

Séminaire 2015

Lundi 23 février



Basses eaux et étiage des rivières : origines, caractérisation et réglementation

Bilan de la journée

Auteurs : Julien AUGAS, Jérémie GORTAIS, Clément HERBER, Melania MERCADANTE, Adrien PIALOT, Tristan PODECHARD



Remerciements

Nous souhaitons tout d'abord remercier chaleureusement les conférenciers Gil MAHE, Christian PERRET, Aurélien DESPAX, Fabien CHRISTIN, Alain GAUTHIER et Emmanuel BALLOFFET pour leur aimable participation et leur intervention lors de cette journée.

Nous remercions également nos professeurs responsables de cette journée Hydrologie à savoir Marie-George TOURNOUD et Luc NEPPEL pour leur aide et leurs conseils tout au long de la mise en place de ce Séminaire. Nous souhaitons étendre nos remerciements à l'ensemble du Département STE pour l'organisation et la tenue de ce 14^{ème} Séminaire Eau.

Enfin, nous tenons à remercier vivement l'ensemble des participants de cette journée. Nous espérons avoir répondu à vos attentes et espérons vous retrouver l'année prochaine.

I. Intervenants et participants

I.1 Liste des intervenants

IRD



Gil MAHE

Directeur de recherche à l'Institut de Recherche pour le Développement à HydroSciences Montpellier. Il est spécialisé dans différents domaines dont notamment la modélisation des précipitations, l'hydrologie des captages, l'hydrologie africaine, l'impact réel et futur du changement climatique et de l'anthropisation sur les régimes d'écoulement ainsi que sur les ressources en eau.

Contact : gil.mahe@ird.fr

EDF



Christian PERRET

Expert en hydrométrie. Animation technique du domaine Production de données hydro climatologiques : Appui à la Direction et au Management des équipes, validation des orientations techniques.

Contact : christian.perret@edf.fr

Aurélien DESPAX

Diplômé de Polytech Montpellier en 2013, spécialité Sciences et Technologies de l'Eau, actuellement en thèse co-encadrée par EDF-Division Technique Générale et le Laboratoire des Transferts en Hydrologie et Environnement.

Sujet de thèse : Gestion dynamique des courbes de tarage et calcul des incertitudes associées (Quantification de l'incertitude des jaugeages – Extrapolation des courbes de tarage à haut-débit – Courbes de tarage par morceau – Lien entre transport sédimentaire et gestion dynamique des courbes de tarage)

Contact : aurelien.despax@ujf-grenoble.fr

CEREG INGENIERIE



Fabien CHRISTIN

Docteur ENGREF - AgroParisTech, il est depuis cinq ans, ingénieur chargé d'études chez CEREG Ingénierie. Responsable des modélisations hydrologiques, il travaille sur les domaines de l'hydrologie, l'hydraulique fluviale et urbaine, l'assainissement routier ainsi que les études hydrauliques préalables aux dossiers « Lois sur l'eau ».

Contact : fabien.christin@cereg-ingenierie.com

EAUCEA



Alain GAUTHIER

Responsable de la mise en œuvre des modélisations en hydrologie, hydraulique et de leurs applications dans les études environnementales à Eaucea depuis 2012.

Au cours de son expérience professionnelle en développement de logiciel, il a acquis le procédé de maîtrise de développement en particulier l'équilibre entre la tenue de délais et l'innovation technologique à apporter.

Contact : alain.gauthier@eaucea.fr

DREAL Languedoc-Roussillon



Emmanuel BALLOFFET

Chargé de mission « Ressources en eau et Hydrologie », il fait partie du service Nature et de la division Eau et milieux aquatiques de la DREAL Languedoc-Roussillon qu'il a rejoint en 2010.

Contact : emmanuel.balloffet@developpement-durable.gouv.fr

I.2 Liste des participants

Les participants présents lors de cette journée sont indiqués dans le tableau suivant (à l'exception des élèves Ingénieurs Polytech Montpellier).

Nom	Prénom	Société	Adresse mail
BERJAMIN	Marie-Claude	I.G.E.A.D.T Ingénieur conseil	marie-claude.berjamin@cfc-ceyrac.com
BERTRAND	Justine	master 2	justine.bertrand01
BOULDOIRE	Aurore	M2 Gestion de l'eau Marseille Chercheuse d'emploi	34aurore@live.fr
BUR	Rémi	2AE	r.bur.2ae@orange.fr
CAMU	Julie	L1 géosciences	julie.camu@etud.univ-montp2.fr
CANOVAS	Ingrid	Doctorante	ingrid.canovas@mines-ales.fr
CAPEL	Hugo	en recherche d'emploi	hugo.capes@hotmail.fr
CARLUT	Gaël	Master 1 eau	gael.carlut@etud.univ-montp2.fr
CHISNE	Pascal	CACG (Tarbes)	p.chisne@cacg.fr
CREBASSA	Jason	master	jason.crebassa@etud.univ-montp2.fr
DESBORDES	Michel	Ancien responsable STE	
DOMERGUE	Jean Marc	techniciens à l'antenne cévenole de l'UMR ESPACE	Jean-Marc.Domergue@unice.fr
EUGENE	Allan	Ancien STE, chercheur d'emploi	eug.allan@gmail.com
FABRE	Julie	Doctorante	jfabre@univ-montp2.fr
GENTNER	Rémy	Ville de Strasbourg (ingénieur principal)	remy.gentner@strasbourg.eu
GORLIER	Etienne	VNF	etienne.gorlier@vnf.fr
GRARD	Nadine	techniciens à l'antenne cévenole de l'UMR ESPACE	nadine.grard@unice.fr
KINFACK LEOGA	Arnaud Joël	étudiant	Arnaud.Kinfack-Leoga@etud.univ-montp2.fr
LAVERGNE	Vincent	SIAV2A	siav2a@gmail.com
LENNE	Maxime	Chargé de mission SABA	maxime.lenne@saba-arc.fr
MARCHAND	Pierre	Hydrologue	pierre.marchand@univ-montp2.fr
MARTIN	Philippe	PU Géographie (université Avignon)	philippe.martin@univ-avignon.fr
MASSONNAT	Emmanuelle	TMFCT Vannes PANAVAN	emassonnat@tmfct.fr
MESTRE	Stéphanie	DREAL	stephanie.mestre@developpement-durable.gouv.fr
NOUI	Salena	Gaxieu	salena.noui@gaxieu.fr
OYON	Clément	Ancien STE, chercheur d'emploi	oyon.clement@hotmail.fr
PUECHBERTY	Rachel	SCHAPI	rachel.puechberty@developpement-durable.gouv.fr

