



Association Rivière
Rhône Alpes

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques

**Journée technique d'information et d'échanges
Vendredi 9 mars 2007 à Pont-en-Royans (38)**

Avec le soutien de :

RhôneAlpes Région


agence
de l'eau
rhône méditerranée & corse

LISTE DES PARTICIPANTS

	NOM	FUNCTION	ORGANISME	VILLE	TEL	MAIL
1	Luiza ALZATE	Chargée de mission GMA	Conseil Régional Rhône Alpes - Direction Environnement et Énergie	69751 CHARBONNIERES LES BAINS	04 72 59 50 06	lazate@rhonealpes.fr
2	Raphaël ANDRE	Technicien supérieur	Communauté Urbaine du Grand Lyon	69700 LOIRE SUR RHONE	06 08 88 60 28	andre_raphael@yahoo.fr
3	Jean-Pierre ARGOU	Technicien de rivière	Conseil Général 73 - SATERCE	73000 CHAMBERY	04 79 96 44 29	jean-pierre.argoud@cg73.fr
4	Jérôme ARMAND			07220 ST MONTAN	04 75 52 58 95	jerome.armand7@wanadoo.fr
5	Virginie AUGERAUD	Chargée de mission contrat d'actions	Syndicat Mixte d'Aménagement du Bassin de la Bourbre	38110 LA TOUR DU PIN	04 74 83 34 55	virginie.augeraud@bassin-bourbre.fr
6	Yan BAILLY	Technicien de rivière	Syndicat Mixte Milieux Aquatiques et Rivières	11150 VILLEPINTE	04 68 94 22 96	siyah.fresquel@wanadoo.fr
7	Céline BALMAIN	Chargée d'études	Agence Valorisation Espaces Naturels Isérois Remarquables	38000 GRENOBLE	04 76 48 24 49	cbalmain.avenir@free.fr
8	Mickaël BARBE	Technicien de rivière	Syndicat de Rivières Brévenne-Turdine	69592 L'ARBRESLE Cedex	04 74 01 68 90	mickael.barbe@cegetel.net
9	Marie BERTHELOT	Technicienne rivière	Syndicat Mixte de Restauration des Rivières de la Plaine de l'Arrière	09100 PALMIERS	05 61 68 53 18	sytrpa@wanadoo.fr
10	Céline BEZIAT		Direction Départementale de l'Agriculture et la Forêt de la Drôme	26021 VALENCE	04 75 82 50 50	celine.beziat@agriculture.gouv.fr
11	Julien BIGUÉ	Animateur réseau professionnel	Association Rivière Rhône Alpes	38000 GRENOBLE	06 89 37 01 99	riviere.rhone.alpes@free.fr
12	Martin BOISSIER	Consultant	INTERMEDE	38680 ST ANDRÉ EN ROYANS	04 76 64 20 16	mb.intermede@orange.fr
13	Yannick BOISSIEUX	Stagiaire	Syndicat Mixte des Territoires de Chalaronne	01400 CHATILLON / CHALARONNE	04 74 55 20 47	territoire.chalaronne@tiscali.fr
14	Fabien BORDON	Chargé de mission rivière	Syndicat du Pays de Maurienne	73303 ST JEAN DE MAURIENNE	04 79 64 12 48	sprnriverie@wanadoo.fr
15	Charles BRUN	Chargé d'étude	CPGF Horizon Centre Est	38300 BOURGOIN JALLIEU	04 74 18 32 47	cbrun@cpfg-horizon-ce.com
16	Betty CACHOT	Chargée de mission contrat de rivières	Syndicat de Rivières Brévenne-Turdine	69592 L'ARBRESLE Cedex	04 74 01 68 86	b.cachot@cc-pays-arbresle.fr
17	Hervé CALTRAN	Directeur adjoint service environnement	Conseil Général du Jura	39039 LONS LE SAUNIER	03 84 87 34 95	hcaltran@cg39.fr
18	Richard CARRET	Technicien de rivière	Communauté de Communes Rhône Valloire	26140 ALBON	04 75 03 05 36	rcarret-ccrv@cg26.fr
19	Julien CHAPIER	Chargé de mission rivière	Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Bassin de l'Herbasse	26260 ST DONAT SUR HERBASSE	04 75 45 14 54	siachb-chapier@pays-herbasse.com
20	Bernard CHASTAN	Ingénieur hydraulique fluviale	CEMAGREF	69336 LYON cedex 09	04 72 20 87 87	chastan@lyon.cemagref.fr
21	Perrine CHAUVIN	Recherche d'emploi		38660 LA TERRASSE	06 89 17 12 31	chauvin_perrine@hotmail.com
22	Camille CHOTARD	Stagiaire	Communauté de Communes Rhône Valloire	26140 ALBON	04 75 03 05 36	rcarret-ccrv@cg26.fr
23	Luc COLLANGE	Technicien de rivière	Conseil Général du Var	83076 TOULON	04 94 18 96 52	lcollange@cg83.fr
24	Philippe COMBE	Chargé d'études	DDE de l'Ain - Service Risques et Prévention	01000 BOURG EN BRESSE	04 74 45 62 48	philippe.combe@equipement.gouv.fr
25	Joseph DE BENEDETTIS	Responsable contrôles - digues - barrages	Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt - MISE 38	38040 GRENOBLE CEDEX 09	04 76 33 45 46	joseph.de-benedettis@agriculture.gouv.fr
26	Fabrice DECAMP		Direction Départementale de l'Agriculture et la Forêt de la Drôme	26021 VALENCE	04 75 82 50 50	fabrice.decamp@agriculture.gouv.fr
27	Arnaud DELAJOU	Directeur / ingénieur	SIVU du Foron du Chablais Genevois	74240 GAILLARD	04 50 87 13 48	sifor@wanadoo.fr
28	Fabien DEVIDAL	Animateur contrat de vallée	Syndicat Mixte Saône et Doubs	69823 BELLEVILLE CEDEX	04 74 06 42 04	fabien.devidal@smesd.com
29	Sébastien DEVIDAL	Recherche d'emploi		38500 SAINT CASSIEN	06 64 12 41 98	sebastien.devidal@yahoo.fr
30	Guillaume DRAMAIS	Technicien en métrologie environnementale	CEMAGREF	69336 LYON cedex 09	04 72 20 87 87	dramais@lyon.cemagref.fr
31	Alain DUPLAN	Technicien de rivière	SIVU du Bassin Versant de la Basse Vallée de l'Ain	01150 BLYES	04 74 61 98 21	sbva-aduplan@wanadoo.fr
32	Cécile DUSSARDIER	Stagiaire	Association Développement Aquaculture et Pêche en Rhône-Alpes	69366 LYON CEDEX 09	04 72 72 49 66	t.gadenne@adapra.org
33	Emmanuelle FAURE	Chargée de mission gestion de l'eau	Parc Naturel Régional du Livradois Forez	63880 ST GERVAIS SOUS MEYMONT	04 73 95 57 57	e.faure@parc-livradois-forez.org
34	Béatrice FEL	Technicienne Sup. "Rivières"	CG 74 - Service Environnement	74041 ANNECY	04 50 33 58 89	beatrice.tel@cg74.fr
35	Lisiane FERMOND-VARNET		Direction Départementale de l'Agriculture et la Forêt de la Drôme	26021 VALENCE	04 75 82 50 50	lisiane.fermond@agriculture.gouv.fr
36	Sylvain FERRETTI	Chef de l'entité de la Dynamique de l'eau	État de Genève	1219 AIRE (SUISSE)	04 72 325 13 30	sylvain.ferretti@etat.ge.ch
37	Claire FLOURY	Chargée d'études inondations	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse	69363 LYON Cedex 07	04 72 71 29 47	claire.floury@eurumc.fr
38	Karine FOREST	Technicienne eau	Conseil Régional Rhône Alpes - Direction Environnement et Énergie	69751 CHARBONNIERES LES BAINS	04 72 59 44 79	kforest@rhonealpes.fr
39	Yann FOUCARD	Chargé de mission contrat de rivières	Communauté de Communes du Genevois	74160 ARCHAMPS	04 50 95 92 68	yfoucard@cc-genevois.fr
40	Sébastien FOULARD	Directeur	BARHYS	69290 CRAPONNE	06 67 79 05 16	contact@bathys.fr
41	Jean-Noël FOURCADE	Chargé de mission SAGE	Syndicat Mixte Gestion et Protection Camargue gardoise	30044 NIMES Cedex 09	04 66 73 52 05	fourcade@camarguegardoise.com
42	Elisabeth GALLIEN	Chargée de mission SAGE	Syndicat Mixte d'Aménagement du Bassin de la Bourbre	38110 LA TOUR DU PIN	04 74 83 34 55	elisabeth.gallien@bassin-bourbre.fr
43	Guillaume GILLES	Ingénieur hydraulique	BURGEAP Grenoble	38400 ST-MARTIN-D'HERES	04 76 00 75 54	g.gilles@burgeap.fr
44	Stéphan GIOL	Chargé d'études	SED Ingénierie conseil	69630 CHAPONOST	04 78 45 12 81	s.giol.sed@club-internet.fr
45	Didier GIRARD	Technicien de rivière	Syndicat Interdépartemental d'Aménagement du Guiers et Affluents	38480 PONT DE BEAUVOISIN	04 76 37 26 26	dgirard.siaga@wanadoo.fr
46	Fabrice GONNET	Technicien de rivière	Communauté de Communes du Diois	26150 DIE	04 75 22 47 90	fabrice.gonnet@pays-diois.org
47	Benjamin GRAFF	Chargé d'études	SOGREAH	38130 ÉCHIROLLES	04 76 33 40 00	benjamin.graff@sogreah.fr
48	Gaëlle GRATTARD	Ingénieur agronome - gestion de l'eau		69130 ECULLY	06 76 29 83 41	gaelle-grattard@club-internet.fr
49	Marie-Pénélope GUILLET	Chargée de mission contrat de rivière	Syndicat Mixte des Affluents du Sud-Ouest Lémanique	74550 PERRIGNIER	04 50 72 52 04	guillet.symasol@orange.fr
50	Cécile HOLMAN	Chargée de mission contrat de rivière	Syndicat Intercommunal à Vocation Unique du Lange et de l'Oignin	01108 OYONNAX Cedex	04 74 12 93 68	c.holman@haut-bugey.com
51	Paula JANA VEIGA	Recherche d'emploi		38000 GRENOBLE	06 75 59 17 19	paula_jana_veiga@yahoo.fr
52	Florent LAFONTAINE	Stagiaire	Association Développement Aquaculture et Pêche en Rhône-Alpes	69364 LYON CEDEX 07	04 72 72 49 66	t.gadenne@adapra.org
53	Marie-France LECCIA	Technicienne / Chargée d'étude vacataire	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux - CNRS	69005 LYON	06 81 19 71 61	mlmb@wanadoo.fr
54	Anne LEGAUT	Chargée d'études environnement	Environnement et Paysage	26150 DIE	04 75 22 07 04	enpaysa@wanadoo.fr
55	Agathe LEROUX	Recherche d'emploi		01500 AMBERIEU EN BUGEY	04 74 46 82 94	agathe-leroux@orange.fr
56	Pierre LOISEAU	Technicien de rivière	Communauté de Communes du Genevois	74160 ARCHAMPS	04 50 95 91 42	ploiseau@cc-genevois.fr
57	Mathias LOUIS	Recherche d'emploi		69570 DARDILLY	04 78 19 43 28	mathias.louis@club-internet.fr
58	Bénédict MANGEZ	Ingénieur hydraulicien	GEOPLUS	26304 BOURG DE PÉAGE	04 75 72 80 00	b.mangez@geoplus.fr
59	Govan MARTEL	Technicien de rivière	Syndicat Intercommunal Ardèche Claire	07200 VOGUÉ	04 75 37 82 20	technicien@ardecheclaire.fr
60	Alain MARTINET	Technicien eau et pollutions	Conseil Régional Rhône Alpes - Direction Environnement et Énergie	69751 CHARBONNIERES LES BAINS	04 72 59 51 34	amartinet@rhonealpes.fr
61	Sylvain MASSE	Recherche d'emploi		84860 CADEROUSSÉ	06 03 28 57 33	massesylvain84@yahoo.fr
62	Guillaume MAZARE	Technicien de rivière	Syndicat mixte des milieux aquatiques et des rivières	11855 CARCASSONNE	04 68 79 86 98	guimazare@yahoo.fr
63	Pierre MELIN	Chef de la cellule Risques	Direction Départementale de l'Équipement de l'Isère	38040 GRENOBLE cedex 9	04 76 70 78 56	pierre.melin@equipement.gouv.fr
64	Olivier MESNARD	Technicien de rivière	Syndicat Mixte d'Aménagement du Bassin de la Bourbre	38110 LA TOUR DU PIN	04 74 83 34 55	olivier.mesnard@bassin-bourbre.fr
65	Anne-Isabelle MILLOT	Chargée de mission environnement	Communauté de Communes de Feurs en Forez	42110 FEURS	04 77 28 29 33	milgot_ccff@yahoo.fr
66	Christophe NUBLAT	Technicien aménagement de rivières	Direction Départementale de l'Agriculture et la Forêt de la Drôme	26021 VALENCE	04 75 82 50 59	christophe.nublat@agriculture.gouv.fr
67	Guillaume PASQUIER	Responsable travaux	Agence Valorisation Espaces Naturels Isérois Remarquables	38000 GRENOBLE	04 76 48 76 23	gpasquier.avenir@wanadoo.fr
68	Christophe PETEUIL	Ingénieur hydraulicien	ONF - RTM Isère	38040 GRENOBLE Cedex	04 76 23 41 61	christophe.peteuil@onf.fr
69	Ghislain PONCIN	Animateur	Syndicat Mixte des Territoires de Chalaronne	01400 CHATILLON / CHALARONNE	04 74 55 20 47	territoire.chalaronne@tiscali.fr
70	Guillaume PONSONNAILLE	Technicien de rivière	Syndicat Interdépartemental de Gestion de l'Alagnon et affluents	15500 MASSIAC	04 71 23 07 11	alagnon@wanadoo.fr
71	Alice PROST	Chargée de mission contrat de rivière	Syndicat Mixte des Territoires de Chalaronne	01400 CHATILLON / CHALARONNE	04 74 55 20 47	territoire.chalaronne@tiscali.fr
72	Éveline RAVOUX	Rédacteur	Conseil Général de Savoie - SATERCE	73018 CHAMBERY CEDEX	04 79 96 44 29	evelyne.ravoux@cg73.fr
73	Florence REVOL	Recherche d'emploi		38470 VARACIEUX	06 77 94 52 72	revol.florence@voila.fr
74	Anne-Julia ROLLET	Recherche d'emploi (Étudiante doctorante)		69007 LYON	06 18 42 86 29	ajrollet@yahoo.fr
75	Annie ROY	Étudiante		69100 VILLEURBANNE	06 08 97 18 10	royannie@free.fr
76	Benoît SALIF	Chargé de mission	Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement des Monts du Pilat	42660 MARLHES	04 77 40 01 40	benoit.salif.cpiplpat@wanadoo.fr
77	Céline THICOPE	Chargée de mission SAGE	SIVU du Bassin Versant de la Basse Vallée de l'Ain	01150 BLYES	04 74 61 98 21	sbva-thicope@wanadoo.fr
78	Fanny TROUILLARD	Stagiaire	ONF - RTM Isère	38040 GRENOBLE	06 11 40 37 35	fanny.trouillard@laposte.net
79	Nicolas VALE	Chargé de mission	Association Rivière Rhône Alpes	38250 ST NIZIER DU MOUCHEROTTE	06 65 49 29 55	bd.riviere.ra@free.fr
80	Yvon VOLATIER	Technicien prévention des risques	DDE de l'Ain - Service Risques et Prévention	01000 BOURG EN BRESSE	04 74 50 67 54	yvon.volatier@equipement.gouv.fr

