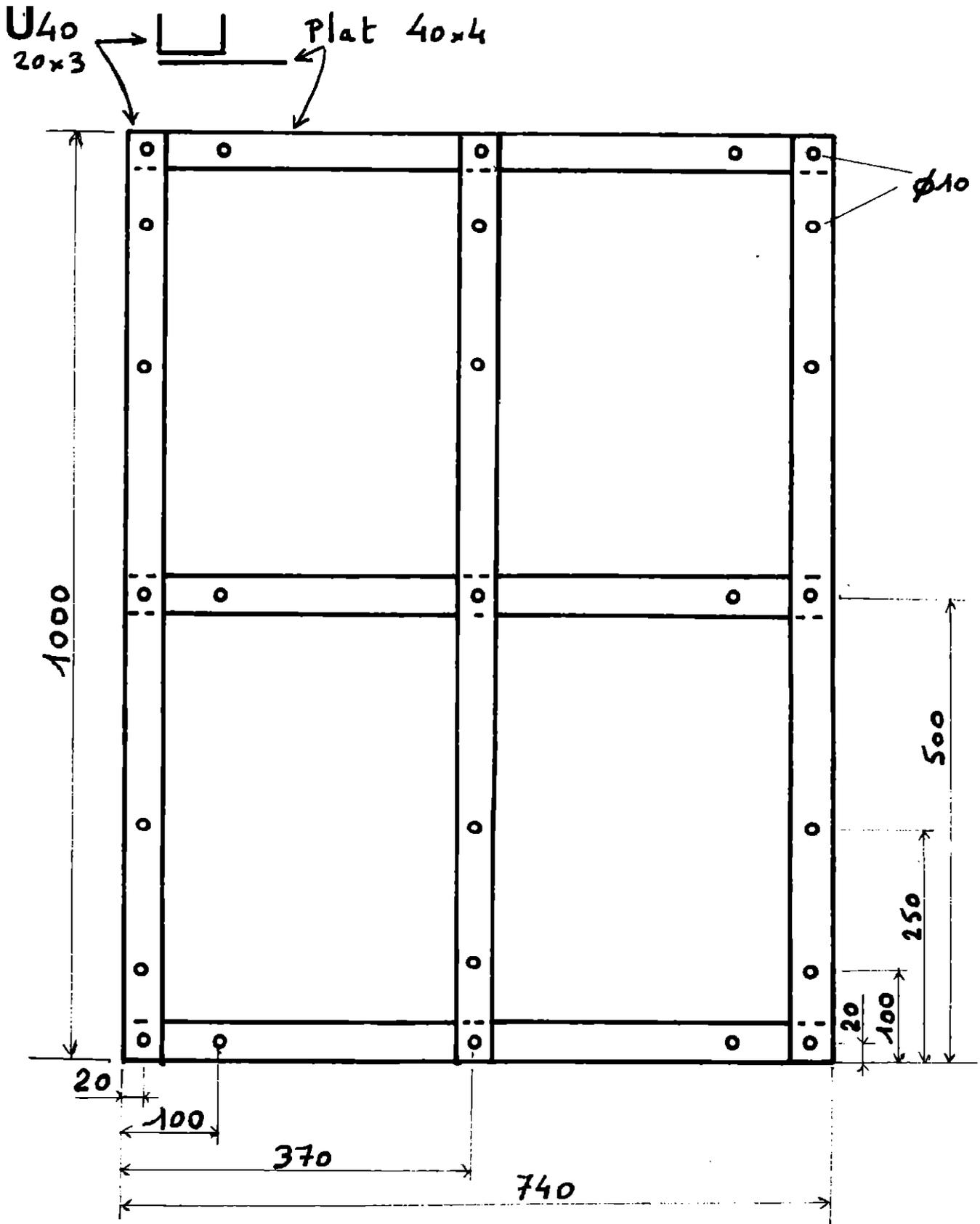


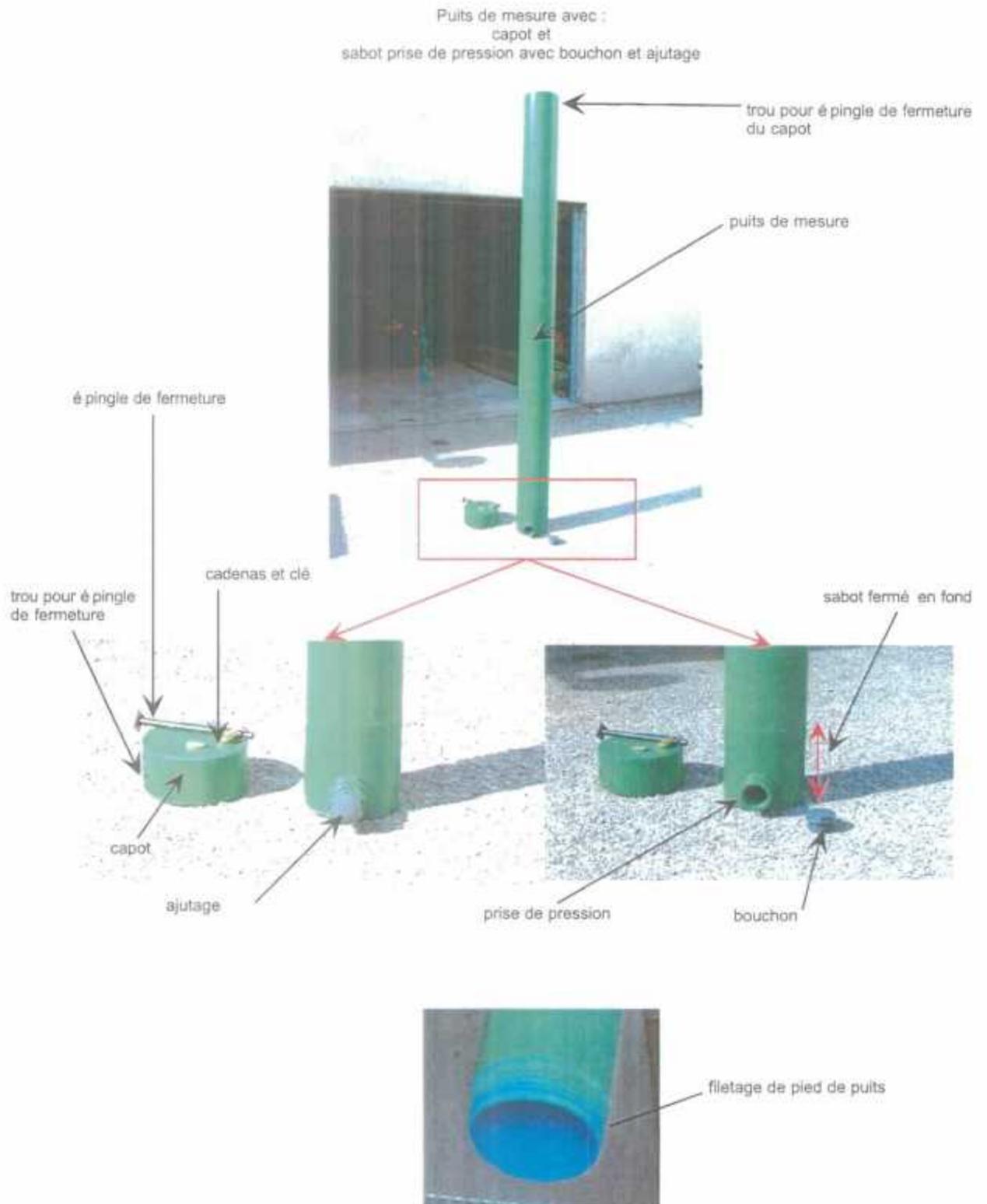
Accessoires de fixation d'élé ment supplémentaire

Structure d'un support des puits de mesure et de la mire
 Elément de 0.50m



Structure d'un support des puils de mesure et de la mire
Élément de 1.0m





CHARENTES PLASTIQUES

TYPES DE RACCORDS ENTRE LES TUBES

RACCORD DE TUBES EN PLA. A AVOIR LE VITE COLLEURITE

Raccord Mâle Raccord Femelle à collage



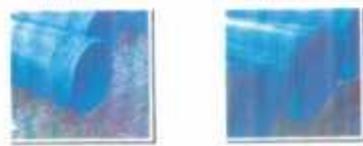
RACCORD DE TUBES EN PLA. A VOIR LE VITE COLLEURITE

Raccord Mâle Raccord Femelle à collage



RACCORD DE TUBES EN PLA. A VOIR LE VITE COLLEURITE

Raccord Mâle Raccord Femelle sans collage



Il est recommandé d'appliquer une couche de colle épaisse sur toute la surface de contact des deux tubes.

