

Compte-rendu de recherches n°3 BVRE de Draix

Coordination : Maurice Meunier



Compte-rendu de recherches n° 3 BVRE de Draix

Coordination : Maurice Meunier



GROUPEMENT DE GRENOBLE
BP 76 - 38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex
Tél. : 76 76 27 27 - Fax : 76 51 38 03

Photo de couverture (Didier Richard) : Site des bassins versants représentatifs expérimentaux de Draix

Compte-rendu de recherches n°3 BVRE de Draix - Coordination : Maurice Meunier - © Cemagref 1995, 1^{re} édition. ISBN 2-85362-417-X, ISSN 1258-276X. Dépôt légal 3^e trimestre 1995. Collection *Études* du Cemagref, série *Equipements pour l'eau et l'environnement n° 21*, dirigée par Rémy Pochat, chef du département - Impression et façonnage : Imprimerie Louis Jean, BP 87, 05003 Gap - Édition et diffusion : Cemagref Dicova, BP 22, 92162 Antony Cedex, tél. (1) 40 96 61 21 et Cemagref Grenoble, division Protection contre les érosions, BP 76 - 38402 Saint-Martin-d'Hères Cedex, tél. 76 76 27 27. Diffusion aux libraires : TEC et DOC, 14, rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, tél. (1) 47 40 67 00 - Prix : 249 F TTC

Le Cemagref, institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement, est un établissement public sous la tutelle des ministères chargés de la Recherche et de l'Agriculture.

Ses équipes conçoivent des méthodes et des outils pour l'action publique en faveur de l'agriculture et de l'environnement. Leur maîtrise des sciences et techniques de l'ingénieur contribue à la mutation des activités liées à l'agriculture, à l'agro-alimentaire et à l'environnement.

La recherche du Cemagref concerne les **eaux continentales**, ainsi que les **milieux terrestres** et **l'agriculture**. Elle a pour objectif d'élaborer des méthodes et des outils d'une part de **gestion intégrée** des milieux, d'autre part de conception et d'exploitation d'**équipements**.

Les équipes, qui rassemblent un millier de personnes réparties sur le territoire national, sont organisées en **quatre départements scientifiques** :

- Gestion des milieux aquatiques
- Équipements pour l'eau et l'environnement
- Gestion des territoires
- Équipements agricoles et alimentaires

Les recherches du département *Équipements pour l'eau et l'environnement* s'orientent vers :

- l'ingénierie et la prévention des risques naturels en montagne,
- l'ingénierie et la sécurité des barrages et des ouvrages hydrauliques,
- la maîtrise et la gestion des déchets,
- les techniques et la gestion de l'irrigation et du drainage,
- les techniques et la gestion d'équipements publics pour l'eau et les déchets,
- l'ingénierie des interactions eau-matériaux-ouvrages.

Résumé

Créés dans les années 83-84, les bassins versants expérimentaux de Draix - Le Brusquet ont pour principale caractéristique la mesure du transport solide dans des conditions de forte torrencialité. Situés sur des terrains marneux des Alpes du sud-est de la France, ils permettent des travaux de recherche sur des sujets très variés, qui portent sur l'étude des phénomènes physiques (crues, transport solide, érosion, etc ...), et celle des phénomènes biologiques (revégétalisation, dynamique de la végétation en période de déprise agricole, etc ...), thèmes auxquels il faut ajouter les recherches en instruments de mesure adaptés aux conditions particulièrement difficiles qu'on y rencontre.

Les deux premiers comptes rendus de recherche (1987, 1989) traduisaient de manière incomplète le large éventail de recherches conduites sur Draix ; ce troisième compte rendu est au contraire très représentatif puisqu'il regroupe 14 communications qui ont été rassemblées selon les 5 thèmes suivants : instrumentation (5), hydrologie (2), érosion physique et chimique (4), hydraulique torrentielle (1) et génie biologique (3).

Abstract

The Draix - Le Brusquet experimental research basins were created in the years 83-84. Measurements mainly concern solid transport under severe torrential conditions. Situated in the marly country of south eastern French Alps, various kinds of studies are carried out, from physical phenomena (floods, solid transport, erosion, etc ...) to biological (rehabilitation, vegetal dynamics after agriculture abandonment, etc ...). In addition, specific measuring systems for mountainous conditions are devised.

The two first research reports (1987, 1989) did not render this variety of research fields as does the present one which provides 14 reports distributed in 5 different topics : instrumentation (5), hydrology (2), physical and chemical erosion (4), stream hydraulic (1) and biological engineering (3).