RANCHOUX	Coralie	Etudiante UM	cora.ranch@hotmail.fr
REMES	Aurore	en recherche d'emploi	remes.aurore@hotmail.fr
RODIER	Claire	CNRS (ingénieur)	claire.rodier@univ-montp2.fr
SAITL	Charles	master eau um2, chercheur emploi	charles.saitl@hotmail.fr
TERIINOHOAPUAITERAI	Kenny	M2 Energie	tariu.teriinohoapuaiterai@etud.univ-montp2.fr
TERTOIS	Lukas	Chercheur d'emploi Master GEMA Marseille	lukastertois@hotmail.com
VIGNE	Christian	Consultant	christian.vigne@live.fr

Conférenciers			
Nom	Prénom	Société	Adresse mail
BALLOFFET	Emmanuel	DREAL	emmanuel.balloffet@developpement-durable.gouv.fr
CHRISTIN	Fabien	Cereg Ingénierie	fabien.christin@cereg-ingenierie.com
DESPAX	Aurélien	doctorant	aurelien.despax@ujf-grenoble.fr
GAUTHIER	Alain	Eaucea	alain.gauthier@eaucea.fr
MAHE	Gil	IRD	gil.mahe@ird.fr
PERRET	Christian	EDF - DTG	christian.perret@edf.fr

Professeurs STE			
Nom	Prénom	Société	Adresse mail
ALIAUME	Catherine	Enseignant Polytech	aliaume@polytech.univ-montp2.fr
BROSILLON	Stephan	Chef du département STE	Stephan.brosillon@univ-montp2.fr
DELENNE	Carole	Enseignant Polytech	delenne@msem.univ-montp2.fr
NEPPEL	Luc	Enseignant Polytech	neppel@polytech.univ-montp2.fr
SALLES	Christian	Enseignant Polytech	salles@polytech.univ-montp2.fr
TOURNOUD	Marie-George	Enseignant Polytech	tournoud@polytech.univ-montp2.fr

II. Bilan de la journée Hydrologie

II.1 Les phénomènes d'étiage : définition, origines et caractéristiques

Intervenant : Gil Mahé (IRD Montpellier) ; mail : gil.mahe@ird.fr

II. 1.a Résumé de l'intervention

Cette première conférence est revenue sur les différentes définitions de l'étiage et sur sa confusion avec les basses eaux ainsi que sur le lien existant entre les eaux souterraines et les débits d'étiage.

L'étiage, dérive étymologiquement du mot *étier*, chenal reliant la mer et le marais salant. L'étiage était donc à l'origine assimilé à l'état d'un étier après retrait des eaux.

Certaines définitions laissent penser que l'étiage apparaît de façon exceptionnelle ou encore qu'il peut être modifié à la hausse (lâchers de barrages) ou bien à la baisse (changement climatiques, usages intensifs). D'autres définitions mentionnent que l'étiage désigne le niveau le plus bas atteint par un lac ou une marée descendante et introduisent la notion de Débit Caractéristique d'Etiage (DCE).

Dans certaines définitions, nous retrouvons une notion de dynamique : l'étiage y est désigné comme un abaissement exceptionnel du débit d'un cours d'eau ainsi que des éléments statistiques que nous avons par exemple dans le calcul du QMNA5 (débit d'étiage mensuel quinquennal). Les risques physico-chimiques (manque d'oxygène, eutrophisation) et de pollution sont alors importants en cette période. Ainsi durant celle-ci, des restrictions d'usages sont mises en place. Ces dernières vont dépendre de la gravité de l'étiage qui est déterminée grâce à des débits seuils parmi lesquels nous distinguons le Débit d'Objectif d'Etiage (DOE) et le Débit de Crise (DCR).

Les définitions sont donc nombreuses et souvent ambiguës. Pour caractériser l'étiage, G. Mahé les désignerait comme correspondant aux plus faibles eaux pendant la période de pluie minimale du système hydrologique en milieu naturel. Ainsi, si le cours d'eau a été aménagé, cette définition est différente.

A travers l'exemple de la rivière Bani à Douna (Mali) où une forte baisse des débits de base a eu lieu au début des années 80 en raison d'une sécheresse prononcée, il nous a été montré l'importance du rôle des précipitations et donc indirectement des eaux souterraines sur les débits d'étiage.

II.1.b Questions

- Les définitions de l'étiage sont-elles uniques à l'échelle mondiale ? Ou bien celles-ci sont-elles définies au cas par cas selon les cours d'eau ?