Les Ateliers HERCUMY - 27100 JONZAS (D. 10) FRANCE
Tel : 03 43 93 53 00 - Fax : 03 43 93 53 01

Site : www.hercumy.com

BOUCHONS DE FOND

REFERENCE	DIAMETRE DU TUBE mm
B 50	50
B 75	75
B 100	100
B 150	150
B 200	200
B 225	225
B 250	250
B 315	315
B 375	375
B 450	450



TUBES PVC - PEHD - PEHD

REFERENCE	DIAMETRE	EPAISSEUR mm	COEFF. DE DILATATION	PESO kg/m
040-2	40	2,5	0,17	0,38
040-3	40	3,5	0,17	0,49
040-4	40	4,5	0,17	0,60
040-5	40	5,5	0,17	0,71
040-6	40	6,5	0,17	0,82
040-7	40	7,5	0,17	0,93
040-8	40	8,5	0,17	1,04
040-9	40	9,5	0,17	1,15
040-10	40	10,5	0,17	1,26
040-11	40	11,5	0,17	1,37
040-12	40	12,5	0,17	1,48
040-13	40	13,5	0,17	1,59
040-14	40	14,5	0,17	1,70
040-15	40	15,5	0,17	1,81
040-16	40	16,5	0,17	1,92
040-17	40	17,5	0,17	2,03
040-18	40	18,5	0,17	2,14
040-19	40	19,5	0,17	2,25
040-20	40	20,5	0,17	2,36
040-21	40	21,5	0,17	2,47
040-22	40	22,5	0,17	2,58
040-23	40	23,5	0,17	2,69
040-24	40	24,5	0,17	2,80
040-25	40	25,5	0,17	2,91
040-26	40	26,5	0,17	3,02
040-27	40	27,5	0,17	3,13
040-28	40	28,5	0,17	3,24
040-29	40	29,5	0,17	3,35
040-30	40	30,5	0,17	3,46
040-31	40	31,5	0,17	3,57
040-32	40	32,5	0,17	3,68
040-33	40	33,5	0,17	3,79
040-34	40	34,5	0,17	3,90
040-35	40	35,5	0,17	4,01
040-36	40	36,5	0,17	4,12
040-37	40	37,5	0,17	4,23
040-38	40	38,5	0,17	4,34
040-39	40	39,5	0,17	4,45
040-40	40	40,5	0,17	4,56
040-41	40	41,5	0,17	4,67
040-42	40	42,5	0,17	4,78
040-43	40	43,5	0,17	4,89
040-44	40	44,5	0,17	5,00
040-45	40	45,5	0,17	5,11
040-46	40	46,5	0,17	5,22
040-47	40	47,5	0,17	5,33
040-48	40	48,5	0,17	5,44
040-49	40	49,5	0,17	5,55
040-50	40	50,5	0,17	5,66
040-51	40	51,5	0,17	5,77
040-52	40	52,5	0,17	5,88
040-53	40	53,5	0,17	5,99
040-54	40	54,5	0,17	6,10
040-55	40	55,5	0,17	6,21
040-56	40	56,5	0,17	6,32
040-57	40	57,5	0,17	6,43
040-58	40	58,5	0,17	6,54
040-59	40	59,5	0,17	6,65
040-60	40	60,5	0,17	6,76
040-61	40	61,5	0,17	6,87
040-62	40	62,5	0,17	6,98
040-63	40	63,5	0,17	7,09
040-64	40	64,5	0,17	7,20
040-65	40	65,5	0,17	7,31
040-66	40	66,5	0,17	7,42
040-67	40	67,5	0,17	7,53
040-68	40	68,5	0,17	7,64
040-69	40	69,5	0,17	7,75
040-70	40	70,5	0,17	7,86
040-71	40	71,5	0,17	7,97
040-72	40	72,5	0,17	8,08
040-73	40	73,5	0,17	8,19
040-74	40	74,5	0,17	8,30
040-75	40	75,5	0,17	8,41
040-76	40	76,5	0,17	8,52
040-77	40	77,5	0,17	8,63
040-78	40	78,5	0,17	8,74
040-79	40	79,5	0,17	8,85
040-80	40	80,5	0,17	8,96
040-81	40	81,5	0,17	9,07
040-82	40	82,5	0,17	9,18
040-83	40	83,5	0,17	9,29
040-84	40	84,5	0,17	9,40
040-85	40	85,5	0,17	9,51
040-86	40	86,5	0,17	9,62
040-87	40	87,5	0,17	9,73
040-88	40	88,5	0,17	9,84
040-89	40	89,5	0,17	9,95
040-90	40	90,5	0,17	10,06
040-91	40	91,5	0,17	10,17
040-92	40	92,5	0,17	10,28
040-93	40	93,5	0,17	10,39
040-94	40	94,5	0,17	10,50
040-95	40	95,5	0,17	10,61
040-96	40	96,5	0,17	10,72
040-97	40	97,5	0,17	10,83
040-98	40	98,5	0,17	10,94
040-99	40	99,5	0,17	11,05
040-100	40	100,5	0,17	11,16