PROGRAMME DE LA JOURNÉE

Contexte : Les structures locales de gestion des milieux aquatiques sont amenées à commanditer des études d'hydraulique fluviale afin de comprendre les écoulements sur leurs bassins versants. Ces investigations aux enjeux forts, requièrent des connaissances techniques et méthodologiques pour pouvoir en assurer la maîtrise d'ouvrage.

Objectif : Permettre les échanges, sur la base d'interventions et de retours d'expériences autour de la conduite d'étude hydraulique et hydrologique. Apporter des éléments de connaissances techniques et conseils méthodologiques. Fournir aux participants les clefs d'écriture d'un cahier des charges permettant d'obtenir, au terme de l'étude, les réponses aux questions posées par la problématique de la maîtrise d'ouvrage.

Public : Techniciens de rivière et chargés de mission des contrats de rivière et des SAGE, techniciens et ingénieurs des collectivités territoriales et des services déconcentrés de l'Etat, commanditaires d'études et bureaux d'études maîtres d'oeuvre, associations et fédérations de pêche, étudiants et chercheurs.

09:00 Accueil des participants

09:30 **Ouverture** : Association Rivière Rhône Alpes

09:45 **Hydrologie** : Benjamin GRAFF - SOGREAH

Les études en hydrologie ; les méthodes, modèles et outils disponibles et leurs limites. Notion d'incertitude, analyse et critique des résultats.

10:45 **Hydraulique des rivières** : Guillaume DRAMAS & Bernard CHASTAN - CEMAGREF

Quelques notions de base. Hydrométrie et acquisition de données en rivière. Les modèles hydrauliques, leurs utilisations, leurs précisions et leurs limites.

12:00 Déjeuner

14:00 **Le point sur les levés de terrain** : Sébastien FOULARD - BATHYS

Les différents types de levé et les différentes méthodes. La définition et la précision des levés, leurs exploitation & rendus, leurs limites.

14:45 **Retour d'expérience** : Alice PROST - Contrat de rivière des territoires de Chalaronne

Suivi de l'étude par le maître d'ouvrage : rédaction du cahier des charges, élaboration du budget, lecture et analyse des offres, processus de validation.

15:45 **Risque inondation** : Pierre MELIN - cellule risque DDE 38

Elaboration des cartes d'aléas. Analyse et prise en compte des enjeux pour la réduction de la vulnérabilité de l'existant dans le cadre de l'élaboration des PPRI.

16:30 **Echanges & débats**

17:00 Fin de la journée

QUI SOMMES NOUS ?

L'Association Rivière Rhône Alpes a été créée le 13 août 1999

Le rôle principal de l'association est l'animation du réseau régional des techniciens et gestionnaires de milieux aquatiques à travers des actions permettant l'échange de connaissances et d'expériences. En 2006 l'association comptait 212 adhérents dont 45 personnes morales (conseils généraux, administrations, syndicats, communautés de communes, parcs naturels, bureaux d'études, universités...)

Les Objectifs : Favoriser la gestion intégrée des milieux aquatiques

L'article 2 des statuts, en exposant les objectifs de l'association, exprime sa vocation : « Favoriser la connaissance et l'échange entre les professionnels intervenant dans le domaine de l'eau. Le véritable enjeu pour tous les adhérents étant celui de l'amélioration de l'état des milieux aquatiques ».

Les Activités de Rivière Rhône Alpes

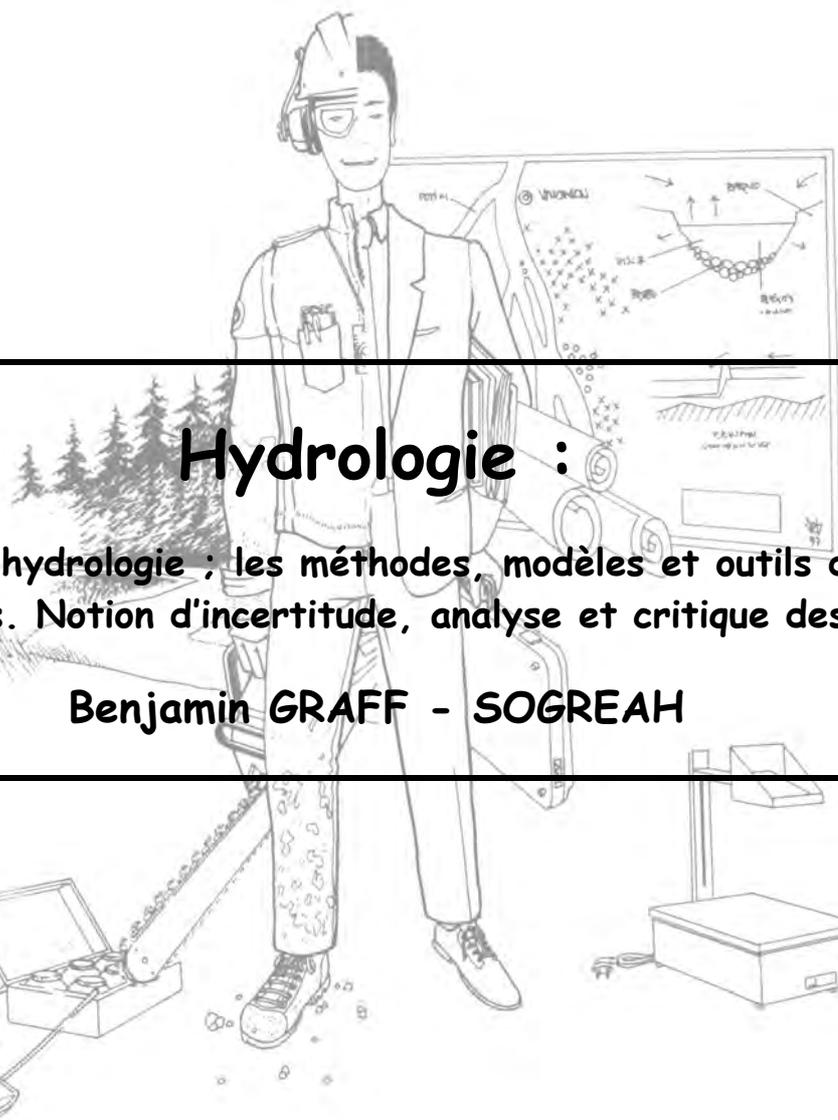
Afin d'assurer l'animation générale du réseau et d'assister les professionnels qui s'investissent dans cette mission, l'association mène les actions suivantes :

- Organisation de journées techniques d'information et d'échanges (thèmes 2002-2006) :
Etudes hydrauliques et hydrologiques > Indicateurs biologiques de la qualité des milieux aquatiques > Agriculture et pollutions diffuses > Restauration physique des cours d'eau > Pédagogie et eau > Travaux post-crues > Hydroélectricité > Espaces de liberté des cours d'eau > Evaluation des procédures de gestion des milieux aquatiques > Zones humides > Conflits et médiation dans le domaine de l'eau > Inondations et PPR > Pollutions accidentelles > Gestion des espèces envahissantes > Gestion de l'eau et participation du public > Gestion des alluvions > Métier de chef d'équipe > Inondations et prévention réglementaire > Gestion des milieux aquatiques > Gestion de crises : la sécheresse > Protection et restauration des berges > Restauration et entretien de la ripisylve > Gestion de crises : les inondations > Eau et aménagement du territoire > Microcentrales > Gestion piscicole > Assainissement non collectif > SDAGE RMC > Gestion des débits d'étiages > SEQ-eau
- Elaboration d'un annuaire professionnel des acteurs et gestionnaires des milieux aquatiques de Rhône-Alpes, rédaction d'un recueil de cahiers des charges études et travaux, constitution d'un Bordereau de Prix Unitaires, édition d'un cahier technique sur le fonctionnement des structures porteuses de procédures contractuelles et sur la communication dans le cadre du volet C des contrats de rivière.
- Animation du site internet : www.riviererhonealpes.org
- Réalisation de plusieurs enquêtes auprès des professionnels des métiers de l'eau travaillant pour les collectivités publiques
- Participation au dispositif formation « Les milieux aquatiques » mis en place par le CNFPT

Les Moyens

Un Conseil d'Administration se réunissant tous les quatre mois, un animateur à temps plein, des membres actifs, des ateliers thématiques...