Sommaire général

Introduction 7

Instrumentation

L'Ellan, un limnigraphe adapté aux mesures J.E OLIVIER - J.C. PEBAY PEYROULA ..13
en conditions difficiles

Caractérisation des matières en suspension N. MATHYS25
Mise au point d'une méthode rapide d'estimation
des concentrations des prélèvements

Matériel de mesure de matières en suspension : J.E. OLIVIER - M. JUGE..... 43
préleveur d'échantillon et capteur de pression
différentielle. Test et étalonnage en canal

Mesure in situ de la concentration des matières L. BERGOUGNOUX - J.L. FIRPO..... 63
en-suspension : mise au point d'une sonde optique
J. MISGUICH-RIPAULT - J. ANDRE
J.P. CAMBON - N. MATHYS
J.E. OLIVIER

Mesure du débit solide des écoulements G. MEYER - M. MEUNIER..... 79
hyperconcentrés en matériaux fins par une jauge
à absorption du rayonnement gamma
J.E. OLIVIER

Hydrologie

Modèle débit-durée-fréquence et conceptualisation G. GALEA - C. PRUDHOMME..... 97
d'un hydrogramme de crue synthétique : validation
sur le bassin versant représentatif expérimental de Draix

La forêt de montagne : un remède aux crues F. COMBES - A. HURAND..... 113
M. MEUNIER

Erosion

Panorama synthétique des mesures d'érosion effectuées sur trois bassins du site expérimental de Draix	M. MEUNIER - N. MATHYS J.P. CAMBON	125
Erosion de badlands dans les Alpes du sud. Synthèse	S. BROCHOT - M. MEUNIER	141
Erosion and sediment transport under simulated rainfall on steep marly hillslopes, Draix	D.J. OOSTWOUW WIJDENES P. ERGENZINGER	175
Contribution à l'étude des mécanismes et bilans de l'érosion chimique des "Terres Noires" du bassin de la Durance. Exemple des BVRE de Draix	J.P. SIMONNET P. RICHY C. PARRON	189

Hydraulique torrentielle

Modèle hydrosédimentologique des écoulements hyperconcentrés d'un petit torrent des Alpes du sud	A.L. BORGES S. BROCHOT - M. MEUNIER	203
--	--	-----

Génie biologique

Le matériel végétal : un outil pour la protection des sols	Y. CROSAZ	225
Expérimentation de végétalisation de marnes noires par hydrosemis à Draix	M. GOUEFFON H. MATHELIN	237
Les régosols du bassin du Brusquet : sensibilité à l'érosion et facteurs de la pédogenèse. Synthèse des travaux réalisés	D. VALLAURI	243

Introduction

Situés dans les Alpes du sud-est de la France, les bassins versants expérimentaux de Draix - Le Brusquet, ont été sélectionnés pour l'étude des processus érosifs en montagne et celle des moyens de protection correspondants. Ils sont gérés par la division protection contre les érosions du Cemagref de Grenoble, la division ouvrages hydrauliques et équipements pour l'irrigation du Cemagref d'Aix-en-Provence et le service de restauration des terrains en montagne des Alpes-de-Haute-Provence. Les bassins étant situés sur des marnes du callovo-oxfordien très érodables, l'érosion, et par conséquent les transports solides y sont particulièrement importants : les valeurs d'ablation sont supérieures à 10 000 t/km².an : si les installations comprennent classiquement des mesures de pluie et de débit liquide, il y a aussi et surtout des appareils de mesure du transport solide desquels on déduit les valeurs d'érosion au niveau événementiel. Situés en zone de montagne méditerranéenne, les bassins subissent l'agression d'hivers rudes et de pluies intenses. En conséquence, instrumenter correctement le projet a nécessité de nombreux développements dont il a été partiellement rendu compte dans les premier et deuxième comptes rendus de recherche et dans un symposium de l'Association Internationale d'Hydrologie Scientifique¹ ; on en trouvera encore la manifestation dans la première partie du présent compte rendu de recherche consacrée aux projets d'instrumentation qu'il a fallu conduire pour améliorer les mesures sur les bassins versants, tant sur la partie limnigraphie que sur le volet mesure des transports solides.