Possibilité de commander d'autres diamètres sur les 3 types de matériaux.



Il est possible de commander des tubes en PVC de 1 à 1000 mm de diamètre.

BOUCHONS A COLLER

REFERENCE	DIAMETRE DU TUBE mm
B 63	63
B 80	80



CAPOT DE FERMETURE

REFERENCE	DIAMETRE DU CAPOT
F180	180
F250	250
F315	315



TUBES POLY-V® EN POLYCHLORURE DE VINYLE

Tarif 011
01-08-2001

PRIX EN EUROS

TUBES PVC ADDUCTION-PRESSION

FA 04

■ TUBES PVC PRESSION

Qualité alimentaire - Tubes prémanchonnés - Couleur GRIS FONCÉ

Ø extérieur mm	Ø intérieur mm	Épaisseur minimale (mm)	6 m joint caoutchouc		6 m à COLLER		PN bars
			Référence	PRIX HT Le mètre	Référence	PRIX HT Le mètre	
16	12.4	1.8			00202 U	1.18	25
20	15.4	2.3			00204 X	1.87	25
25	19.4	2.8			00208 B	2.63	25
32	24.8	3.6			00212 F	4.34	25
32	27.2	2.4			00214 H	3.07	16
40	31.0	4.5			00217 L	6.73	25
40	34.0	3.0			00218 M	4.69	16
50	38.8	5.6			00223 S	10.39	25
50	42.6	3.7			00224 T	7.24	16
63	53.6	4.7	03032 W	7.66	00232 C	8.95	16
75	64.0	5.5	03037 B	10.67	00237 H	12.50	16
90	76.8	6.6	03046 L	15.31	00246 S	17.80	16
90	81.4	4.3	03047 M	10.40	00247 T	12.15	10
110	93.8	8.1	03054 U	22.90	00254 B	26.77	16
110	99.4	5.3	03055 W	15.50	00255 C	18.17	10
125	106.6	9.2	03058 Z	29.50	00259 G	26.37	16
125	113.0	6.0	03060 B	19.84	00260 H	23.08	10
140	121.4	9.3	03063 E	33.88			16
140	127.8	6.1	03064 F	22.83	00264 M	26.69	10
160	141.0	9.5	03065 G	39.72			16
160	147.6	6.2	03067 J	26.62	00267 Q	31.13	10
200	176.2	11.9	03071 N	61.91			16
200	184.6	7.7	03072 P	41.16	00272 W	50.73	10
200	190.6	4.7	03073 Q	25.68			6
225	198.2	13.4	03076 T	82.95			16
225	207.8	8.6	03075 S	54.79			10
250	220.4	14.8	03079 X	101.52			16
250	230.8	9.6	03080 Y	68.09			10
315	277.6	18.7	03089 H	161.58			16
315	290.8	12.1	03085 D	107.71			10

■ TUBES POLYMÈRE BI-ORIENTÉ BI-OROC SOTRA-SEPEREF

Qualité alimentaire - Tubes prémanchonnés - Couleur BLEU

Ø extérieur mm	Ø intérieur mm	Épaisseur minimale (mm)	6 m joint caoutchouc		
			Référence	PRIX HT Le mètre	PN bars
110	100.0	5.0	08901 A	56.48	25
140	128.0	6.0	08902 B	71.50	25
160	147.0	6.5	08903 C	85.30	25
225	208.0	8.5	08904 D	112.73	25
274	254.0	10.0	08905 E	148.15	25
326	302.0	12.0	08906 F	189.52	25

Collage avec colle à solvants forts Frans Bonhomme après décapage avec décapant Frans Bonhomme : voir tarif 741 sur lequel sont indiquées les quantités nécessaires.