Des partenaires techniques et financiers : l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, la Région Rhône-Alpes, la DIREN Rhône-Alpes.



Hydrologie :

Les études en hydrologie ; les méthodes, modèles et outils disponibles et leurs limites. Notion d'incertitude, analyse et critique des résultats

Benjamin GRAFF - SOGREAH

Les études en hydrologie
Les méthodes, modèles et outils
disponibles et leurs limites
Notion d'incertitude, analyse et
critique des résultats

Benjamin GRAFF



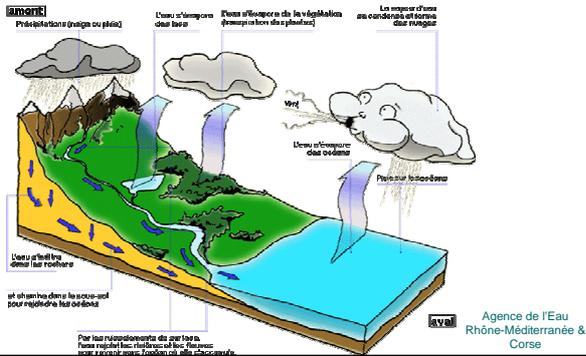
« Il y a autant de méthodes en
hydrologie que d'hydrologues »
Philippe Bois ENSHMG

« Vous pouvez être le plus grand
spécialiste des avalanches,
l'avalanche, elle, ne le sait pas »
Expert suisse des avalanches

• Plan de la présentation

- Rappel du cycle de l'eau et de la réponse hydrologique
- Les types d'études en hydrologie
- Les échelles spatio-temporelles en hydrologie
- Les données hydrologiques
- Présentation de plusieurs modèles hydrologiques
- Exemple d'incertitude pour l'estimation du débit décennal
- Déroulement d'une étude hydrologique

Rappel du cycle de l'eau et de la réponse hydrologique



Rappel du cycle de l'eau et de la réponse hydrologique

The diagrams illustrate different flow components and a hydrograph:

- Surface runoff**: Shows precipitation falling on the surface, infiltrating into the soil, and then flowing back to the surface as runoff.
- Subsurface flow**: Shows water infiltrating into the ground and moving through the subsurface towards a stream.
- Hydrogramme de crue**: A graph of discharge (Débit) vs. time (Temps) showing the peak of a flood event. Labels include: Crue de pluie (rain flood), Crue de neige (snow flood), Écoulement de surface (surface runoff), Écoulement hypodermique (hypodermic runoff), and Écoulement de la nappe (aquifer runoff).

- Principales contributions aux écoulements :
 - écoulement souterrain
 - écoulement de subsurface
 - écoulement de surface

Hydrologie Générale, André Musy, EPFL

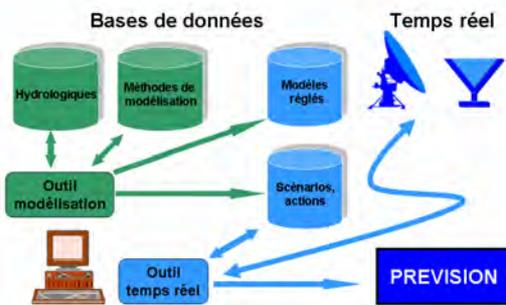
Les études en hydrologie : Prédétermination des débits de crue



Torrent de l'Erabat à Ancizan (7.6 km²)

- Quelles valeurs pour les débits de différentes périodes de retour ?
- Q10, Q100
- Hydrogramme de projet
- Cas des bassins versants non jaugés

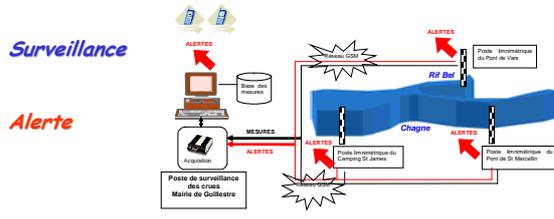
Les études en hydrologie : Surveillance, alerte et prévision



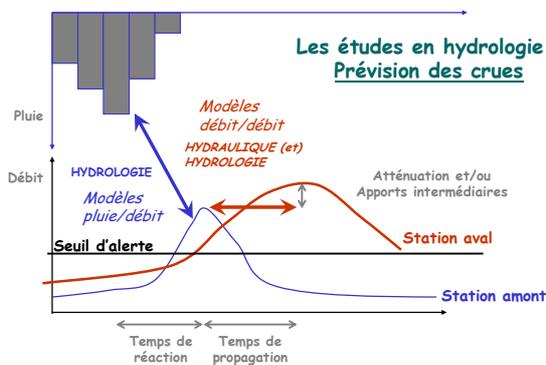
Les études en hydrologie : Systèmes intégrés d'alerte

- Réseau d'information intégré
- Calage des modèles de prévision
- Interface Homme-Machine prévisionniste, services d'intervention

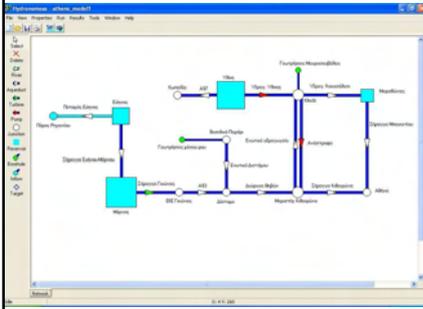
Système de surveillance des crues - Mairie de Guillestre



Les études en hydrologie : Prévision des crues



Les études en hydrologie : Gestion de la ressource en eau



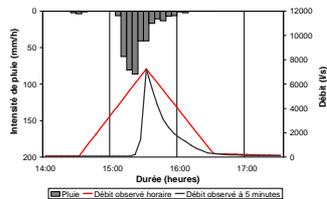
- Prédétermination des débits d'étiage (Module, QMNA5)
- Gestion et allocation de la ressource
- Gestion et aménagement de réseaux

Échelles spatio-temporelles en hydrologie

Echelles spatiales	Méthodes d'analyse	Résultats
1 m ²	Observation, expérimentation	Caractérisation des processus physiques fins
1 à 10 km ²	Utilisation de variables intégratrices des processus physiques	Système hydrologique complet non perturbé par les effets de moyenne à l'exutoire des bassins des processus physiques
100 km ²	Analyse statistique, modélisation conceptuelle	Prédétermination, prévision, gestion de la ressource

- Différentes approches pour différentes échelles
- Différentes problématiques pour différentes échelles
- Différentes données pour différentes échelles

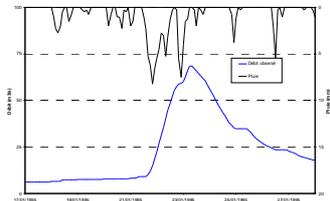
Échelles spatio-temporelles en hydrologie



Crue du 6 juillet 1987
sur le bassin versant de
recherche du Laval
(0.86 km²) :
pas de temps 5 minutes

- A chaque étude son pas de temps
 - Crue : pas de temps fin
 - Ressource : pas de temps plus grossier
- A chaque échelle spatiale son pas de temps

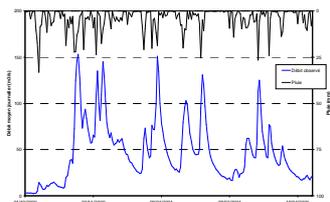
Échelles spatio-temporelles en hydrologie



Crue de janvier 1995
sur le bassin de la
Sèvre Niortaise à Azay
(228 km²) :
pas de temps horaire

- A chaque étude son pas de temps
 - Crue : pas de temps fin
 - Ressource : pas de temps plus grossier
- A chaque échelle spatiale son pas de temps

Échelles spatio-temporelles en hydrologie



La Sèvre Niortaise à
Niort (1000 km²) :
pas de temps journalier

- A chaque étude son pas de temps
 - Crue : pas de temps fin
 - Ressource : pas de temps plus grossier
- A chaque échelle spatiale son pas de temps

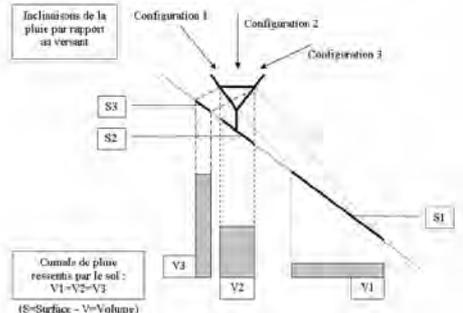
Données en hydrologie

- Pluviométrie
 - Mesure directe (hauteur cumulée) ou indirecte (masse des précipitations, basculement d'augets)
 - Mesure ponctuelle
 - Mesure influencée par le relief, l'environnement, la climatologie...
 - Nécessité de traiter les données pour estimer une pluie de bassin



Pluviomètre de Morne
Bellevue à la Martinique

Données en hydrologie



Données en hydrologie

- Hydrométrie
 - Mesure indirecte des débits
 - Adapter le dispositif à l'objectif de la mesure (amplitude du capteur, emplacement de la station)
 - Transformer la mesure pour obtenir le débit : courbe de tarage



Station de jaugeage du Rimbaud – bassin versant de recherche du Cemagref

Données en hydrologie

- Hydrométrie
 - Mesure indirecte des débits
 - Adapter le dispositif à l'objectif de la mesure (amplitude du capteur, emplacement de la station)
 - Transformer la mesure pour obtenir le débit : courbe de tarage



Station de jaugeage du Rimbaud – bassin versant de recherche du Cemagref : Cruée de septembre 1992

Données en hydrologie

Hydrométrie

- Mesure indirecte des débits
- Adapter le dispositif à l'objectif de la mesure (amplitude du capteur, emplacement de la station)
- Transformer la mesure pour obtenir le débit : courbe de tarage



Station de jaugeage de la Capot à Saut Babin, Martinique

Données en hydrologie



Ravine du Barril à la Réunion (4.4 km²) : tempête tropicale Kylie le 13 mars 1995

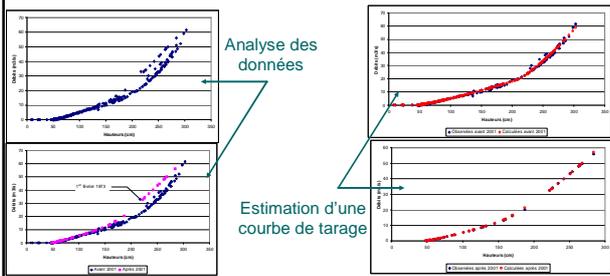
Jaugeages

- Outil de connaissance des débits
- Pas toujours possible !