Quatre petits bassins versants ont été équipés d'instruments de mesure. Pour une information plus détaillée, on se reportera à la notice descriptive des bassins (Cemagref-ONF-RTM, 1988). On trouvera aussi des présentations plus sommaires dans certains articles de ce compte rendu de recherche. Les deux grands bassins (d'une taille avoisinant le km²) sont fortement différenciés par le taux de végétation (le Laval est très peu végétalisé, le Brusquet beaucoup), ce qui permet de quantifier les effets d'un boisement sur l'érosion et le ruissellement à une échelle d'espace significative. Un autre bassin (la Roubine) de taille très réduite (de l'ordre de 1 000 m²) est quasi complètement dénudé et constitue à ce titre l'unité morphologique de base pour l'étude des processus de ruissellement et d'érosion ; il représente l'échelle spatiale immédiatement supérieure à celle des parcelles d'érosion classiques en érosion agricole ou sur des versants de bassins naturels et a sur elles l'avantage d'être un "vrai" bassin versant. Le quatrième et dernier bassin, celui du Moulin, largement dénudé lui aussi, est d'une taille intermédiaire et permet l'étude de l'évolution de l'érosion en fonction de la taille du bassin, par comparaison avec les résultats des mesures obtenues sur le petit et le grand bassin.

¹CAMBON J.P., MATHYS N., MEUNIER M., OLIVIER J.E., 1990 "Mesures des débits solides et liquides sur des bassins versants de montagne". Symposium : Hydrology in Mountainous Regions. Lausanne. AIHS Publ. n° 194, 231-238.

Sur le plan scientifique, les premiers résultats sont évidemment donnés par les valeurs obtenues pour l'érosion de ce type de substrat, inconnu avant ce projet, et qui sont de grand intérêt pour le sud-est de la France (et notamment le bassin de la Durance) mais aussi pour toutes les zones marneuses méditerranéennes. On a fait figurer ici la synthèse de ces résultats, après un peu moins d'une dizaine d'années de mesures ; mais on trouvera aussi les résultats des études des phénomènes érosifs et de ruissellement qui ont été conduites à partir de ces données ou directement sur le terrain : étude de la dynamique interne des phénomènes (par simulation de pluie ou de ruissellement), modèles statistiques de l'érosion, modèle hydrosédimentologique des transports solides, érosion chimique, etc ...

L'intérêt des bassins versants de Draix comme laboratoire de terrain ne se limite pas à l'étude fine des mécanismes de l'érosion et du ruissellement ; ils permettent d'améliorer les outils existant en matière de protection contre les risques torrentiels : en hydrologie de crue par exemple où les données sur les très petits bassins de montagne manquent cruellement, en hydrologie forestière aussi par la comparaison des résultats entre le Laval et le Brusquet. On en trouvera les premiers signes dans les articles consacrés à l'hydrologie. Les bassins versants expérimentaux de Draix permettent enfin des expérimentations sur la possibilité de végétaliser des terrains aussi minéraux que des Terres Noires, sur la nature du matériel végétal le plus adapté à cette tâche. Ils sont un endroit privilégié pour étudier la dynamique de la végétation naturelle ou implantée et effectuer des comparaisons pédologiques entre sols de même nature lithologique avec ou sans transformation par un couvert végétal sur une longue période.

Le présent compte rendu de recherche est le troisième du nom. Les sommaires des deux premiers étant indiqués dans la bibliographie ci-après, on pourra constater par comparaison que les bassins versants de Draix se sont véritablement ouverts aux aspects pluridisciplinaires qu'ils autorisent puisque coexistent des articles ou rapports traitant d'instrumentation, d'hydrologie, d'érosion mécanique ou chimique, de dynamique des transports solides ou des processus érosifs, et aussi de génie biologique relatif à du matériel herbacé ou arboré.

Enfin, la liste des travaux effectués sur le site de Draix, l'accueil des équipes universitaires régionales, nationales et européennes et l'intégration des bassins versants dans deux projets européens (EROSLOPE et DM2E) témoignent de son intérêt pour tous les chercheurs en instrumentation, hydrologie, érosion et transport solide ; on ne peut donc qu'espérer pour lui un avenir encore plus fructueux.

Que les rédacteurs des articles présentés dans ce compte rendu de recherche soient vivement remerciés pour leur contribution ainsi que Louise JUVY qui a eu la lourde charge de la frappe, de la mise en page et de l'harmonisation des présentations.

J.P. FEUVRIER

Chef de division protection contre les érosions

Bibliographie

Brochure de présentation

Les bassins versants expérimentaux de Draix. Etude et mesure de l'érosion. Présentation et synthèse. Cemagref Grenoble et Aix-en-Provence, Service ONF-RTM Digne, 38 p.