Pour les tubes à joint, **assemblage impératif avec lubrifiant** : voir tarif 741 sur lequel sont indiquées les quantités nécessaires.

Mires limnimétriques MIST

Les mires limnimétriques MIST, de fabrication française, sont réalisées en tôle émaillée. Elles présentent une bonne résistance à la corrosion mais ne doivent pas être soumises à des chocs.

Elles sont livrées en éléments de 1 mètre divisés en centimètres et chiffrés tous les décimètres. La lecture est facile grâce à la différence de taille entre le chiffre des m et celui des dm.

L'émaillage est réalisé en noir sur fond blanc.

Chaque élément, de largeur 13 cm et de poids 1,45 kg, comporte 6 trous de fixation ø 9mm et une cambrure de 8 mm sur les côtés.

Les éléments de longueur 1 m sont disponibles avec les chiffrations suivantes (grand(s) chiffre(s) m; petit chiffre(dm) :

Rét	Chiffration	Rét	Chiffration
950.801	00 à 09 m	950.809	80 à 89 m
950.802	10 à 19 m	950.810	90 à 99 m
950.803	20 à 29 m	950.811	100 à 109 m
950.804	30 à 39 m	950.812	110 à 119 m
950.805	40 à 49 m	950.813	120 à 129 m
950.806	50 à 59 m	950.814	130 à 139 m
950.807	60 à 69 m	950.815	140 à 149 m
950.808	70 à 79 m	950.816	150 à 159 m

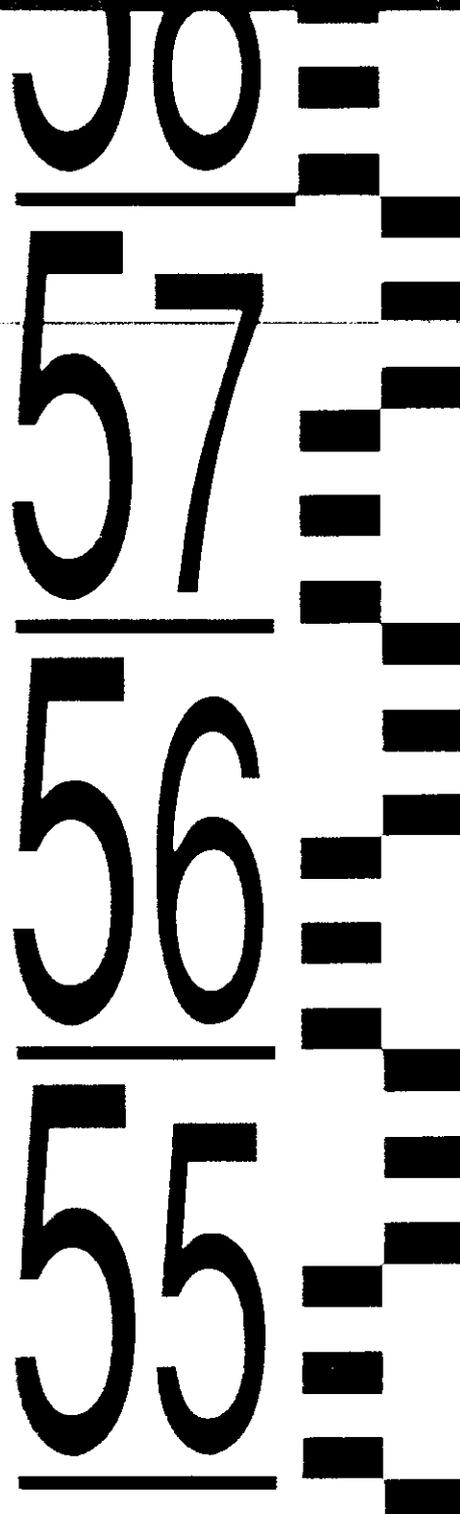
950.819 : élément négatif gradué en rouge, de bas en haut, 20 à 19.