Données en hydrologie

Hydrométrie : courbe de tarage

- Exemple du bassin versant de l'Autise à Saint Hilaire des Loges (Vendée)



Données en hydrologie

- Les autres données

- Données piézométriques
- Données climatiques :
température, vent,
évapotranspiration,...
- Données historiques
- Données cartographiques
- Observations de terrain
- Témoignages
- Les données disponibles sur
des bassins versants voisins



Bassin versant de recherche du
Mont Lozère le 10 mars 1998

Données en hydrologie

- Les erreurs en hydrométrie s'accumulent :
 - erreurs sur la variable mesurée : turbulence, transport solide, influence du vent sur la pluie,...
 - erreurs liées aux capteurs : dérive du capteur, blocage, capteur emporté, capteur déplacé,...
 - erreurs liées à la transformation de la mesure : courbe de tarage, réétalonnage des augets d'un pluviomètre,...
- S'interroger sur la nature des données, leur provenance et leur mode d'obtention
- La gestion de la donnée est un travail lourd, long et cher...
- ... mais nécessaire !

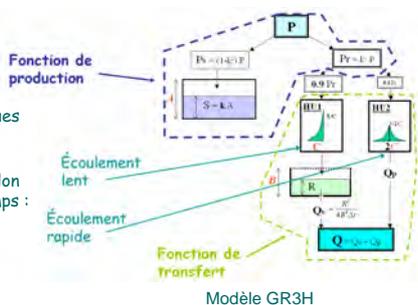
Modélisation en hydrologie

- Qu'est-ce qu'un modèle pluie-débit ?
 - Un outil de calcul permettant de relier une donnée d'entrée (la pluie) à une donnée de sortie (les débits)
- Pourquoi modéliser ?
- Existe-t-il des données pour caler le modèle ?
- Faut-il travailler de manière globale ou spatialisée ?
- Comment choisir un modèle ?
- Avant de modéliser :
 - Que voulez-vous faire ?
 - Que disent les données ?

Un modèle n'est pas neutre...
... l'utilisateur du modèle non plus.

**Modélisation
pluie-débit
conceptuelle :**
exemple modèles
GR Cemagref

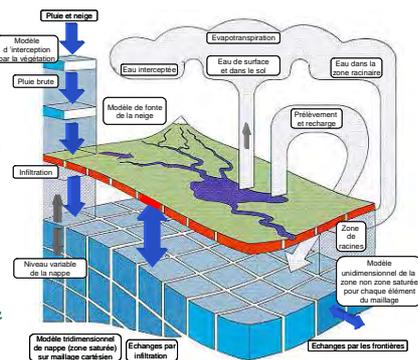
- Modèles hydrologiques du Génie Rural
- Même structure de modèles déclinée selon plusieurs pas de temps : H, J, M
- Prédiction, gestion, prédétermination,...



Modèle GR3H

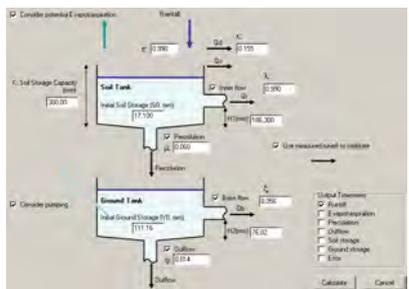
**Modélisation
pluie-débit à
bases physiques :**
exemple Mike She

- Gestion quantitative et qualitative de la ressource
- Simulation des conséquences des changements naturels et anthropiques
- Approche distribuée



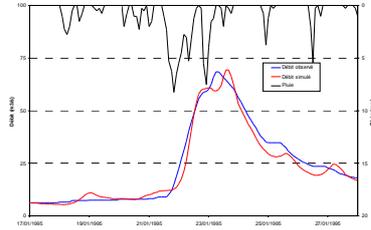
**Modélisation
du bilan
hydrologique :**
exemple ZYGOS

- Bilan entrée-sortie du système hydrologique
- Schématisation du système hydrologique sous la forme de réservoirs
- Prise en compte des prélèvements et des pertes par évapotranspiration



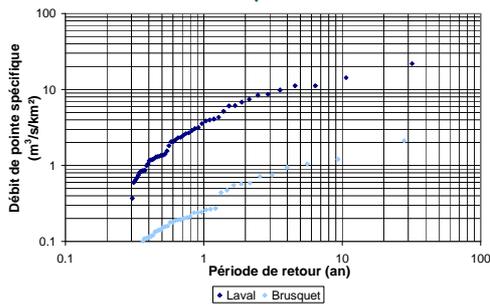
Existe-t-il des données pour caler le modèle ? Calibration / Validation

- Définition de deux échantillons de crues observées
- Calibration : calage automatique ou manuel des paramètres d'un modèle pluie-débit sur les crues de l'échantillon 1
- Validation : test du calage précédent sur les crues de l'échantillon 2



Crue de janvier 1995 sur le bassin de la Sèvre Niortaise à Azay (228 km²) modélisée avec le modèle GR3H

Variabilité des résultats en prédétermination des crues



Exemple de deux bassins versants de recherche du Cemagref (Draix, Alpes de Haute-Provence)

Variabilité des résultats en prédétermination des crues



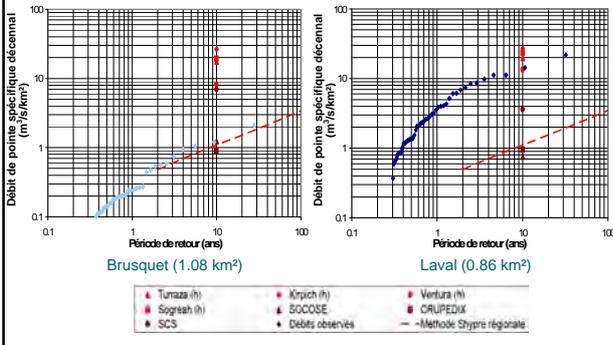
vue du bassin du Brusquet (1.08 km²) :
13 % de terrain nu



vue du bassin du Laval (0.86 km²) :
68 % de terrain nu

Exemple de deux bassins versants de recherche du Cemagref (Draix, Alpes de Haute-Provence)

Variabilité des résultats en prédétermination des crues

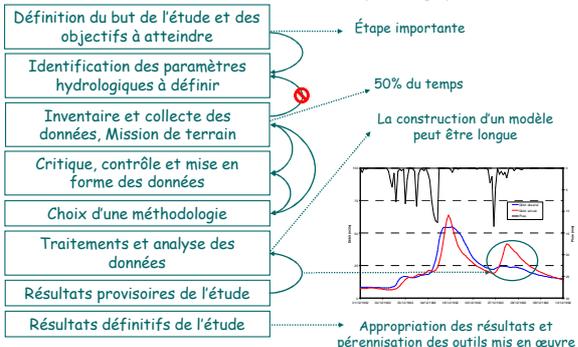


Variabilité des résultats en prédétermination des crues

- Forte variabilité des résultats
- Pourquoi n'utiliser qu'une formule lorsqu'il en existe plusieurs :
 - le coût ?
 - l'habitude ?
 - la crainte d'introduire de la confusion ?
- Si possible revenir aux hypothèses initiales des méthodes
 - difficile pour le temps de concentration
 - exemple de Crupedix (calage sur 630 BV de 1.4 à 52000 km²)

$$QX_{10} = S^{0.8} \times \left(\frac{PJ_{10}}{80} \right)^2 \times R \quad \rightarrow \quad QX_{100} = S^{0.8} \times \left(\frac{PJ_{100}}{80} \right)^2 \times R$$

Déroulement d'une étude hydrologique



Après l'étude...

Résultats définitifs de l'étude

→ Appropriation des résultats et
pérennisation des outils mis en œuvre

- Utiliser les critères existants pour juger la qualité des résultats d'un modèle (Nash, rapports des volumes ou des débits de pointe,...)
- Faire vivre un modèle :
 - intégrer de nouvelles données pour mettre à jour le modèle
 - s'appropriier les outils et la méthodologie
 - maintenir la connaissance des résultats et des outils
 - mettre à jour en fonction des logiciels informatiques
- Ne pas utiliser a priori un modèle en dehors de son domaine de définition ou pour d'autres objectifs
- Le modèle ne doit pas décider à notre place

Quelques références

- Hydrologie Générale, André Musy, EPFL
 - <http://hydram.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre1/main.html>
- Modèles GR du Cemagref
 - <http://www.cemagref.fr/webgr/>
- Publications Hydrologie Cemagref Aix-en-Provence
 - <http://www.aix.cemagref.fr/htmlpub/divisions/oiax/publisoiax.htm>
 - http://www.aix.cemagref.fr/htmlpub/divisions/oiax/puboiax/fichiers/memoire_B6_1.pdf
- Données sur l'eau
 - <http://sandre.eaufrance.fr/>
 - <http://www.hydro.eaufrance.fr/accueil.html>
- Mes coordonnées
 - benjamin.graff@sogreah.fr
 - 04 76 33 41 80



Merci de votre attention



Hydraulique des rivières :

Les techniques de jaugeage des cours d'eau. Les stations de mesure en continu. Critique et qualité des données.

Guillaume DRAMAIS – CEMAGREF

Le Cemagref

Notions d'hydrométrie

eau - territoires - développement durable

UR Hydrologie-Hydraulique

Hydrométrie

- Les techniques de jaugeage des cours d'eau
- Les stations de mesure en continu
- Critique et qualité des données

Le jaugeage – Méthode capacitive

- Principe :
 - Temps de remplissage d'un réservoir de volume connu
 $Q=V/t$
- Personnel & matériel :
 - 2 opérateurs, un chronomètre, un récipient.
- Limites & Recommandations:
 - Conditions d'écoulement adaptées (chute d'eau, buse, aménagement)
 - Mesure des débits faible (0,1 L/s à 30 L/s)
 - Temps de remplissage minimal conseillé 5 s
 - Répéter trois fois l'opération
- Avantages :
 - Simplicité et précision de la mesure
 - Matériel peu coûteux

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Le jaugeage – Méthode par dilution

- Principe :
 - Injection (2 techniques) d'un traceur de concentration connue en un point du cours d'eau, mesure de l'évolution de la concentration dans une section en aval.
- Personnel & Matériel :
 - Au moins deux opérateurs
 - Dispositif d'injection, Décamètre, chronomètre, conductimètre enregistreur (ou flacons)
- Limites & recommandations :
 - Opérateurs expérimentés
 - Estimation de la distance de bon mélange
 - Mesure de petits débits quelques dizaines de L/s (EDF-DTG)
- Avantages :
 - Mesures possibles en cas de turbulences fortes
 - Pas de navigation
 - Précis dans les bonnes conditions d'utilisation

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007

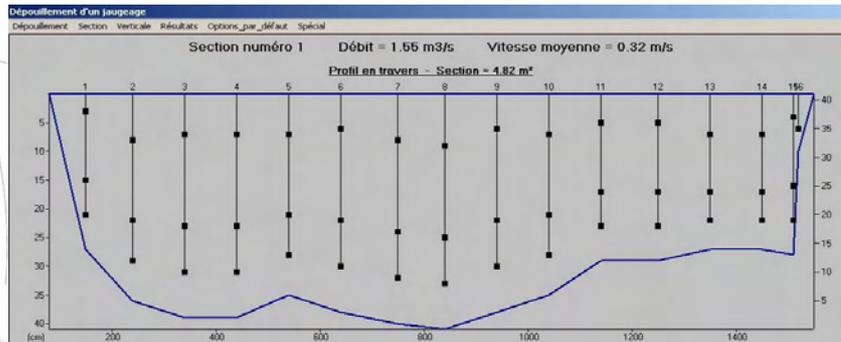


► Méthode par exploration du champ des vitesses

● Principe :

$$Q = \sum_{i=1}^n b_i d_i \bar{v}_i$$

(différentes manières de mesurer les b_i et les d_i , trapèzes, rectangles, Méthode Japonaise)



Logiciel Barême (MEDD)

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



► Outils pour l'exploration du champ des vitesses

- Moulinet : 2 méthodes
 - Intégration (camion jaugeur)
 - Point par point
- Personnel & Matériel :
 - Un capteur + perche + compteur
 - Un décamètre
- Limites & Recommandations :
 - Opérateur expérimenté
 - Pièces mécaniques en mouvement (maintenance, végétation...)