Sommaire des précédents comptes rendus de recherche édités par le Cemagref de Grenoble

Compte rendu de recherche n° 1, 1987, 105 pages

- *Obtention des mesures*
- *Les résultats acquis depuis le début du projet jusqu'à fin 86.*
- *Etude des écoulements très chargés.*
- *Quelques éléments sur la géomorphologie et les processus érosifs observés dans le bassin du Laval.*

Compte rendu de recherche n° 2, 1989, 113 pages

- *Utilisation de méthodes topographiques pour la mesure de l'érosion et comparaison avec des mesures de transport solide.*
- *Mesure et interprétation du processus d'érosion dans les marnes des Alpes du sud à l'échelle de la petite ravine.*
- *Un modèle d'érosion et d'altération des marnes et le problème du gonflement de la couche d'altération.*
- *Etude de canaux jaugeurs sur modèle réduit. Détermination de la courbe de tarage d'un canal triangulaire de pente 4 %.*

Liste des travaux postérieurs à 1990 effectués sur le site des BVRE de Draix - Le Brusquet

Thèses

BORGES (A.L.), 1993 - *Modélisation de l'érosion sur deux bassins versants expérimentaux des Alpes du sud.* Cemagref P.E. Thèse de l'Université Joseph Fourier. Grenoble. 205 p. + tab., fig.

PHAN (T.S.H.), 1993 - *Propriétés physiques et caractéristiques géotechniques des Terres Noires du sud-est de la France.* IRIGM. Thèse de l'Université Joseph Fourier. Grenoble. 246 p.

Etude

BROCHOT (S.), 1993 - *Erosion de badlands dans le système Durance - Etang de Berre.* Cemagref P.E. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. 269 p. + cartes.

Diplômes d'études approfondies

LAROCHE (H.), 1991 - *Les sols sur matériaux d'altération et d'érosion dérivés des Marnes Noires (Toarcien-Aalénien) d'un bassin versant reboisé dans les Alpes du sud (Le Brusquet)*. Université Joseph Fourier. DEA Géographie, écologie et aménagement des montagnes. Cemagref P.E. 101 p.

RICHY (P.), 1992 - *Contribution à l'étude des mécanismes et bilans de l'érosion chimique des Terres Noires du bassin de la Durance. Exemple des BVRE de Draix*. Mémoire de DEA. Université d'Aix-Marseille III.

CAZAUX (P.L.), 1993 - *Transport solide en torrent : Etude théorique et expérimentale de la dispersion d'échantillons*. Université Joseph Fourier. DEA : Mécanique des Milieux géophysiques et Environnement. Cemagref P.E. 36 p. + annexes (106 p.).

Mémoires

GRITZBACH (H.), 1992 - *Modélisation du comportement pluie-débit sur le bassin versant expérimental Le Brusquet dans les Alpes-de-Haute-Provence*. Université de Munich - Cemagref P.E. 40 p.

SCHUBETZER (C.), 1992 - *Représentativité des bassins versants expérimentaux de Draix par rapport au bassin versant de la Durance*. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires - Cemagref P.E. 31 p. + annexes + cartes.

BUTTAFUOCO (G.), 1993 - *Bilan de la production d'érosion des marnes noires dans le bassin versant du Brusquet*. Institut d'Ecologie et d'Hydrologie Forestière de Castiglione - Cemagref P.E. 20 p. + fig.

LEYDET (J.C.), 1993 - *Acquisition de la composition chimique des eaux de la Durance : altération expérimentale des Terres Noires de la région de Digne*. Mémoire d'initiation à la recherche. Université d'Aix-Marseille III.

SARTORE (L.), 1993 - *Etude des stations de deux bassins versants caractérisés par une différente réponse à l'érosion hydrique (le Brusquet et le Moulin, bassin de Draix, Alpes-de-Haute-Provence)*. 84 p. ENITA de Clermont-Ferrand / Université d'agronomie de Turin.

SECKEL (K.), 1993 - *Etude de la méthodologie de mesure de la dynamique du transport solide dans les biefs du torrent du Laval (BVRE de Draix) à l'aide de traceurs naturels et magnétiques*. Université de Karlsruhe - Cemagref - P.E. 46 p. + annexes (texte français), 71 p. + annexes (en allemand).

VERITE (F.), 1993 - *Hydrologie des bassins versants méditerranéens. Calage de modèles déterministes pluie-débit à partir des caractéristiques des bassins versants*. Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg - Cemagref - P.E. 119 p.

CONTRERAS (G.), 1994 - *Analyse et interprétation des mesures de pluie, de débit, d'érosion sur le bassin versant du Moulin (BVRE de Draix, Alpes du sud)*. Ecole Nationale des Travaux Publics d'Etat - Cemagref P.E. 48 p. + annexes.