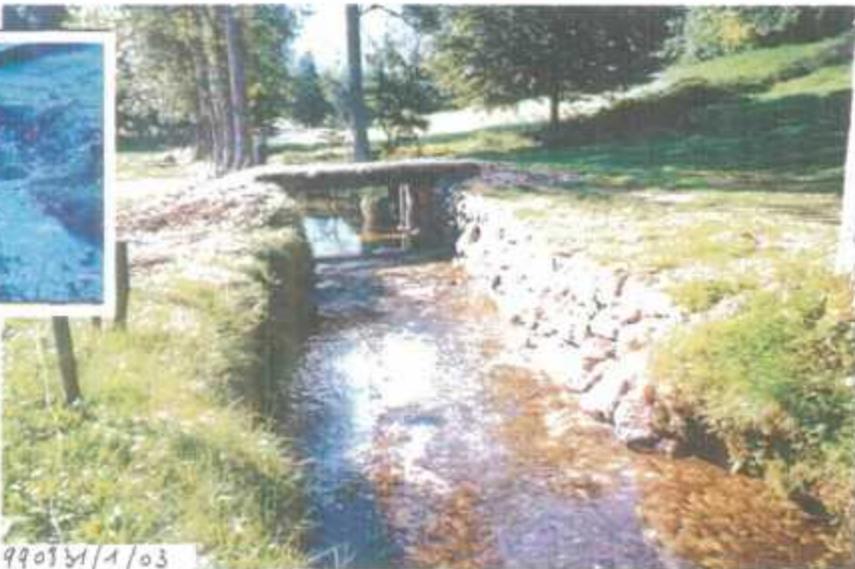
950.820 : élément négatif gradué en rouge, de bas en haut, 10 à 01.

950.817 : graduation, longueur ou couleur spéciales, schéma coté à nous remettre.

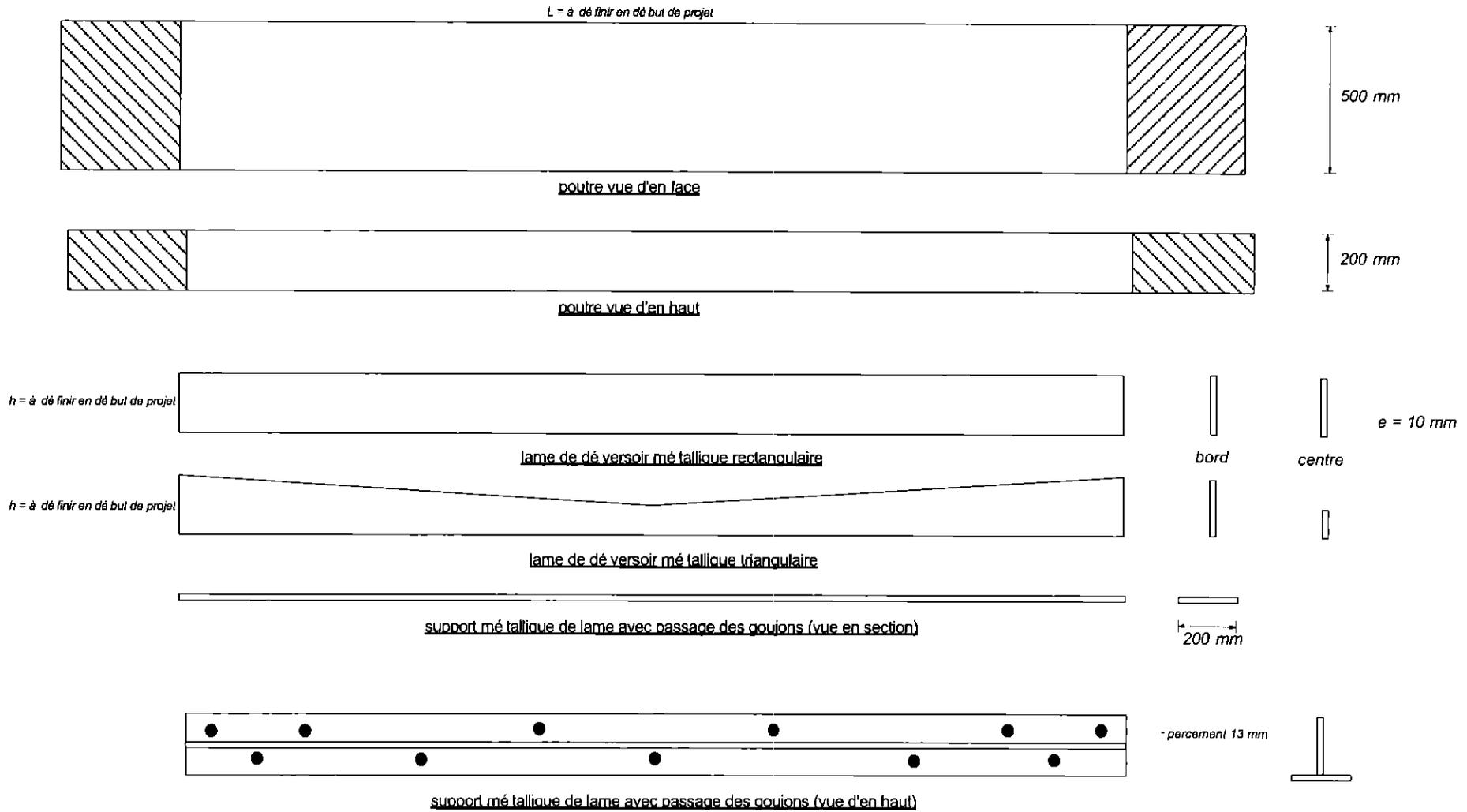
À la commande, il convient de préciser la composition exacte des éléments désirés et de se référer aux numéros de référence figurant ci-dessus.