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



► Outils pour l'exploration du champ des vitesses

- Courantomètre électromagnétique

Loi de Faraday

- Limites & recommandations :

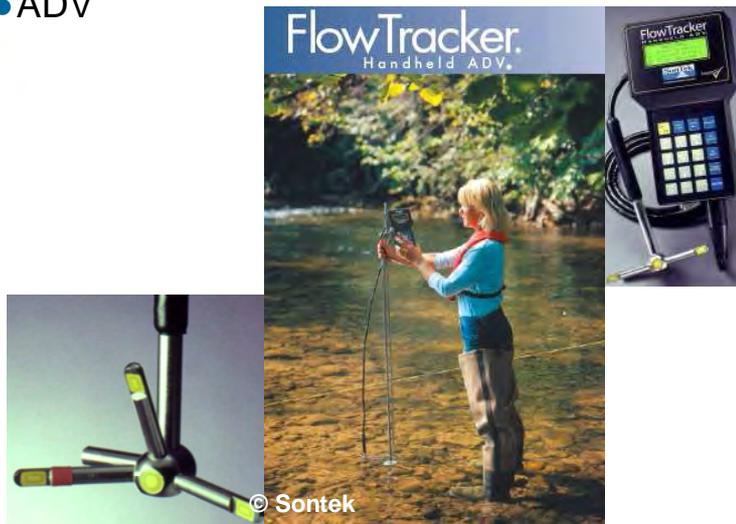
- Travail en faibles profondeurs & faibles vitesses
- Pas de possibilité de faire des mesures par intégration
- Éviter de l'utiliser proche de pièces métalliques et/ou de sources électriques.
- Conductivité $> 5 \mu\text{S}/\text{cm}$

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



► Outils pour l'exploration du champ des vitesses

- ADV

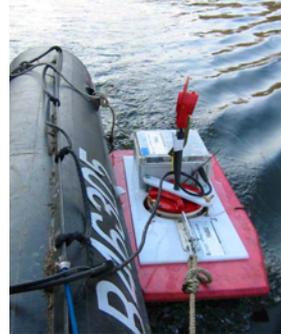
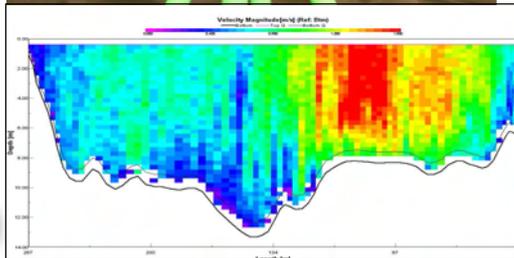
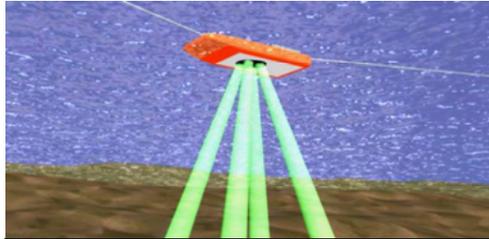


Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



▶ Outils pour l'exploration du champ des vitesses

● ADCP



Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



▶ Méthode par exploration du champ des vitesses

● Mesures sans contact du champ des vitesses de surface

- Flotteurs
- LS-PIV
- Mesures par Radar



Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Méthodes hydrauliques

- Principe :

- Mesure du niveau d'eau
- Estimation du débit par l'utilisation de formules hydrauliques adaptées au site (seuil, orifice, vanne, stations hydrométriques)

- Limites :

- Nécessitent des jaugeages réguliers

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



(Les stations hydrométriques)

- Stations hauteur & vitesse

- Petits cours d'eau
 - Stations Doppler dans des sections calibrées (Cemagref-Rennes)
- Fleuves & Canaux
 - Station ultrasons à temps de transit
 - ADCP-H

Rq: Nécessitent également des jaugeages réguliers

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Les stations hydrométriques

- L'indispensable
 - Un site avec une ou plusieurs sections de contrôle,
 - Une échelle limnimétrique,
 - Un ensemble de capteur + enregistreur de hauteur d'eau ou hauteur/vitesse,
 - Du temps et de la disponibilité pour établir la loi d'étalonnage et faire la maintenance de la station,
 - Un PC portable pour paramétrer, modifier, ou récupérer les données enregistrées,
 - Du temps pour valider les données

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Les stations hydrométriques

- Suivi mensuel



- Surveillance à distance (télétransmission de données, alerte, déclenchement de prélèvement...)

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Les stations hydrométriques

- Choix de section

- Accessibilité
- Tout le débit à mesurer doit passer au droit de la section
- Chenal rectiligne (longueur droite à l'amont doit être 2* la longueur droite à l'aval, *Rq: longueur totale = 3* largeur*)
- Pente uniforme
- Lit et rives stables
- Bonnes conditions d'écoulement (obstacles, végétation, vortex, eau morte...)
- Profondeur suffisante pour la technologie de mesure choisie

Rq : En rivière naturelle le site retenu ne sera jamais idéal.

Pour la mesure de niveau préférer un seuil (pont ou autre) qu'une section « naturelle » plus soumise au changement

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Les stations hydrométriques

- Choix du capteur de hauteur d'eau :

- De nombreuses technologies existent (capteurs de pression, capteurs ultrasons, flotteur, sonde capacitive, vidéo, nilomètre...)

- Données importantes :

- La pleine échelle ou étendue de mesure
- La longueur du câble (coût)
- Le type de signal (analogique: 4-20mA, 0-10V; numérique)
- La dérive
- Les conditions d'utilisation (température!)
- Caractéristiques métrologiques (sensibilité, répétabilité, hystérésis...)

Rq : « Doubler » la mesure en utilisant deux technologies différentes peut permettre une validation plus complète.

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Les stations hydrométriques

- Choix de l'enregistreur
 - De nombreux fournisseurs sur le marché



OTT
HYDROMÉTRIE

PARATRONIC
SURTEENSIONS et MESURES

ALCYR

nivus

HYDROLOGIC



CAMPBELL SCIENTIFIC
CANADA CORP.

hydroemac
matériels auteg

HYDREKA

Eijkelpamp
Hydrometrie

SEBA
HYDROMÉTRIE

- Données importantes
 - Le nombre de voies
 - Type et taille de la mémoire
 - Le logiciel de programmation et d'exploitation
 - Les conditions d'utilisation (température!)
 - La consommation et alimentation électrique (panneaux solaire)
 - Les solutions de télétransmission (RTC, GSM, Radio, Ethernet)
 - S.A.V.

Rq : PLQ 2000 (cahier des charges fonctionnel d'une station d'acquisition de données standardisée et polyvalente)



Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007

Les stations hydrométriques « clés en main »

HydroServices

- Station complète avec sonde de pression : 732 € HT*
- Station complète télétransmise : 1481 € HT*
- Installation, mise en service et formation : 1930 € HT*
(fourniture et pose d'un support pour le capteur et la centrale d'acquisition, tirage du câble d'alimentation, mise en service & frais de déplacements compris)
- Jaugeage pour établissement d'une courbe de tarage
200 €/Jaugeage*

hydroservices@hydroservices.net

* Prix à titre indicatif - Offre valable pour la France Métropolitaine



Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007

Les stations hydrométriques

• Construction d'une courbe de tarage

- Intérêt: Obtenir le débit par une mesure du niveau

$$Q=f(h)$$

Important:

- Disposer de jaugeages raccordés à un niveau d'eau à l'échelle
- Disposer d'informations sur ces jaugeages
- Extrapolations au-delà des valeurs extrêmes jaugées
- Instabilité de la relation (détarage): crue morphogène, travaux, végétation aquatique, embâcles, hystérésis, influence aval...
- Durée de validité

Rq: Préférer une section de contrôle artificielle (seuil en béton)

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007

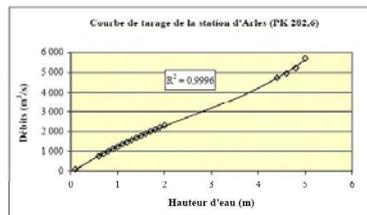


Les stations hydrométriques

• Construction d'une courbe de tarage

- Plusieurs lois possibles suivant les stations (linéaire, polynomiale de degré 2, 3, lois puissances...)
- Basses et hautes eaux

$$y = 38,873x^2 - 285,75x^2 + 1602x - 94,319 \quad \text{avec } x = (H_{\text{mesurée}} - 0,59)$$



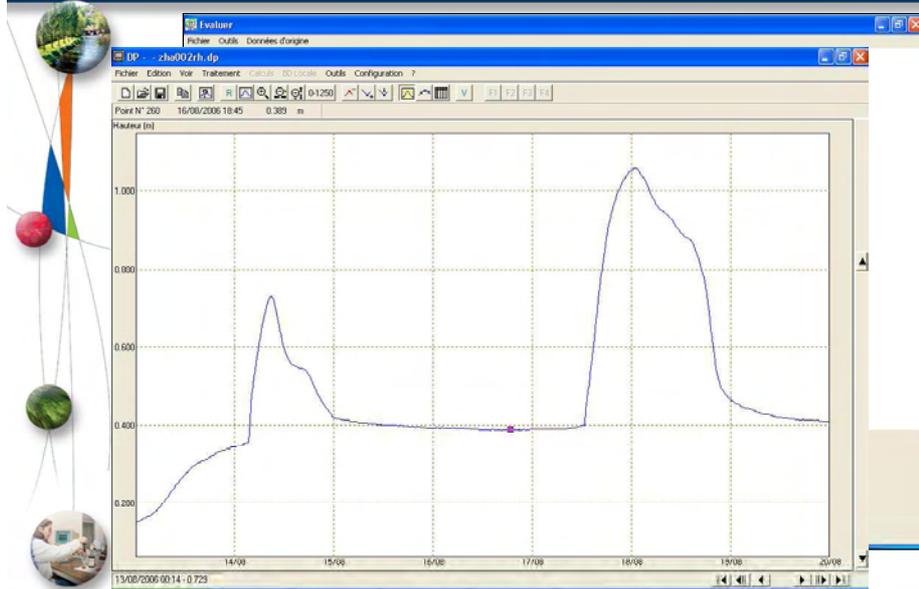
: Courbe de tarage du Rhône établie par la CNR à Arles sur la période 2001-2003

<http://www.mpl.ird.fr/hydrologie/outils/tarage/guide/meth/index.htm>

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Validation de données



Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Validation de données

- Format & Sauvegarde

Sandre - Office International de l'Eau

15, Rue Edouard Chamberland 87065 LIMOGES CEDEX

Tel : 05.55.11.47.90 Fax : 05.55.11.47.48

sandre@sandre.eaufrance.fr

<http://sandre.eaufrance.fr/>

- Banque Hydro

<http://hydro.rnde.tm.fr/>

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Incertitude sur l'estimation du débit

- Pour la méthode par dilution une approche mathématique est possible (3% EDF-DTG)
- Incertitude (hors crues extrêmes) de 5 à 7 %, dans le cas du bon respect du protocole de mesure
- Pour l' ADCP, les premières approches du calcul d'incertitude (CNR tendent vers des valeurs < 5%)
- Incertitude de 10 % pour les mesures avec des flotteurs (Rantz 1982)

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Conclusion

« Le problème de la mesure des débits constitue l'une des plus pénibles incertitudes scientifiques actuelles »

Louis Barbillon, 1909

Cf. Débit du Rhône pour la crue de 2003

Conduite d'études hydrauliques et hydrologiques – 9 Mars 2007



Bibliographie - Hydrométrie



- Charte qualité de l'Hydrométrie « Code de bonnes pratiques », 1998 MEED
<http://publications.ecologie.gouv.fr/spip.php?article145>
 - Guide pratique d'hydrométrie «Application de l'Article « L323-5 » du code rural, MEED, Cemagref
 - Hydrométrie appliquée aux cours d'eau, Michel Audinet. [Ed. Eyrolles], 1995
 - Mesures en hydrologie urbaine et assainissement, J.-L. Bertrand-Krajewski et al. [Ed. Tec&Doc], 2000
 - Manuel d'Hydrométrie, Tome V, Tracé de la courbe de tarage et calcul des débits, G. Jaccon, Editions de l'Orstom, 1987
- + De nombreuses normes sur le sujet
- EN ISO 748 « Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthode par exploration du champs des vitesses »



Hydraulique des rivières :

Quelques notions de base. Les modèles hydrauliques, leurs utilisations, leurs précisions et leurs limites.