MARIN (A.J.), 1994 - *Erosione et trasporto di sedimenti intensi in un torrente delle alpi di Provenza*. Università degli studi di Padova. Cemagref P.E., Mémoire de bourse Erasmus. 100 p. + annexes (en italien).

SAUTENET (C.), 1994 - *Comportement hydrologique et érosif de bassins versants méditerranéens*. Ecole Supérieure de Géologie de Nancy - Cemagref P.E. 90 p.

I n s t r u m e n t a t i o n

L'Ellan, un limnigraphe adapté aux mesures en conditions difficiles	13
Jean-Emmanuel OLIVIER ; Jean-Claude PEBAY PEYROULA	
Caractérisation des matières en suspension. Mise au point d'une méthode rapide d'estimation des concentrations des prélèvements	25
Nicolle MATHYS ; Maurice MEUNIER	
Matériel de mesure de matières en suspension : préleveur d'échantillon et capteur de pression différentielle - Test et étalonnage en canal	43
Jean-Emmanuel OLIVIER ; Michel JUGE	
Mesure in situ de la concentration des matières en suspension : mise au point d'une sonde optique.....	63
Laurence BERGOUGNOUX ; Jacqueline MISGUICH-RIPAULT ; Jean-Luc FIRPO ; Jacques ANDRE ; Jean-Pierre CAMBON ; Nicolle MATHYS ; Jean-Emmanuel OLIVIER	
Mesure du débit solide des écoulements hyperconcentrés en matériaux fins par une jauge à absorption du rayonnement gamma.....	79
Gérard MEYER ; Maurice MEUNIER ; Jean-Emmanuel OLIVIER	

L'Ellan, un limnigraphe adapté aux mesures en conditions difficiles

Jean-Emmanuel OLIVIER

Cemagref, division protection contre les érosions, 2 rue de la Papeterie, BP 76, 38402 St-Martin-d'Hères Cedex, France

Jean-Claude PEBAY PEYROULA

Laboratoire de spectrométrie physique, UFR de physique, Université Joseph Fourier, rue de la Houille Blanche, BP 53X, 38041 Grenoble Cedex, France

Introduction

La division protection contre les érosions du Cemagref de Grenoble exploite depuis 1983 des bassins versants représentatifs et expérimentaux situés à proximité de Digne (Alpes-de-Haute-Provence) à Draix. Ces bassins (actuellement au nombre de cinq) d'une taille variant entre 0,1 et 100 ha, sont localisés dans des faciès de marnes noires très fortement érodables. Les transports solides sont importants (# 100 t/ha/an) et les conditions climatiques assez rudes (altitude de 800 à 1200 m, glace l'hiver, sécheresse estivale entrecoupée de violents orages).

Les mesures effectuées concernent les pluies et les débits liquides et solides.

Si la mesure de la pluie ne pose pas de problèmes particuliers, il en va tout autrement pour les transports solides (ce qui était attendu) mais aussi pour les débits liquides.

Les stations de mesures types sont composées, d'amont vers l'aval, d'une plage de dépôt qui arrête les éléments grossiers du transport solide et permet leur mesure globale, tout en protégeant les installations à l'aval, et de la station de mesures des débits et matières en suspension. La mesure des débits consiste à mesurer la hauteur d'eau, soit dans un canal auto-jaugeur (type Parshall), soit à l'amont d'un déversoir triangulaire pour le plus petit bassin. C'est à ce niveau que sont mesurées les matières en suspension, dont la concentration peut atteindre 500 g/l lors des fortes crues.

Les visites sur site sont quasi hebdomadaires, c'est à ce moment que sont effectués la collecte des données et le réglage éventuel des appareils.

Les écoulements à mesurer ont les caractéristiques suivantes :

- les débits de base sont très faibles, voire inexistantes en été et les canaux ne permettent pas d'en faire une mesure très précise ; de plus les transports solides qui sont le centre d'intérêt principal du projet sont quasi inexistantes, en dehors des crues ;
- les crues sont en général très brèves, quelques heures et violentes. Les montées de niveau sont très rapides, jusqu'à 1 m en 5 mn et les transports solides importants.

Ces caractéristiques particulières, dans le domaine de la limnimétrie, soumettent le matériel à un certain nombre de contraintes : abrasion et corrosion (l'eau contient des sulfates qui attaquent le béton), colmatage des puits et des tuyauteries.