On trouve un consensus parmi les hydrologues. Il faut avant tout comprendre comment sont élaborés les débits d'étiage et savoir s'il s'agit ou non de cours d'eau aménagés. Il en est de même pour les crues.

D'ailleurs, les étiages concernent un point particulier du régime des eaux souterraines et cet écoulement souterrain contribue aux crues annuelles.

Ainsi, quand on travaille sur les étiages, on travaille aussi indirectement sur les crues notamment en étudiant le tarissement. Les étiages sont donc très informatifs sur la dynamique des crues.

Remarque de Christian Perret (EDF) suite à cette question :

- Le Débit d'Objectif d'Etiage est mal nommé car il s'agit d'un débit d'objectif après coup. L'objectif étant d'assurer les usages 8 années sur 10. Il faut faire attention à ce débit et bien le différencier du débit de soutien d'étiage.

Selon moi, il faut prendre garde à la mauvaise connaissance du climat. Il est important de connaître la variabilité des régimes des pluies. Par exemple, l'assèchement qu'il y a eu sur le fleuve Niger en certains endroits est dû à une mauvaise connaissance des régimes hydrologiques des pluies. Cet assèchement a eu de lourdes conséquences : arrêt de la navigation, restriction drastique de la pêche, augmentation du chômage....

L'étiage correspond à la fin du tarissement où on enregistre les débits les plus faibles pendant une certaine période. Il est donc essentiel de prendre en compte les données des systèmes aquifères, par exemple à l'aide de données piézométriques.

II.2 Mesures et incertitudes

Intervenants : Christian Perret (EDF DTG, Grenoble) ; mail : christian.perret@edf.fr

Aurélien Despax (doctorant, Grenoble) ; mail : aurelien.despax@ujf-grenoble.fr

II. 2.a Résumé de l'intervention

Le contrôle des débits de cours d'eau est essentiel pour la gestion de la ressource en eau. Cependant, mesurer le débit en continu relève de l'impossibilité technique. La première méthode consiste à effectuer des mesures ponctuelles en effectuant des jaugeages. La seconde méthode consiste à mesurer la hauteur h d'un cours d'eau en un endroit où elle est jugée représentative du débit de manière univoque. Le débit est ensuite calculé à partir d'une relation liant le débit à la hauteur d'eau : *la courbe de tarage*. L'ensemble de ces mesures implique des erreurs et donc des incertitudes.

Ces incertitudes sont rarement calculées et sont soit souvent estimées à dire d'expert, soit se réfèrent à une norme telle que la norme ISO 748. Or, ces normes ne sont pas liées à la stratégie d'échantillonnage et ne prennent pas en compte la complexité du champ de vitesse et du profil de la rivière. Il y a donc nécessité à créer une nouvelle formule d'incertitudes.

Tout l'intérêt du travail de thèse d'Aurélien Despax est justement de considérer l'unicité de chaque jaugeage de par ses caractéristiques et ses incertitudes qui lui sont propres. Il y a donc la mise en place d'un indice de qualité d'échantillonnage E caractérisant justement la stratégie d'échantillonnage et la prise en compte des conditions de l'écoulement en analysant la signature hydraulique (plus une section de cours d'eau aura un fond lisse, plus sa signature hydraulique sera lisse elle aussi).

EDF compte aujourd'hui près de 300 stations hydrométriques et procède régulièrement à des campagnes de jaugeages pour construire de nouvelles courbes de tarage en fonction de l'instabilité des contrôles hydrauliques. En effet, des processus naturels peuvent affecter la section de contrôle avec un creusement ou un exhaussement. Cette instabilité devient problématique. EDF a mis en place une méthode dynamique des tracés de courbes de tarage pour prendre en compte la variabilité des cours d'eau ; une courbe de tarage est tracée pour chaque jaugeage. De manière générale, en matière de mesure, il faut appliquer un principe universel :

- Réduction du biais en retraçant une courbe de tarage après chaque jaugeage,
- Quantification de l'incertitude.

Le problème étant qu'en période d'étiage, une erreur d'un centimètre sur la hauteur d'eau mesurée entraîne environ 5 à 10 % d'erreurs en relatif sur le débit. Les erreurs des stations d'hydrométrie sont parfois difficiles à réduire pour une gestion « temps réel » efficace. Ainsi une station peut être « fautive » en temps réel et les données produites après coup de « qualité correcte » si le travail de validation est important. Pour les étiages, maintenir un niveau d'incertitude en dessous de 10% au seuil de confiance de 95% est extrêmement difficile car :

- La sensibilité de la relation hauteur débit est rarement inférieure à 5% à bas débit,
- Les effets de la variabilité du lit sont maximaux en étiage.

II.2.b Questions

- Existe-t-il des indices de qualité de la stabilité d'une courbe de tarage d'une station hydrométrique ?

EDF et le LTHE sont en train de travailler dessus. C'est l'ambition du travail de thèse d'Aurélien Despax ; combien de jaugeages faut-il pour assurer une incertitude minimale sur une

station hydrométrique. L'objectif est de mettre en parallèle ces stations avec les usages qui sont fait en aval. Ces indicateurs permettent justement de montrer aux collectivités l'importance de ces travaux pour prendre les bonnes décisions dans la gestion de l'eau.

- L'aménagement d'une section de contrôle (quand cela est possible) est-il finalement la seule véritable solution pour réduire au maximum ces incertitudes ?

Oui et non, car la législation en vigueur apporte de grosses difficultés à la construction d'aménagements sur les cours d'eau. La continuité écologique est très importante dans l'état actuel des choses. Il y a possibilité d'installer des seuils spécifiques aux étiages et donc aux bas débits.