OTT FRANCE
 174 rue de la République
 92817 PUTEAUX CEDEX
 Tél : 41.45.02.45
 Fax : 41.45.02.50

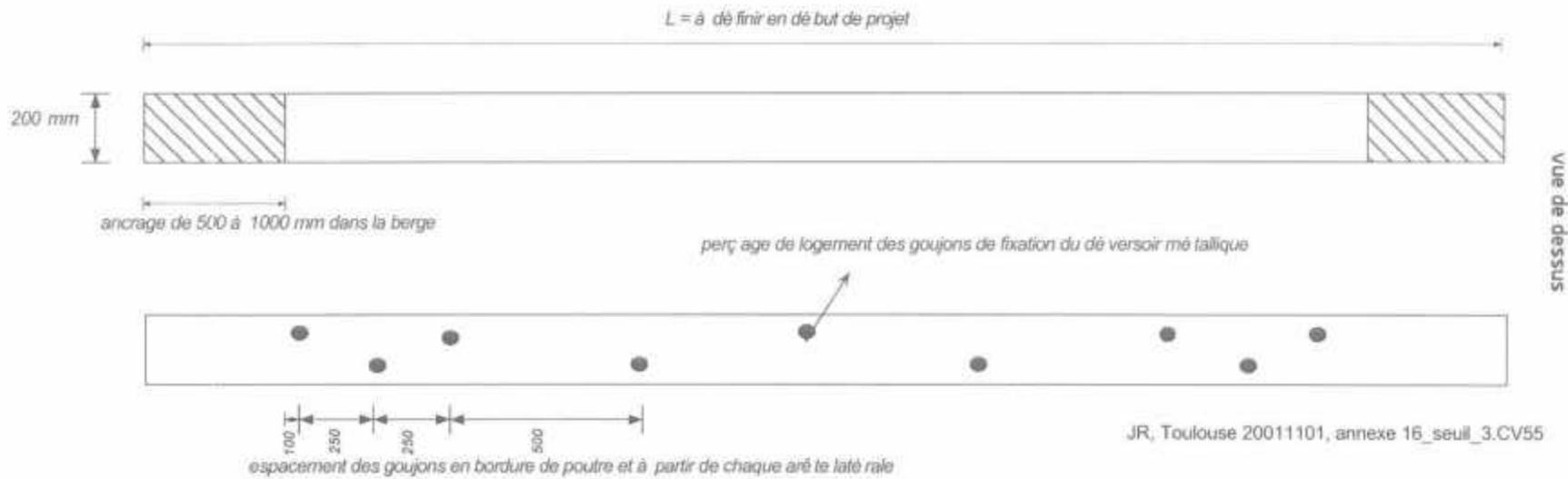




Principe de composition d'un déversoir



Guide Pratique
 Conception et construction de stations de jaugeages et de stations pié zométriques
 Coupe d'un seuil installé dans un cours d'eau
 Consigne d'installation d'un dé versoir



JR, Toulouse 20011101, annexe 16_seuil_3.CV55

Réalisation d'un Seuil dans le flux du cours d'eau



Poutre en béton pré contraint pour réalisation d'un Seuil

Déversoir métallique goujonné sur le seuil

Etat initial du ruisseau, largeur # 6m



Terrassement du lit en écoulement pour mise en place de la poutre



Mise en place de la poutre



Contrôle sous l'eau de l'horizontalité de la poutre



Cimentation de la poutre sous l'eau avec ciment spécial



SEUIL



Réalisation d'un Seuil dans le lit sec du cours d'eau
par pompage à 450 m³/h : Goueil-di-Her, Arbas (31)



Sections latérales

Le ruisseau du blagour de Souillac en crue
Rôle des sections latérales lorsque le seuil est noyé



Sections latérales sur berges abruptes.