Bernard CHASTAN – CEMAGREF

Hydraulique des rivières

Conduite d'études et de travaux visant à :

- l'amélioration des écoulements,
- le dimensionnement d'aménagements
- la gestion de la végétation des berges,
- l'amélioration de l'habitat piscicole,
- la prévention des inondations,
- l'évaluation de l'impact d'ouvrages,
-



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°1

Approche locale



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°2

Approche globale

Bretagne, janvier 2001



7/1/01 - Redon

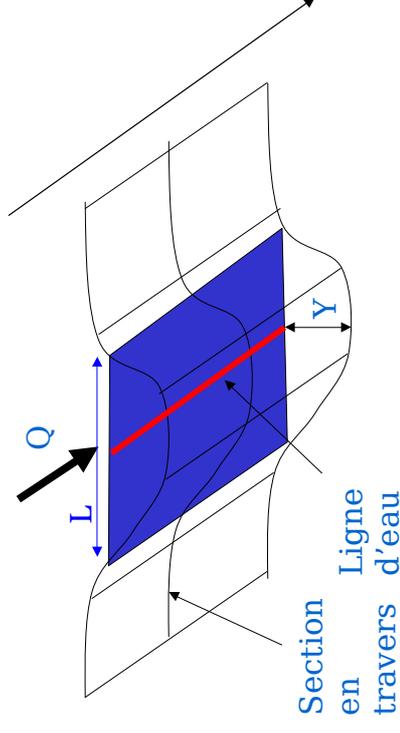
9/1/01 - Redon



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°3

Notions de base

Grandeurs géométriques et hydrauliques



S, Y, i, L, R=S/P

Q, V=Q/S, H, K

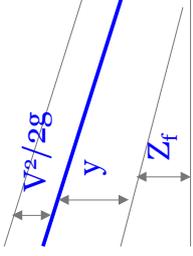


Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°4

Notions de base

Grandeurs géométriques et hydrauliques

$$H = Z_f + y + V^2/2g$$



Nature des parois	K
Béton lisse	75
Canal en terre, enherbé	50
Rivière de plaine large	30
Rivière étroite très végétalisée	<15
Lit majeur en prairie	20-30
Lit majeur en forêt dense	10

Frottement



Notions de base

Charge hydraulique

$$H = Z_f + y + V^2/2g$$

Régime permanent uniforme

$$Q = K.S.R^{2/3} \sqrt{i}$$

En rivière large

$$y = (Q/K.L.\sqrt{i})^{3/5}$$



L'Ain près de la confluence avec laône de « Ricotti »



Différents types d'outils

- Non numériques
 - Hydrogéomorphologie
 - Modèles réduits
- Numériques
 - Abaques
 - Modèles simplifiés
 - Modèles numériques à base physique



Deux critères de choix

- Adéquation entre
 - Objectif visé
 - hypothèses, limitations et résultats attendus de l'outil
- Adéquation entre
 - précision attendue
 - Disponibilité et qualité des données

Ajuster les outils mis en œuvre aux objectifs visés et aux données disponibles

pas d'outil universel



Modèle physique à échelle réduite

- Définition :
 - Un modèle physique est la reproduction d'un système physique (généralement à échelle réduite) de sorte que les forces prépondérantes qui agissent sur le système sont représentées sur le modèle en **proportion convenable** par rapport au système physique lui-même.
- Réduction d'échelle : respect des contraintes de similitudes pour reproduire en proportion convenable
 - les effets de la turbulence (similitude de Reynolds)
 - le régime d'écoulement (similitude de Froude)



Modèle physique à échelle réduite

- Similitude Froude
 - Conservation du régime fluvial ou torrentiel de l'écoulement



$$F = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

- Nombre de Froude $F = \frac{V}{\sqrt{gh}}$
- La similitude de Froude est respectée si : $\frac{F_{(1/E)}}{F_{(1/E)}} = 1$



Modèle physique à échelle réduite

- Contraintes de mise en œuvre :
 - Taille du modèle: plus le facteur d'échelle E est petit, plus le modèle a une grande emprise (éventuellement couvrir le modèle dans un hangar)
 - Limite supérieure de l'échelle : environ $E=125$
 - Métrologie : plus E est grand, plus l'instrumentation va devoir mesurer des quantités et des variations de petite ampleur
 - Problème de perturbation de la mesure : un câble ou une règlette prend facilement la taille d'une pile de pont
- Résultat :
 - Représentation des écoulements avec assez peu de simplification conceptuelle (à part la rugosité)
 - Encore très utilisé pour étudier l'impact d'un ouvrage



Abaques et formules de calcul simplifiées (2)

- Données nécessaires
 - Description simple des écoulements au droit du projet avant aménagement (niveau d'eau, hauteur d'eau moyenne, débit et/ou vitesse moyenne, répartition des débits entre lits mineur et majeurs)
 - Paramétrisation des caractéristiques géométriques du projet (contraction latérale, obstruction relative, coeffs de formes, etc.)
- Résultats attendus :
 - Estimation du niveau ou de la charge à l'amont du projet (== perte de charge ou remous d'exhaussement maximal)
 - Rarement : longueur d'amortissement du remous
- Précision : pas mieux que 1 à 5 cm. On cherche surtout des ordres de grandeur



Abaques et formules de calcul simplifiés (1)

- Principes des abaques
 - Lois empiriques résultant de l'analyse de jeux de données
 - Situations assez simples en général
 - Impact d'un pont (remblais, piles, culées) sur les lignes d'eau
 - Loi de fonctionnement d'un seuil ou d'un orifice
 - Etc.
 - Limites de validité et incertitudes (dispersion des observations / paramètres caractéristiques choisis)
 - Versions informatisées
 - module *Bridges* de HEC-RAS
 - *BW8* de Hydratec (abaques de Bradley)
 - *Remous* du Cemref (abaques et formule de Bérézinski)



Notion de « modèle »

- Modèle mathématique :
 - Équations différentielles ordinaires
 - Équations aux dérivées partielles
 - Équations algébriques
- Code de calcul : résolution des équations
 - Programme indépendant des valeurs des données
 - Méthodes numériques : calcul toujours approché
- Modèle numérique : Code de calcul + Données statiques
 - Spécifique à une situation physique
 - Permet de « jouer » différents scénarios



Notion de « modèle »

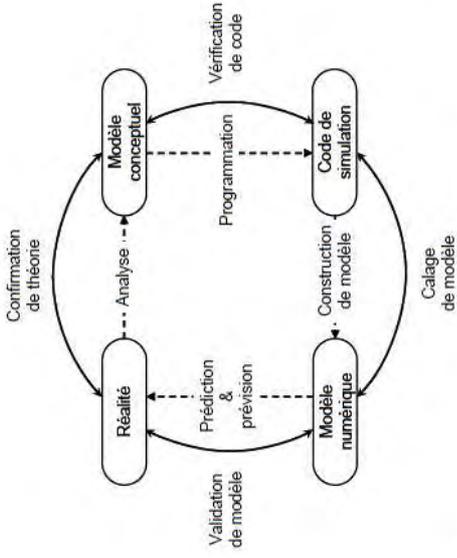
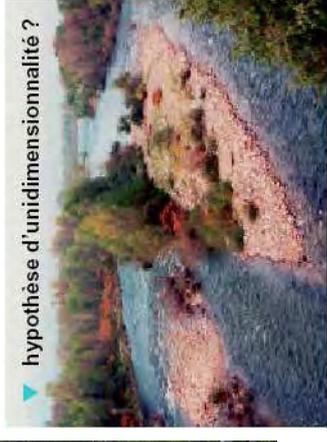


Fig. 1 – Référentiel de modélisation numérique, d'après (Refsgaard & Henriksen, 2002).

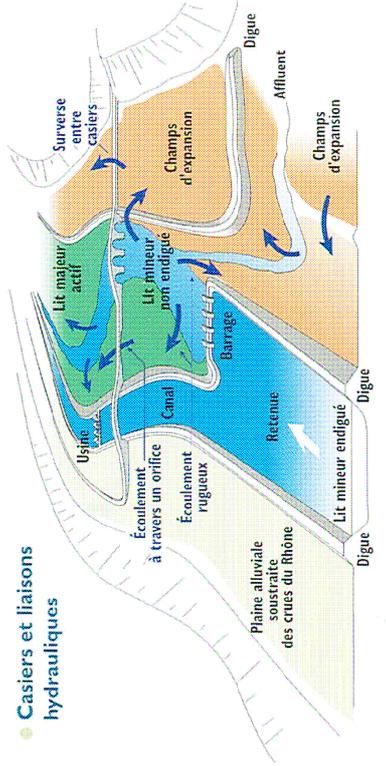


applications



Modèles numériques

- Codes de calcul résolvant des équations liant les variables qui décrivent l'écoulement :
 - Débit Q ou vitesse moyenne V et niveau Z
 - Vecteur vitesse (U, V) et hauteur h
 - Vecteur vitesse (U, V, W) et hauteur h
 - Les variables peuvent dépendre du temps
- Calage
 - Réglage des valeurs de certains paramètres descriptifs
 - Faire coïncider les résultats du calcul avec les données d'observation
- Vérification : comparaison sur un jeu de données ≠



d'après CNR



Modèles simplifiés

- État hydraulique seulement en un certain nombre de lieux bien précis
 - On ne s'intéresse pas à ce qui se passe dans les zones intermédiaires
- Équation en $Q(t)$ *débit fonction du temps*.
 - Modèles à réservoirs : suite de réservoirs se vidant les uns dans les autres
 - Modèles de propagation dérivés de l'onde diffusante
 - EDP convection-diffusion (vitesse et dispersion/amortissement)
 - Variantes
 - Hayami : linéarisation au voisinage d'un débit de référence
 - Onde cinématique : diffusion négligée, transport pur
 - Modèles d'ouvrages (seuils, orifices, vanne, pompes, etc.)
- Annonce de crue
- Prévision des fluctuations de niveau d'une retenue
- Régulation d'un ouvrage mobile avec organes mécaniques complexes



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°21

Modèle complet : équations de Saint-Venant

- EDP 1D ou 2D basées sur la mécanique des fluides :
 - Conservation du volume (masse + incompressibilité)
 - Conservation de la quantité de mouvement
- Domaine de validité :
 - Écoulement quasi horizontal (faible courbure des lignes de courant)
 - Pente du chenal $< 10\%$
 - Pression hydrostatique comme dans un fluide au repos
- Propagation d'onde (intumescences)
 - 2 régimes d'écoulement, fluvial et torrentiel (Froude)
 - Influences amont et aval



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°22

Approche 1D

- Pression hydrostatique
 - Pente de la ligne d'eau faible
 - Pas de recirculation verticale (courbure faible)
- Il existe une direction d'écoulement privilégiée
 - Pente transversale de la surface libre négligeable
- L'importance de cette hypothèse, et sa légitimité, sera fonction
 - du type de problème posé : que cherche-t-on à calculer ?
 - De l'échelle considérée
 - Des moyens dont on dispose