- Il existe des mesures satellitaires de hauteurs d'eau. Est-ce que c'est réaliste sur des grands cours d'eau par exemple ?

La communauté scientifique est en veille sur cette question. Il est possible d'espérer des mesures concrètes à partir de 2020. La question en suspens est plutôt de savoir qui va investir sur cette technique.

- Est-ce que fiabiliser et quantifier les débits d'étiage permettent de mieux produire derrière d'un point de vue hydroélectrique ? Est-ce que des marges de sécurité doivent être prises ?

Ce n'est pas tant le fait de produire mais de respecter les législations qui posent problème. Calculer par exemple l'échauffement admissible d'une centrale. C'est avant tout une question économique car si une mesure fautive est faite, de mauvaises décisions peuvent être prises. La nécessité est donc à l'amélioration du processus de contrôle.

- Y a-t-il une corrélation forte entre les différentes stations à l'étiage ?

Les mesures sont utilisées à 99% pour faire des prévisions. Les données servent à alimenter les modèles dont la spatialisation des données est prise en compte pour la prévision.

- Comment anticiper un détarage complet d'une station hydrométrique qui entraîne des conséquences économiques ? Comment sont interprétées les mesures par les pouvoirs administratifs ?

Pour l'instant on est dans le constat, on visualise encore dans le passé par rapport aux chroniques pour rester dans une gestion proche de la réalité.

La conscience des incertitudes est réelle pour les pouvoirs administratifs. Des confusions existent entre erreurs et incertitudes. La communication vers un public moins spécialiste a dû être adaptée pour répondre à ces problèmes.

- EDF a-t-il un outil opérationnel ? Est-ce que cet outil peut être diffusable dans les stations hydrométriques ?

L'outil opérationnel est encore en développement, l'objectif est de l'avoir pour 2017. En 2015, la construction de la maquette est en cours, il s'agit de l'écriture d'un cahier des charges interactif. Sur la partie d'Aurélien Despax, c'est pratiquement opérationnel. L'objectif est d'automatiser énormément le processus. Le jaugeage devient le point incontournable. Il existe déjà des outils opérationnels mais moins élaborés.

II.3 Etiages, vers quelles modélisations ?

Intervenant : Fabien Christin (CEREG Ingénierie, Montpellier) ;

mail : fabien.christin@cereg-ingenierie.com

II. 3.a Résumé de l'intervention

Cette présentation s'est articulée autour d'une étude répondant au besoin du bassin versant de la Diège de connaître les volumes prélevables en période d'étiage, et surtout le rôle que jouent les nombreuses retenues présentes sur les cours d'eau de ce territoire.

La première difficulté rencontrée pour répondre à cet appel d'offre a été de trouver un logiciel de simulation hydrologique suffisamment souple pour permettre à la fois la spatialisation des données hydrologiques (caractéristiques des sous bassins versants par exemple) et la prise en compte de données ponctuelles telles que les retenues et les prélèvements qui y sont faits.

Le choix s'est tourné vers le logiciel OpenFLUID, développé par l'UMR LISAH (SupAgro Montpellier), qui présente l'avantage d'être un logiciel open source. Les codes de calculs peuvent donc être adaptés aux particularités du bassin versant (échanges nappe-rivière, évapotranspiration) et ainsi prendre en compte les données liées aux retenues et prélèvements. De plus, cela permet de tester différents scénarii et étudier l'influence des prélèvements dans les retenues sur le débit du cours d'eau à l'étiage.

Le problème suivant, pour le calcul des volumes prélevables, consiste à définir les besoins du milieu (pour assurer la pérennité de l'écosystème aquatique), et estimer le débit réel (observé) sans prélèvements. La différence des deux donnera le volume prélevable : le cours d'eau possède-t-il suffisamment de débit pour que l'on puisse poursuivre les usages sans nuire au milieu ?

Cela implique une connaissance suffisamment fine des données de terrain (inventaire des prélèvements), dont l'exploitation et l'analyse peut être prohibitive en temps, mais qui est nécessaire pour réduire au maximum les incertitudes sur les résultats produits par le modèle, qui dépendent de la qualité du calage et de la validation, et donc de la qualité des chroniques de débit observées (et leur profondeur).

L'ensemble de ce travail de modélisation hydrologique spatialisée, prenant en compte de nouveaux « objets » hydrologiques (retenues), permet d'être très fin dans la représentation de la complexité du bassin versant, sous réserve de disposer de données de qualité en ce qui concerne les usages de l'eau et les caractéristiques des sous-bassins versants.

Mais finalement, ce type d'étude propose une modélisation qui est un outil opérationnel de planification pour une meilleure gestion de l'eau sur un territoire, et non pas seulement un outil de connaissance de ce territoire et de ses usages.

II.3.b Questions

- Quelles sont les difficultés pour reconstituer les débits naturels (sans prélèvements), les connaître et les valider ? Vous dites que le calage du modèle s'effectue sur 30 ans de données, disposez-vous d'une reconstitution des chroniques sur une telle profondeur, notamment en ce qui concerne les prélèvements ?