A ces contraintes, dues aux écoulements, s'ajoutent celles liées au climat, en particulier le froid hivernal et le gel. On a observé des extrêmes de - 15 °C à - 30 °C et jusqu'à 70 cm de glace dans les canaux.

Le matériel utilisé pour la limnimétrie doit supporter ces contraintes. On va donc lui demander à la fois d'être robuste, d'un coût modéré, d'être fidèle et de permettre une précision de mesures de l'ordre du cm, suffisante dans le domaine de l'étude.

Les limnigraphes installés à Draix sont des appareils du commerce utilisés couramment pour les mesures en rivières, sélectionnés au départ en fonction de leur réputation de robustesse ou de leurs performances dans les eaux chargées.

Nous allons passer rapidement en revue les problèmes rencontrés avec ces matériels, avant de décrire l'Ellan qui a été mis au point en tenant compte des contraintes liées à la mesure dans les torrents de montagne.

1 - Problèmes posés par les appareils classiques

1.1 - Les appareils à flotteurs

C'est le système le plus classique en hydrométrie pour l'enregistrement des niveaux.

1.1.1 - Principe

Un flotteur métallique est posé sur socle au fond d'un puits. La base du puits communique avec le cours d'eau. Le flotteur est relié à un contrepoids par un câble qui passe sur une poulie. Quand l'eau monte dans le puits, le flotteur est soulevé et la poulie tourne. En comptant le nombre de tours de la poulie, on connaît le déplacement du flotteur, donc du niveau d'eau (figure 1).

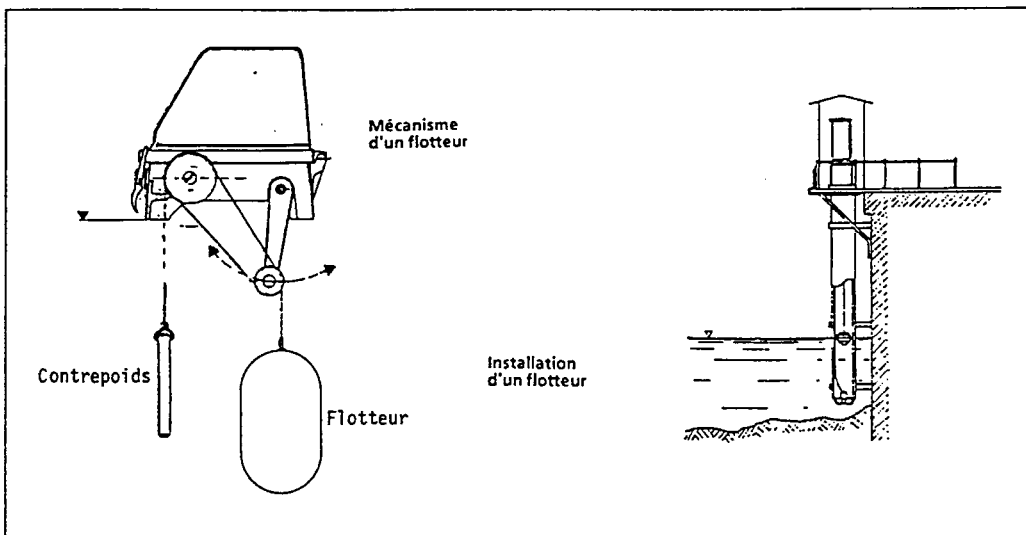


Figure 1 : Appareil à flotteur

Ce type d'appareil est en général robuste et fiable, il possède une certaine inertie, ce qui atténue les petites variations liées au batillage, mais peut aussi aplatis légèrement les pointes de crues rapides comme à Draix.

Les améliorations technologiques ont porté essentiellement sur le guidage du câble et la diminution du glissement sur la poulie, avec éventuellement une roue à picot et un ruban perforé à la place du câble.

Le montage d'un potentiomètre sur l'axe de la poulie permet d'obtenir un signal analogique avec un enregistreur de données à mémoire. L'installation est relativement lourde à cause du puits et du respect de la verticalité de l'ensemble, le flotteur ne devant, à aucun moment, frotter contre la paroi du puits.

1.1.2 - Problèmes rencontrés

Le plus courant est le colmatage du puits par les sédiments. Le flotteur se trouve alors posé au-dessus de son socle, parfois de travers, ce qui a pour conséquences :

- de diminuer la gamme de mesures ;
- de provoquer des à-coups et parfois une perte de verticalité lorsqu'il est à nouveau soulevé ;
- de nécessiter un nettoyage régulier du puits, pas toujours aisé sur le terrain.