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°23

Saint-Venant 1D : applications

- Domaine :
 - On a besoin de connaître les niveaux avec une bonne précision
 - L'écoulement a une direction privilégiée
- Délimitation de zones inondées
- Impact d'un ouvrage sur la propagation des crues
- Régulation d'un cours d'eau
- Dynamique des débordements
- Propagation et dispersion d'un polluant



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°24



Photo spot

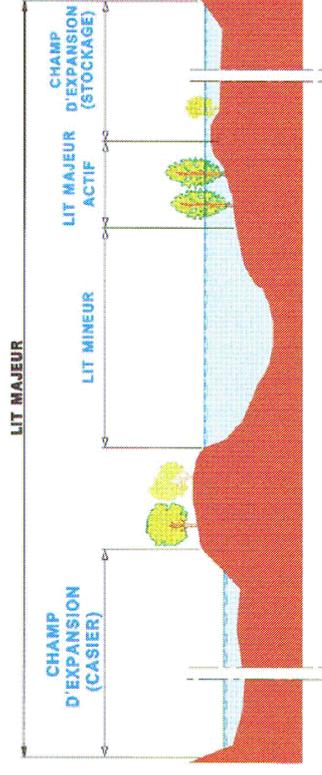
Saint-Venant 1D : données

- Géométrie des tronçons
 - Profils en travers
- Frottements et pertes de charge
 - Formules classiques établies en régime permanent uniforme : incertitudes
- Pertes de charge singulières
 - Élargissement et rétrécissement : formule de Borda
 - Ouvrages ou structures en travers : lois spécifiques
- Conditions aux limites amont et aval
 - Fluvial : une CL amont (Q) + une CL aval (Q(Z) ou Z)
 - Torrentiel : 2 CL amont (Q et Z)
- Apports intermédiaires diffus
 - Ruissellement et infiltration
 - Échanges latéraux : lit majeur, déversements
- Conditions initiales éventuellement : en transitoire
 - En général initialisation par l'état permanent / CL

VIEUX RHONE INONDATION DES CHAMPS D'EXPANSION (STOCKAGE ET CASIERS)

R G

R D



C832PL00000789



Figure 5 : Profil type de rivière

Saint-Venant 1D : précision du modèle

- Elle dépend :
 - De la précision des données en particulier géométriques
 - De la qualité du calage
- L'estimation par un intervalle en niveaux ne tient pas compte de l'incertitude sur le débit (hydrologie)
- Elle ne peut être meilleure que celle des données
- La précision n'a pas la même importance partout
 - Identifier les points importants
 - Soigner la modélisation dans leur zone d'influence
- A défaut de calage, une analyse de sensibilité donne des informations sur la précision du modèle

Saint-Venant 2D : applications

- Simulation de plaines d'inondation sans direction d'écoulement privilégiée
 - Si on ne sait rien a priori
 - Si elle change au cours de la crue
- Dans les cas où l'on a besoin d'une bonne estimation des vitesses locales
 - Seuil de dangerosité des écoulements pour les piétons ou les structures bâties (inondation en ville, parking, etc.)



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°33

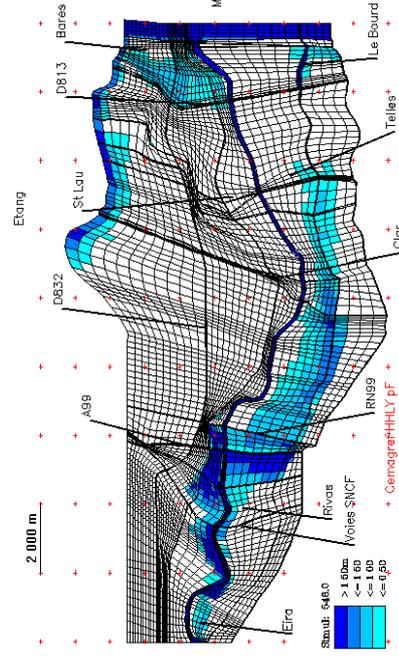
Saint-Venant 2D : données

- Topographie : profils en travers ou MNT
- Occupation du sol : évaluer la rugosité de surface
 - Strickler en 2D $\approx 1,3 \times$ Strickler en 1D (plus lisse) : moins de contributions à prendre en compte qu'en 1D
- Données d'observation pour le calage
 - Laises de crue, lignes de niveau de la surface libre
 - Champs de vitesse : direction et module si possible
- Conditions aux limites
 - Vitesse ou flux imposés sur les frontières entrantes
 - Niveaux ou flux imposés ou $Q(z)$ sur les sortantes
 - Difficulté : transformer un débit en vitesse



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°34

Saint-Venant 2D : exemple

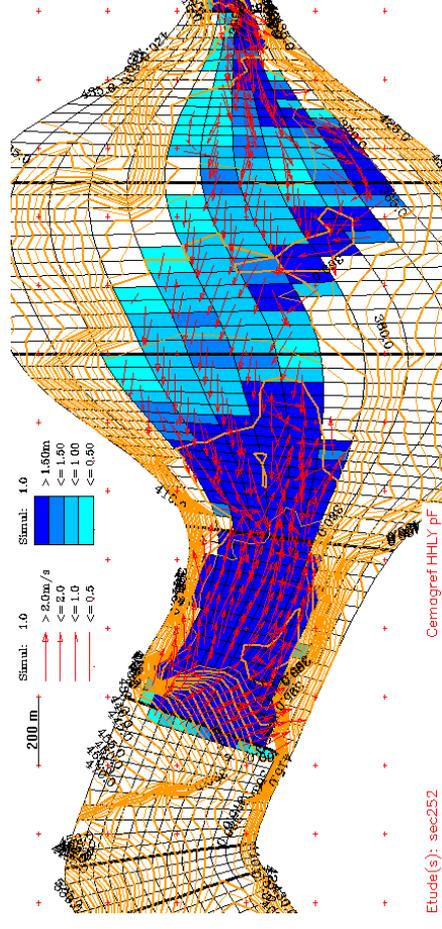


Rupture de digue sur l'Agly (34) ; © Cemagref



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°35

Cartographie des vitesses



Etude(s) : sec252

Cemagref HLLY pf



Hydraulique des rivières – Association Rivière Rhône-Alpes–Pont en Royans – 09 mars 2007 – n°36

Quel type de modélisation choisir ?

(1)

- 1D ou 2D ? 1D à casier ne converge pas vers 2D.
 - Les directions d'écoulement entre casiers sont choisies a priori
 - Les équations entre casiers sont différentes
 - Philosophies différentes
 - 1D : analyse des directions d'écoulement et de la topographie
 - 2D : maillage appuyé sur les lignes de structure à une échelle plus fine
- 2 critères pour guider le choix
 - Les informations ou les variables que l'on a besoin de calculer
 - L'étendue de la couverture des phénomènes à représenter



Quel type de modélisation choisir ?

(2)

- Critère « variables à calculer » :
 - Q seulement : onde diffusante (annonce de crue)
 - Q et Z : St-Venant 1D (avec casier ?) (zone inondable)
 - V moyenne et Z : St-Venant 1D (dispersion de polluant)
 - Attention aux méandres et zones mortes
 - V moyenne en lit mineur et V locale en lit majeur : 2D
 - Z et direction d'écoulement en plaine d'inondation : 2D
 - Pas de direction privilégiée
- Ce critère ne doit pas être contradictoire avec celui de la couverture des phénomènes à représenter



Quel type de modélisation choisir ?

(3)

- Critère couverture des phénomènes à représenter
 - Identifier les phénomènes dont la représentation doit être correcte
 - En déduire les variables à prendre en compte
- Ne pas abuser de la précision
- 2D nécessaire (toujours vérifier toutefois) :
 - Lit en tresse avec submersion faible
 - Confluent avec débits voisins et directions variables
 - Dispersion de polluant avant la distance de bon mélange
 - Transport solide et sédimentation : une connaissance détaillée du champ de vitesse peut être nécessaire.



Quel modèle pour quelle application

- En général le choix se réduit à :
 - Modèle filaire (St-Venant 1D)
 - Modèle 1D avec casier (St-Venant 1D + casiers)
 - Modèle 2D (St-Venant 2D)
- Quelques questions importantes permettent de guider / éclairer le choix
 - Taille du domaine d'étude
 - Direction des écoulements et topologie
 - Pente et variation de pente
 - Les informations et résultats attendus des simulations



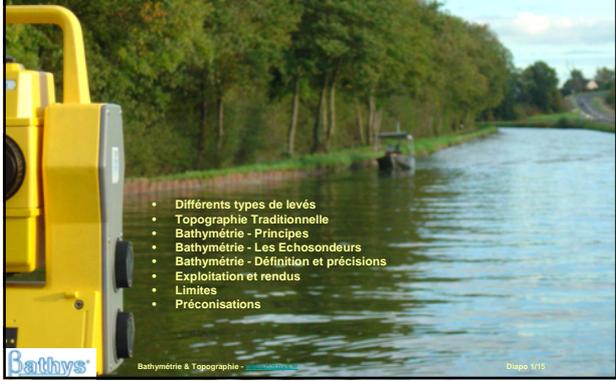


Levés de terrain :

Les différents types de levé et les différentes méthodes. La définition et la précision des levés, leurs exploitation & rendus, leurs limites

Sébastien FOULARD - BATHYS

CONDUITE D'ETUDES HYDRAULIQUES ET HYDROLOGIQUES
LEVES DE TERRAIN - LEVES TOPOGRAPHIQUES & BATHYMETRIQUES



- Différents types de levés
- Topographie Traditionnelle
- Bathymétrie - Principes
- Bathymétrie - Les Echosondeurs
- Bathymétrie - Définition et précisions
- Exploitation et rendus
- Limites
- Préconisations

Bathys Bathymétrie & Topographie - www.bathys.fr Diapo 1/15

LEVES BATHYMETRIQUES DIFFERENTS TYPES DE LEVES

Dans le cadre d'études hydrauliques et hydrologiques :

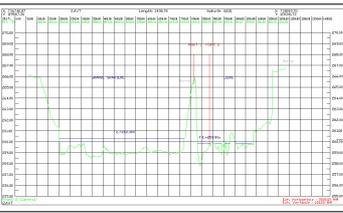
- Levés topographiques traditionnels :
 - Profils en long et travers de lits,
 - Profils de berges,
 - Géométrie d'Ouvrages d'Art,
- Levés bathymétriques par profils :
 - Semis de points maillé,
 - Profils,
- Levés bathymétriques complets :
 - Balayage complet du fond,
- Autres méthodes :
 - Photogrammétrie,
 - Lidar....