Nous ne pouvons pas espérer de reconstitution des chroniques des débits et des prélèvements sur 30 ans. Au mieux, et si l'on travaille à échelle locale, nous pouvons avoir des chroniques de qualité sur 5 ans en ce qui concerne les prélèvements. Au delà, ceux-ci sont généralement connus de manière annuelle ou mensuelle jusqu'à 10 ans. Mais rappelons qu'une reconstitution des chroniques n'est qu'une hypothèse car les prélèvements ne sont jamais

totalemment et parfaitement connus. C'est pourquoi il y a un lourd travail d'enquêtes pour trouver et définir les meilleures hypothèses à appliquer. Finalement, les données de base sont le plus gros problème pour assurer la fiabilité des futures modélisations. Pour chaque étude, la reconstitution représente 40 à 50% du travail, 20% pour les réunions, et nous passons moins d'un quart du temps à nous occuper du modèle.

- En ce qui concerne les valeurs de QMNA5, avez-vous connaissance du débit naturel pour les déterminer ?

Le modèle est validé sur les périodes où l'on connaît les prélèvements, et où l'on peut donc déterminer le débit naturel. Par la suite, on fait l'hypothèse que si l'on connaît les prélèvements sur une période donnée, le fonctionnement est le même sur les périodes où l'on ne dispose pas de ces informations. Pour établir les débits seuils nous recherchons le point de rupture entre les prélèvements agricoles et les impacts sur le milieu : il faut faire le lien entre ce qui est nécessaire à l'agriculture et à l'écologie.

Le peu d'information disponible pose le problème de la crédibilité vis-à-vis du client, mais mieux vaut savoir peu de choses que rien du tout, il faut être « malin » et travailler main dans la main avec les services de l'Etat afin d'avoir les données de meilleure qualité, pour ensuite leur fournir des résultats en adéquation avec leurs attentes.

- Comment le modèle évalue-t-il le débit qui ruisselle, l'infiltration... ?

Le modèle utilisé est un modèle à réservoirs, mis au point par V. Guinot (HydroSciences Montpellier), qui comprend une fonction de production chargée du calcul des valeurs de ruissellement. Pour cela la fonction de calcul se sert des données pluviométriques d'entrée, et des informations contenues sur les couches SIG du modèle spatialisé (perméabilité, rugosité, occupation du sol...).

On cale ensuite le modèle par rapport à des campagnes de jaugeages régulières capables d'estimer visuellement s'il y a écoulement ou non. Lorsqu'un assec est constaté, cette information est notée et prise en compte pour caler les modèles.

- L'évaporation est-elle prise en compte ?

L'évapotranspiration est prise en compte sur l'ensemble du bassin versant considéré, et l'évaporation est également estimée au niveau des retenues.

- Avec un débit annuel de 10 000 m³/ha, que cultivent les agriculteurs ? Des nénuphars... ?

Ce chiffre, théorique, tient compte du débit qui sert au fonctionnement du canal et de celui qui va alimenter la parcelle. Mais nous préférons travailler avec les personnes qui suivent leurs canaux et les connaissent, ce qui permet d'estimer un ratio plus vraisemblable et plus proche de la réalité du terrain.

- Pourrait-on construire un modèle suffisamment robuste pour simuler la plus large gamme de phénomènes hydrologiques (des crues extrêmes aux sécheresses) ? Ou mieux vaut-il dissocier deux outils : l'un pour les crues, l'autre pour les étiages ?

Aujourd'hui, de tels modèles n'existent toujours pas, la seule solution serait d'avoir plusieurs paramètres variables au cours des saisons, pour assurer la performance en étiage et sur les pointes de crues. Mais cette variabilité des paramètres peut devenir très complexe sur certains bassins versants : par exemple dans les Hautes-Alpes, les périodes d'étiages peuvent dépendre de la fonte de neiges.

Le modèle que nous avons mis au point se focalise sur les étiages, et nous l'améliorons par touches successives.

Finalement, lorsqu'on souhaite modéliser les étiages, les pics de crues ne sont pas la priorité et le calage sera privilégié sur les périodes de bas débit plus que sur les débits de pointe.

Remarque de Christian Perret (EDF) complétant la question :

A EDF nous disposons du modèle MORDOR depuis plus de vingt ans et qui est encore amélioré. Il ne permet la gestion de l'eau en prenant en compte les prélèvements mais c'est un modèle en tout temps : suivi des étiages, prévisions d'apports, irrigation, gestion de crues...

C'est un modèle très paramétré et les différents réservoirs ont un sens physique (par exemple le réservoir modélisant la neige devient de plus en plus vraisemblable).

II.4 Modélisation des étiages, étude de cas et présentation du modèle Cycleaupe

Intervenant : Alain Gauthier (Eaucea, Toulouse) ; mail : alain.gauthier@eaucea.fr

II. 4.a Résumé de l'intervention

Cette conférence a été l'occasion de présenter un outil opérationnel de gestion des étiages et de modélisation hydrologique : le modèle CycleauPE mis au point par le bureau d'études Eaucea. C'est un modèle à réservoirs issu du modèle MORDOR d'EDF, qui prend en compte des prélèvements agricoles (modélisé ou rentrés directement si les données sont connues), et dont les données sont mises à jour quotidiennement

La conférence est axée sur une étude de cas : la mise en place de ce modèle en Charente (bassin de 10 000 km²). Cette région a la particularité de présenter un aquifère karstique, induisant des échanges souterrains importants, et notamment des résurgences (la Touvre) qui alimentent en majorité le fleuve en période d'étiage. Mais à cette période, les agriculteurs ont besoin d'eau, tout comme les conchyliculteurs à l'aval de la Charente, qui dépendent de la ressource. De là naissent des conflits d'usage, et la nécessité d'assurer au fleuve un débit minimal pour la survie des milieux aquatiques.