Le deuxième problème est lié au gel qui bloque le flotteur à l'intérieur du puits. Les conséquences sont du même type que précédemment lorsque la crue survient alors que l'intérieur du puits est encore gelé.

La qualité des mesures est altérée de la même façon dans les deux cas (figures 2 et 3).

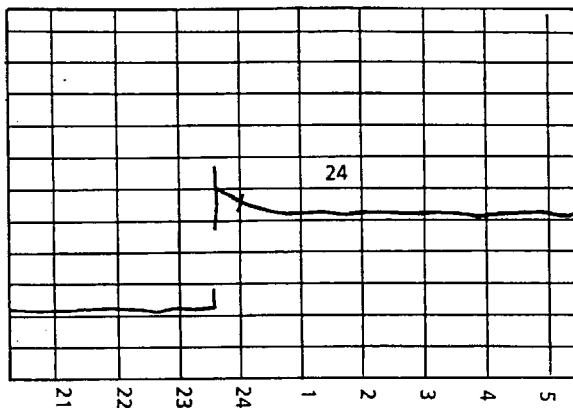


Figure 2 : Le flotteur jaillit hors de sa gangue de boue

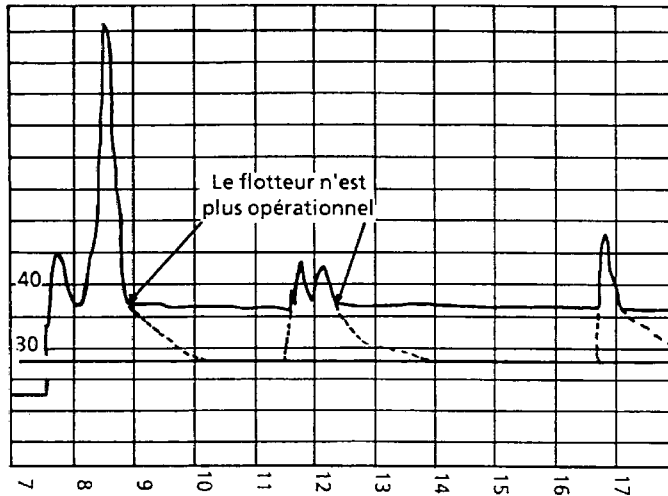


Figure 3 : Le flotteur se pose sur les dépôts. Les décrues ne sont pas enregistrées

Pratiquement, dans ces conditions le flotteur ne fonctionne plus que comme une échelle à maximum

Sur le site de Draix il en reste deux. Un qui n'est utilisé que pour les maxima, le deuxième sur le plus petit bassin (0,1 ha) où les problèmes de sédimentation sont moins marqués.

1.2 - Les appareils à pression

- Les appareils à injection d'air dits : bulle à bulle.

1.2.1 - Principe de fonctionnement

Une bouteille d'air comprimé alimente, à pression et débit constants, une tuyauterie étanche dont l'extrémité débouche dans le cours d'eau. Le débit d'air est réglable et un capteur enregistre la pression nécessaire pour que les bulles d'air s'échappent ; cette pression représente la hauteur d'eau qui surplombe l'extrémité du tuyau.

La seule contrainte d'installation est d'éviter que la tuyauterie ne comporte des boucles ou des points bas qui provoquent de la condensation.

Il existe un dispositif de purge manuelle du tuyau.

1.2.2 - Problèmes rencontrés

Le problème principal est le bouchage du tube :

- bouchage total de la tuyauterie par le gel en hiver et plus rarement par des transports solides. Ces bouchages, en plus de la perte d'informations, provoquent des décalages de l'appareil. Actuellement, ces appareils sont mis hors service en hiver. Il peut arriver alors de rater les premières crues de printemps.
- bouchage partiel, souvent en décrue, qui se traduit au niveau de l'enregistrement par une série d'oscillations. Ces oscillations peuvent arriver à saturer la mémoire de l'enregistreur, donc provoquent une lacune de mesures jusqu'au prochain passage sur le site.

En résumé : les principaux reproches adressés à ce type de matériel sont :

- incertitudes importantes sur les données ;
- apparition de faux débits donc plus ou moins de données à traiter, et important travail de critique des données (figure 4).
- Les capteurs piézométriques : une courte période d'essais d'un appareil de ce type à fait apparaître le même genre de problèmes qu'avec les bulles à bulles.