Avant travaux



Après travaux



Parafouille pentu



Parafouille peu pentu



Parafouille très peu pentu

20-1 Mise en place de l'aplomb des colliers de suspension de la colonne de mesure.



1 : collier à visser 8mm sur tige fileté e 8mm vissé e sur cheville 8mm sans fond

2 : opérateur mettant à l'aplomb les colliers

3 : colonne de mesure en attente

20-2 Mise en place de la colonne de mesure sur les colliers



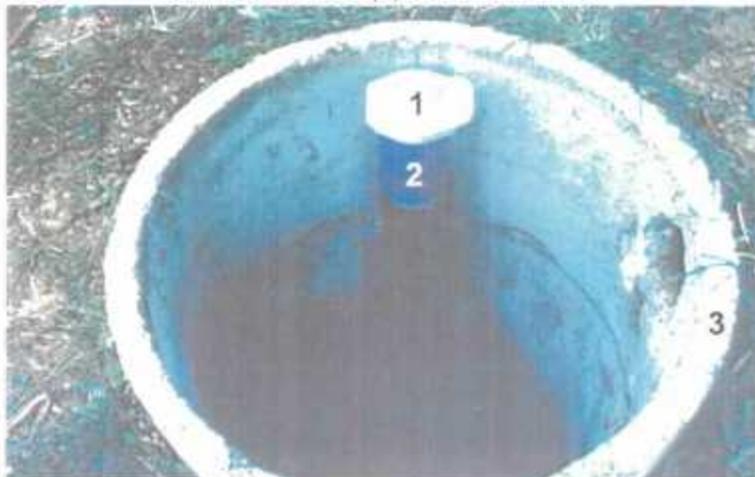
1 : manchon collé avec filetage "gaz" pour vissage d'un obturateur

2 : manchon de raccordement ou tulpage avec épaulement vers le bas

3 : échelle spéciale de travail dans les puits

4 : repère de nivellement

20-3 Colonne de mesure équipée d'un obturateur 5"

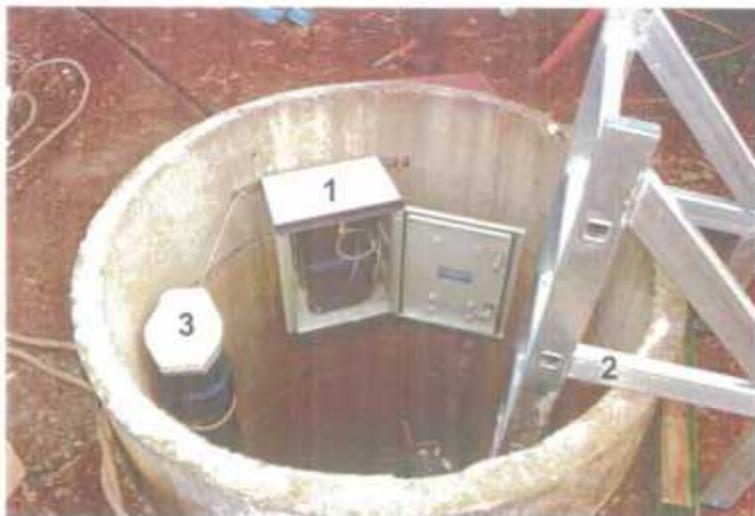


1 : obturateur en fonte de 5"

2 : manchon fileté

3 : puits de 1 m de diamètre

21-1 Puits équipé



- 1 : logement de la centrale de communication et des batteries électriques
- 2 : échelle de travail le long du puits
- 3 : logement de la centrale de mesure

21-2 Pose d'une connexion téléphonique



- 1 : logement de la connexion téléphonique

Station piézométrique en fonctionnement en cours de transfert local de données par un opérateur lors d'une tournée de contrôle

21-3



- 1 : appareil enregistreur des mesures
- 2 : obturateur 5"
- 3 : transfert des données par port infra-rouge
- 4 : repère de mesure