Pour cela, la Charente possède deux barrages pour le soutien d'étiages, d'une capacité totale de 30 millions de mètres cubes, et qui sont déterminants dans les processus de décision car ceux sont eux qui permettent de respecter des débits objectifs en cas de crise. Les barrages peuvent réalimenter environ à 3m³/s (ce qui correspond à peu près aux usages agricoles), mais les volumes stockés doivent être placés judicieusement et Eaucea accompagne les gestionnaires en essayant d'estimer les usages et la réalimentation du cours d'eau.

L'objectif de cette gestion opérationnelle à l'aide du modèle CycleauPE est d'établir une consigne de débit en tenant compte des délais et contraintes des barrages, et en intégrant les incertitudes pour effectuer de la prévision en vue de satisfaire les objectifs de débit.

Tout part donc de la consigne de débit lâché. Le principal problème de ces débits objectifs comme le DOE est que l'on ne sait qu'à posteriori s'il sera respecté, car c'est le débit moyen à respecter sur 10 jours consécutifs. Au niveau réglementaire, cette validation est bonne si le DOE est respecté 8 années sur 10.

Quoi qu'il en soit, cet outil de gestion de la ressource permet l'estimation de l'efficacité, c'est à dire de combien le déficit de débit est réduit grâce aux lâchers des barrages. L'enjeu du modèle est donc celui de la conciliation usage/ressource/milieu.

Les évolutions de cet outil vont bientôt mener à un service en ligne pour la visualisation des débits et du soutien d'étiages (par rapport aux stocks).

II.4.b Questions

- En ce qui concerne les prélèvements, prenez vous en compte uniquement ceux effectués directement dans les cours d'eau pour les usages agricoles, ou considérez-vous également les prélèvements par pompage (pour l'AEP par exemple) ou encore les prélèvements industriels ?

Pour l'inventaire des prélèvements nous ne sommes pas rentrés dans les détails, mais pour les pompages AEP par exemple, les prélèvements sont beaucoup mieux connus que pour les usages

agricoles (estimés par simulation), et ils sont donc pris en compte dans les modèles à travers des valeurs bien déterminées. En ce qui concerne les prélèvements industriels, c'est une problématique très minoritaire sur le territoire de la Charente, ils ne sont donc pas pris en compte.

- Le bassin de la Charente a de gros problèmes de nitrates, c'est une particularité qui n'a pas été mentionnée, les soutiens d'étiages prennent-ils en compte ce problème ?

Il s'agit là d'une problématique de politique publique, mais les DOE doivent justement être définis de façon à ce que le débit donne un bon niveau de qualité pour les milieux aquatiques. Or, en ce qui concerne les nitrates, nous ne contrôlons pas le paramètre directement mais c'est leur dilution qui améliore la qualité nitrate du cours d'eau, et donc le DOE spécifié.

- Avec l'amélioration de la connaissance et de la gestion des prélèvements agricoles, pourrait-on imaginer de connaître les besoins 10 jours à l'avance, et effectuer des prévisions plus fines pour une meilleure gestion des débits d'étiage, tout ça dans une politique gagnant-gagnant entre gestionnaires et agriculteurs ? Dans ce cas, quels seraient les bénéfices ?

Les prélèvements agricoles sont de mieux en mieux connus, et mis à jour chaque année. Il n'est pas encore envisagé de faire des modèles en temps réel prenant en compte ces données, mais les bénéfices que permettraient un tel dispositif sont évident, à la fois pour les agriculteurs et pour les gestionnaires, le tout dans l'intérêt de la qualité des milieux aquatiques. Pour l'instant la stratégie consiste à être transparent au niveau des usages, effectuer des prévisions et en déduire les volumes prélevables pour l'agriculture. À terme on pourrait envisager l'inversion des processus : connaître avec précision les usages pour pouvoir faire des prévisions de meilleure qualité.

II.5 Estimation des indicateurs nécessaires à la réglementation des cours d'eau

*Intervenant : Emmanuel Balloffet (DREAL Languedoc-Roussillon) ;
mail : emmanuel.balloffet@developpement-durable.gouv.fr*

II. 5.a Résumé de l'intervention

La réforme relative à la gestion quantitative engagée au niveau national depuis 2008 (circulaire du 30 juin 2008) vise à mettre en adéquation les prélèvements avec les volumes prélevables.

A l'origine de cette réforme : le constat fait en 2008 que sur 10 ans, une vingtaine de départements ont connu chaque année des restrictions de consommation et que ce chiffre est bien plus élevé les années sèches.

Actuellement, la gestion des périodes de sécheresse est réalisée dans la région Languedoc Roussillon en utilisant la méthode des VCN3, utilisés pour fixer les seuils de déclenchement des différents niveaux de restriction des usages.

Suite aux études volumes prélevables (EVP) réalisées lors du SDAGE 2009-2015, des plans de gestion des ressources en eau (PGRE) sont en cours d'élaboration dans les bassins versants déficitaires et leur réalisation d'ici à la fin du prochain SDAGE 2016-2021 permettra de faire des économies et de restaurer structurellement l'équilibre quantitatif de ces bassins.

Parallèlement à ce réajustement structurel, la méthode de gestion des sécheresses doit évoluer pour tenir compte des données acquises dans les études volumes prélevables et pour suivre la remontée progressive des débits d'étiages que l'on devrait observer dans les cours d'eau.

II.5.b Questions

- En quoi consistent les travaux d'économie ? Ont-ils déjà commencé ?

Les travaux d'économies concernent tous les usages, à la fois pour l'eau potable, l'eau agricole, celle industrielle et aussi celle utilisée pour faire de l'hydroélectricité.