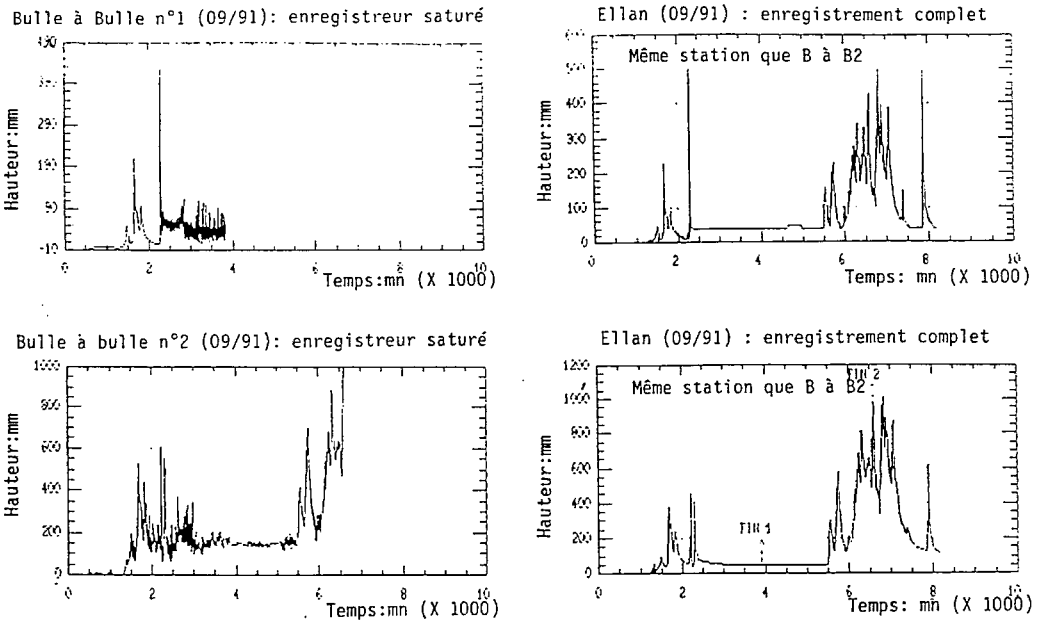


Figure 4 : Bulle à bulle : oscillations et saturation de mémoire

1.3 - Les capteurs à ultrason

1.3.1 - Principe

Le principe consiste à émettre un train d'impulsions ultrasonores et de mesurer le temps jusqu'à réception d'un écho.

Connaissant la vitesse du son dans le milieu traversé on en déduit la distance parcourue.

En hydrométrie on trouve deux familles principales : les ultrasons immergés qui captent la réflexion sur l'interface eau-air et les ultrasons aériens qui captent la réflexion sur l'interface air-eau. Seul le deuxième type est utilisé à Draix, le premier étant extrêmement sensible aux transports solides.

La vitesse du son dans l'air dépend principalement de sa température. La mesure de celle-ci se fait en général à l'aide d'un thermomètre incorporé au support du capteur.

Les capteurs utilisés actuellement sont gérés à partir de la centrale d'acquisition qui fournit l'alimentation et déclenche les cycles de mesures.

La mesure est gérée par un algorithme dont les fonctions sont :

- de déclencher un cycle de mesures (cinq dans notre cas) ;
- de comparer les valeurs obtenues et d'attribuer un label de qualité suivant l'écart-type calculé (ce label n'est pas enregistré, il n'est accessible qu'en mode conversationnel avec l'enregistreur) ;
- de faire les calculs permettant de connaître la distance d'après le temps de parcours et la température estimée ;
- de comparer le résultat avec le résultat du cycle précédent et de pondérer éventuellement la puissance d'émission ou d'initier un nouveau cycle de mesures.

1.3.2 - Principaux problèmes rencontrés

La mesure de températures est peu représentative de celle de l'air sur le trajet, en particulier les jours ensoleillés. Conséquences : le calage de l'appareil est délicat, la mesure enregistrée en période sèche (donc à niveau constant) fluctue suivant un cycle de 24 h.

La mise au point d'un algorithme de gestion de puissance satisfaisant. Suivant la pondération affectée à partir de la mesure précédente, le comportement du système change : soit la mesure est précise mais dérive lentement, ce qui amène des pertes d'écho, soit la précision diminue et les oscillations sont plus marquées.

La précision peut aussi être altérée par la résonance du support (portiques métalliques) et oblige à soigner particulièrement l'installation du capteur. En particulier le montage ne doit pas être trop rigide.

En résumé malgré des avantages importants (pas de contacts avec le liquide, échelle de mesures importante), les systèmes à ultrasons aériens manquent de mise au point pour être complètement satisfaisants (figure 5).