Bathys Bathymétrie & Topographie - www.bathys.fr Diapo 2/15

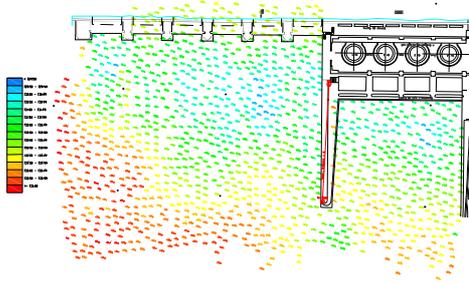
LEVES BATHYMETRIQUES TOPOGRAPHIE TRADITIONNELLE

- Matériels utilisés :
 - Matériel topographique
- Méthode :
 - Levé de terrain par profils
 - Points à intervalle régulier le long du profil,
 - Points matérialisant les accidents de terrain,
 - Levé des ouvrages faisant obstacle à l'écoulement (vue de face pour déterminer section de passage de l'eau)
- Définition et précision :
 - Espacement des profils,
 - Densité de points le long des profils,
 - Précision du matériel topographique,

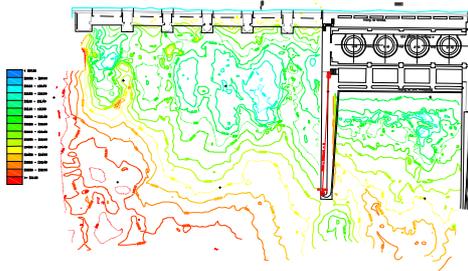
Adapté aux levés de berges, petits cours d'eau

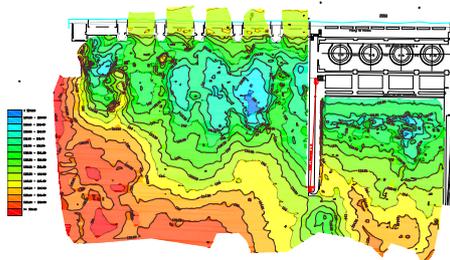
Bathys Bathymétrie & Topographie - www.bathys.fr Diapo 3/15



Vue en Plan – Minutes de sondes



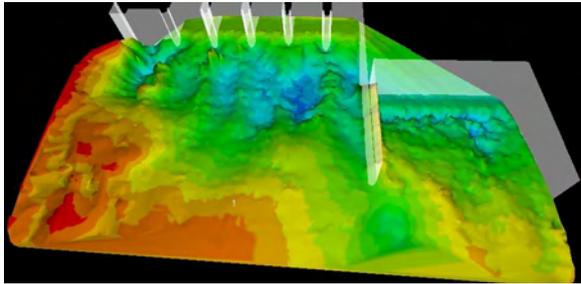
Vue en Plan – Courbes Isobathes



Vue en Plan – Remplissage Colorisé

LEVES BATHYMETRIQUES

EXPLOITATION ET RENDUS



Vue en Plan – Vue 3D



LEVES BATHYMETRIQUES

LES LIMITES

- Accessibilité
 - Accessibilité à pied,
 - Navigabilité, (tirant d'eau, écueil, variation débit...)
 - Mise à l'eau,
- Mesure de profondeur
 - Turbidité de l'eau,
 - Présence de végétation (algues ou plantes aquatiques),
- Positionnement
 - Végétation (masque satellite, masque optique),
- Embarcation
 - Adaptée au matériel,
 - Dimensionnée pour le cours d'eau,
- La limite est souvent le prix....



LEVES BATHYMETRIQUES

PRECONISATIONS

CAHIER DES CHARGES

- Définition de la densité de points à lever :
 - Pvm² ou Maillage de levé
- Définition de la méthode de levé :
 - Topo Mono ou multi,
 - Type sondeur (cône ouverture...),
- A défaut, il faut fournir :
 - Nature des matériaux,
- Eléments connus :
 - Profondeurs,
 - Condition de navigation,

NORMALISATION

- Normes et textes de référence :
 - Norme OHI pour les levés hydrographiques, 4^{ème} édition, avril 1998, publication spéciale n°44 publié par le Bureau Hydrographique International.
 - Journal Officiel de la République Française n°300 du 28/12/2000 P.20746 : définition des systèmes de référence géographique et planimétrique.
- Références imposées par Maître d'Ouvrages :
 - Déclarations de fouilles et de levés géographiques, articles 131 à 136, Titre VIII livre 1^{er} – Régime général du code minier.
- Règles de l'art pour levés topographiques traditionnels.





Suivi d'étude par un maître d'ouvrage :

Rédaction du cahier des charges, élaboration du budget,
lecture et analyse des offres, processus de validation.

Alice PROST - Contrat de rivière des territoires de Chalaronne



Exemple de l'étude hydrologique et hydraulique de la Chalaronne: de la conception du CCTP à la réception de l'étude.

Formation ARRA, 9 mars 2007 à Pont-en-Royans





Sommaire

- Nécessité d'une étude?
- Le Cahier des charges
- Le choix des bureaux d'études
- Le suivi de l'étude
- L'après étude



Nécessité d'une étude?



17 10 2009



Bilan de l'existant

- Un schéma d'aménagement de la rivière principale du bassin versant avec une étude hydrologique assez bien faite (1996)
- Une cartographie des zones inondables tracées au crayon de couleur sur fond IGN pour des crues de retour Q10 et Q100 datant de 1996
- Problème important de gestion en période d'étiage et d'inondation (vannages)





Qu'est ce qu'on veut faire et qu'est qu'on veut savoir?

- Avoir un outil d'aide à la décision pour la gestion des zones inondables notamment en zone urbaine
- Connaître l'aléa
- Avoir un outil d'aide à la décision pour la gestion des débits d'étiages





Une nouvelle étude : pourquoi?

- 10 années de plus de mesures des débits sur les 2 stations DIREN du bassin
- Une modification sensible de l'occupation du sol (urbanisation, et diminution des praires)
- La nécessité de connaître les zones inondables dans les centres bourgs plus finement
- Avoir une idée plus précise de l'aléas
- Mieux connaître l'impact des étangs sur les débits de la Chalaronne
- Avoir un ensemble de propositions visant à mieux gérer et à ne pas aggraver la situation existante



Le Cahier des charges



La commande

3 thèmes abordés:

- L'hydrologie de crue
- L'hydrologie d'étiage
- Analyse hydraulique





Hydrologie de crues

- Construction d'un modèle pluie débit sur chacun des sous bassins versants
- Estimation des débits de crues pour différentes fréquences de retour
- Estimation de l'impact potentiel des étangs sur la génération des débits de crues





Hydrologie d'étiage

- Détermination des zones d'apports et des zones de pertes du bassin
- Estimation de l'impact des prélèvements directs et indirects dans les rivières (dérivation)
- Estimation de l'influence des dérivations sur les débits de la rivière
- Influence du régime hydrologique des étangs sur les débits d'étiages de la Chalaronne





Analyse hydraulique

- Modèle hydraulique en régime transitoire sur 7 tronçons de cours d'eau (centre bourgs essentiellement)
- Tableau des correspondances, côte NGF, débit et hauteur d'eau au droit de chacun des levés topos
- Cartographie des zones inondables (Q5;Q10;Q20;Q50 et Q100)
- Cartographie de l'aléa





Programme d'actions

- Gestion des débits d'étiages
- Protection locale, aménagements d'ouvrages
- Gestion des sols et des champs d'inondation





Levés topographiques

- Maîtrise d'ouvrage ou MO déléguée?
 - Problème de responsabilité quand au délais
 - Problème de gestion du marché
- Profils en long et en travers, nombres?
- Précisions des levés
- Coût des levés





Choix des bureaux d'études

- Faire attention aux différences de précision proposées dans les offres des BE
- Faire attention aux expériences notamment celles des géomètres
- Être vigilant quand au délais de réalisation que l'on souhaite



Suivi de l'étude



Suivi des bureaux d'études

Un comité de pilotage chargé de suivre l'étude composé des:

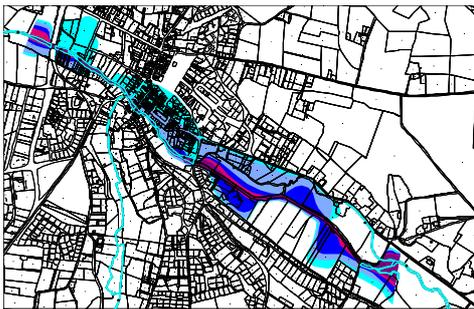
- Financeurs
- Administrations et institutionnels
- Élus du syndicat
- Associations locales dont APPMA

Délais de rendu des documents avant les réunions trop court





Exemple de rendu



L'après étude



L'intégration des zones inondables dans les PLU lors de leur révision

- Un zonage difficile à faire admettre car les élus croient que toute la commune va devenir inconstructible
- Nécessité de faire valider le zonage par les communes
- Proposer la mise en place d'un PPRI





Les fiches actions

- Les CP ne permettent pas de voir les fiches dans le détail, il reste donc un important travail d'analyse des fiches, de compilation et de priorisation.
- Nombreuses fiches proposées loin des demandes des élus (pas d'enrochement, pas de digues etc...)
 - » Penser un processus de validation pédagogique et plus proche des élus
 - » Prévoir plus de temps pour les échanges avec le BE





Si c'était à refaire?

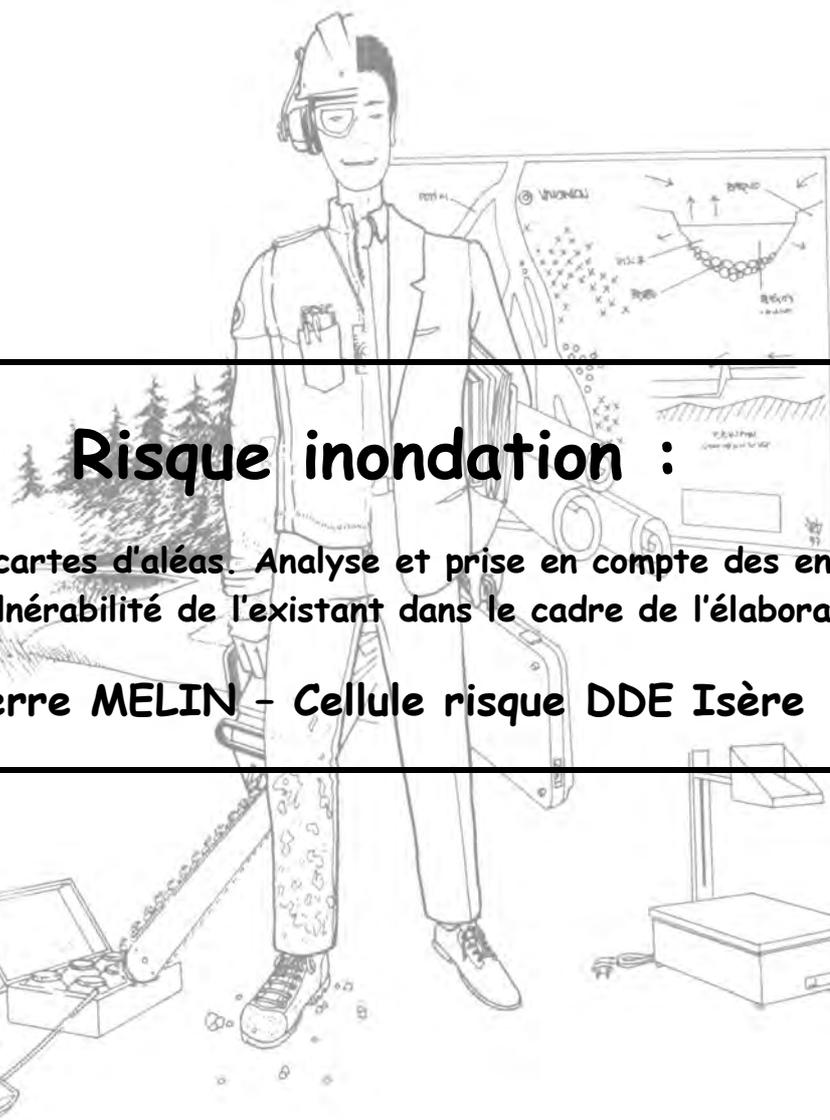
J'essayerai que les élus s'approprient l'étude.

Je demanderai dans le CCTP

- Une explication détaillée de la génération des crues
- Une présentation des zones inondables par le BE dans chacune des communes
- Un document explicatif sur le pourquoi des fiches actions et de tel ou tel aménagement

Je choisirai un autre géomètre!





Risque inondation :

Elaboration des cartes d'aléas. Analyse et prise en compte des enjeux pour la réduction de la vulnérabilité de l'existant dans le cadre de l'élaboration des PPRI

Pierre MELIN - Cellule risque DDE Isère