Dans la région Languedoc-Roussillon, les bassins agricoles sont très importants et sur certains tronçons, une partie du débit est prélevé toute l'année sans déclaration. Ces prélèvements devront être modifiés, notamment en cas de crise, où il serait intéressant de se tourner vers des prélèvements souterrains (pompage). De plus, pour l'agriculture, on choisira maintenant plutôt un arrosage goutte à goutte des parcelles. Des économies sont aussi réalisées en augmentant le rendement des réseaux et donc en faisant la chasse aux fuites.

- Ces travaux ont-ils déjà commencé ?

Oui, ils ont déjà commencé, mais cela reste un challenge. Le diagnostic des travaux tend vers des réductions de prélèvements de 20 à 30% sans prendre en compte les changements climatiques.

- Au niveau du consommateur, y a-t-il des économies ?

Oui il me semble que le ratio est passé de 200L par jour à 150L par jour.

- Sur certaines stations hydrométriques gérées par la Dreal il y a des problèmes de données, est-ce à cause des problèmes de continuité écologique ?

Il est vrai qu'en matière d'hydrométrie, lorsqu'il y a une passe à poissons sur des stations précises, il faut tout recalibrer afin de relier les chroniques. Il s'agit là d'une difficulté supplémentaire inévitable.

On évite alors en fonction du possible de construire des seuils justement à cause de cette contrainte.

II.6 Table ronde : La gestion actuelle de l'eau, qui consiste à limiter les usages prélèvements non prioritaires lors des crises, répond-elle aux impacts des étiages sévères ?

*Intervenants : Christian Perret (EDF DTG, Grenoble) ;
Aurélien Despax (doctorant, Grenoble) ;
Alain Gauthier (Eaucea, Toulouse) ;
Emmanuel Balloffet (DREAL Languedoc-Roussillon) ;*

Introduction de la problématique :

La recrudescence des étiages au cours de ces dernières années nous amène à réfléchir sur la gestion de ces événements. La gestion actuelle a pour but de favoriser lors des étiages sévères, le maintien des usages prioritaires.

Ces étiages sont marqués par une forte diminution du débit pouvant aller jusqu'à l'assèchement du cours d'eau en certains tronçons, perturbant l'écosystème aquatique.

Des programmes d'actions ont été mis en place à travers notamment le Plan de Gestion d'Étiage pour améliorer le partage de la ressource et la qualité écologique du milieu naturel.

Cela nous amène à réfléchir sur la question générale suivante :

La gestion actuelle de l'eau, qui consiste à limiter les prélèvements non prioritaires lors des crises, répond-elle aux impacts des étiages sévères ?

- Que pensez-vous à ce sujet M. Balloffet ?

E. Balloffet : Actuellement, on considère que l'on est en gestion de crise, de manière quinquennale, et que des étiages sévères et exceptionnels ont lieu tous les 10 ans. La gestion actuelle regroupe à la fois la gestion de crise conjonctuelle et de crise structurelle, mais on considère que des plans de gestions bien établis permettraient de diminuer les crises structurelles.

Le préfet possède la capacité de remonter les niveaux actuels des outils de gestion, et la sensibilisation et la prévention peuvent être également efficaces. Concernant les règlements sur les barrages, leur changement est limité car ils permettent de lutter contre les crues. Des tours d'eau peuvent aussi être organisés pour l'agriculture afin de mieux gérer la gestion : par exemple, les premiers jours des prélèvements pour la rive droite et le reste de la semaine pour la rive gauche. Ceci permet d'éviter que tous les prélèvements aient lieu en même temps.

C. Perret : EDF est très impliqué sur cette question et il est de ce fait très difficile d'y répondre. Dans la gestion des étiages, EDF peut se retrouver dans différentes situations :

- EDF est gestionnaire sur certains bassins (comme la Durance), car cela est inclus dans la concession.
- Sur le bassin Adour-Garonne ils sont acteurs car signataires de convention avec les usagers et délivrent ainsi des volumes contractualisés à l'avance.
- Dans d'autres cas EDF est bénéficiaire, par exemple les 4 centrales nucléaires présentes sur la Loire sont dépendantes et totalement pourvues par le soutien d'étiage du fleuve.
- Ils peuvent aussi être bénéficiaires par le biais de conventions internationales, comme sur le Rhône (bénéficiaires cadre industriel).

- Et qu'en est-il des problèmes de contaminants lors des étiages ?

A. Gauthier : Les contaminants ne sont pas pris en compte dans les modélisations, mais elles le sont dans les études confiées. Si jamais il y a un problème de pollution, il faut ainsi le prendre en compte dans le travail amont (non opérationnel). En cas de crise, les décisions se prennent au niveau préfectoral et non pas dans les bureaux d'études.

E. Balloffet : A l'amont, il est possible d'utiliser des modèles et de jouer sur les débits utiles du cours d'eau. Cependant cela ne marche pas sur la partie amont, il est nécessaire d'utiliser les données quantitatives de stations de qualité. Ces stations possèdent des suivis de données sur les algues et micro-algues qui permettent de définir l'état écologique du cours d'eau.

- Les plans de gestion des étiages prennent-ils en compte l'augmentation de la population sur le littoral ?

E. Balloffet : Actuellement le bassin de l'Hérault n'est pas trop déficitaire. Sur la partie amont, il y a moins de ressources et il y a une amélioration de l'hydrométrie à faire. En conclusion, la situation actuelle n'est pas catastrophique. Cependant les réels enjeux sont à venir avec l'augmentation des volumes prélevables.

C. Perret : Sur le bassin Adour-Garonne, l'irrigation représente 70% des prélèvements totaux, les efforts réalisés au cours des dernières années sont plutôt favorables et globalement, les prélèvements auraient même tendance à diminuer. La vraie question sur les usages de la France reste sur le modèle économique.

A. Gauthier : Les études Adour-Garonne 2050 proposent une projection utilisant une modélisation climatique et hydrologique du bassin. Les résultats montrent une tendance des besoins en augmentation (700 millions de m³), qui sont nettement supérieurs aux volumes prélevés actuellement. Il sera donc nécessaire de s'adapter aux ressources présentes.

E. Balloffet : Un ajustement des débits d'objectif d'étiages sera nécessaire pour diminuer les incertitudes hydrométriques. Il existe un suivi afin de réajuster les débits suivant les nouvelles technologies, cependant l'aspect économique de cet ajustement est important.

- Est-ce que des projets comme l'Aqua-Domitia en Languedoc-Roussillon pourront répondre à des problèmes d'étiage ?

E. Balloffet : Le projet Aqua-Domitia concerne le renforcement des eaux sur les côtes : de l'eau du bas Rhône sera acheminé à travers le Languedoc-Roussillon jusqu'à Perpignan. Ce renforcement, de 2,5m³/s au maximum, apportera des solutions mais pas à toutes les problématiques. Les premières limites de ce projet se font déjà sentir.

- Quelles sont les difficultés pour coordonner les alertes ?

E. Balloffet : La circulaire de 2011 rappelle cet ensemble de points. La tendance actuelle est d'uniformiser les débits afin de déterminer des débits d'alerte, des débits d'alerte renforcée et des débits de crise.

C. Perret : Il s'agit d'une loi qui est simple, mais chaque syndicat de bassin a ses propres libertés. Heureusement car il existe des spécificités à chacun de ces bassins. De plus, on peut se retrouver avec 6 parlementaires lors de réunions, d'où la difficulté de trouver un accord. Il y a des améliorations à effectuer sur l'efficacité de ces réunions. Il serait préférable qu'il y ait une remontée de ces compétences au sein de l'Etat.

Public : Il faut savoir que la période d'étiage sévère sur la Garonne n'est pas au moment où il y a le plus de prélèvements. Il faut différencier différents systèmes de gestion, comme celle de type « Robinet avec réserve » qui donne la possibilité de contrôle et d'action dans le bassin. Ainsi, il n'y a

pas lieu de traiter les prélèvements mais les volumes prélevables au cours d'une année. La gestion au jour le jour, ne se fait que sur des prélèvements et des réductions.

- Les étiages restent des phénomènes peu étudiés par rapport aux inondations. Est-ce que dans vos structures respectives, vous percevez des évolutions (budget alloué, études en cours, moyens humains) par rapport à cette situation avec une prise de conscience des conséquences de l'étiage ?

C. Perret : Lorsque nous étions capables de disposer des données en temps réel, les personnes qui faisaient de la surveillance hydrologique se sont tournées vers la prévision de crue à cause du côté spectaculaire. Il a fallu attendre le milieu des années 80 pour se rendre compte de la problématique de la gestion de l'eau. Les années passant, les personnes se sont rendues compte que la question d'approvisionnement devaient se développer jusqu'à l'évènement de 2003 qui a été marquant pour le nucléaire. Les personnes ont commencé à craindre une pénurie d'eau pour les centrales nucléaires ce qui a entraîné une prise de conscience. Les partenaires s'organisent désormais pour gérer "le passage de l'été" et ainsi participent à la prévision des étiages et de la météo. A travers le SDAGE et les différents arrêtés, il faut s'adapter aux situations tout en respectant la réglementation.

A. Gauthier : Le soutien d'étiage existait déjà en 2003 sur la Garonne, puis cet évènement a provoqué la recherche d'amélioration de l'efficacité des modélisations. Dorénavant, nous essayons chaque année de mieux justifier les usages de l'eau, même si en fin de compte la responsabilité et la prise de décision reviennent aux gestionnaires. Sur la Garonne existent des conventions avec quelques gros systèmes de pompes, qui sont une aide importante pour mieux prévoir les usages.

E. Balloffet : La méthode VCN3 (utilisée dans le Languedoc-Roussillon) est élaborée dans les années 2003/04. En matière d'hydrométrie, de grands moyens sont donnés à des stations de crue mais on commence à donner de plus en plus de poids aux stations de basses eaux (indispensables pour la gestion de sécheresse).

Public : L'économie est un facteur important à l'échelle du bassin. De gros progrès sont à faire sur la métrologie des compteurs qui sont souvent sous-estimés. Il faut mettre en place de nouvelles méthodes d'irrigation pour faire des économies.

- Public : Les ressources hydriques se raréfient. Est-ce qu'au niveau politique, il y a une réflexion sur un marché de l'eau (importation-exportation) d'un pays à l'autre ?

C. Perret : Je vais répondre en posant une autre question : Avec la politique agricole actuelle, à propos de la circulation des ressources (viande, fruits, légumes....), n'est-ce pas un transfert d'eau de manière indirecte ?

- Public : La persistance à la sécheresse est-elle prise en compte pour les usages et modes d'usages utilisés dans les modèles ?

E. Balloffet : Ils ne sont pas pris en compte dans les modèles, mais les conditions sont déjà défavorables dans le cas des sécheresses. Le préfet sera effectivement dans une mauvaise position si la sécheresse dure sur plus de 8 années sur 10 mais c'est pour l'heure inévitable.