



**HAL**  
open science

**Impact sur les débits réservés de la loi sur l'eau les milieux aquatiques. Mise en conformité des aménagements hydroélectriques de l'Unité de Production Sud**

Camille Alava

► **To cite this version:**

Camille Alava. Impact sur les débits réservés de la loi sur l'eau les milieux aquatiques. Mise en conformité des aménagements hydroélectriques de l'Unité de Production Sud. Energie électrique. 2009. dumas-00517809

**HAL Id: dumas-00517809**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00517809v1>**

Submitted on 15 Sep 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Rapport Final de Travail de Fin d'études

# Impact sur les débits réservés de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques

## *Mise en conformité des aménagements hydroélectriques de l'Unité de Production Sud-Ouest*

ALAVA Camille



Tuteurs :

*ECL :*  
FRY Jean-Jacques

*Entreprise :*  
VIALARET Sébastien  
BERCOVITZ Yvan

Option : Génie Civil

Filière : Environnement

Métier : Ingénieur Recherche et Développement

## Remerciements

Mes remerciements vont en premier lieu à Messieurs Jean-Luc PERLOT et Charles TEISSON, qui, en m'accueillant dans leurs services respectifs, m'ont permis de mener à bien le projet le plus intéressant de ma jeune carrière.

J'adresse ensuite mes sincères remerciements à mes deux tuteurs, Sébastien VIALARET et Yvan BERCOVITZ, pour m'avoir si bien encadré tout au long du stage. Merci pour votre disponibilité, votre bonne humeur et votre soutien, tant humain que professionnel, dans les périodes difficiles.

Je tiens tout particulièrement à remercier l'ensemble des agents qui m'ont accompagné lors des visites sur le terrain. Leur gentillesse et leur attention ont fait de ces visites des rencontres enrichissantes à tout points de vue : c'est bien grâce à vous que j'en ai appris le plus sur le monde de l'exploitation hydraulique.

Merci donc à Christian PECONDON (GU Campan), pour ses conseils avisés en morilles; à Jean-Marc BRUZOU (GU Baralet), pour m'avoir guidé jusqu'à la jolie prise d'Anitch; à Frédéric RAYNAL (GU Couserans), pour son aide et sa patience; à Didier GONCALVES (GU Aston), pour sa gentillesse et son implication; à Didier MAUGARD (GU Pouget), pour sa disponibilité et son amabilité (encore merci pour les plans!); à Jean-Pierre SICRE et Robert ALIOT (GU Vallées d'Ax), pour ce repas partagé au refuge du Lanoux, merci également à Patrick DAVID pour avoir partagé avec moi son expérience et à Jérôme TURREL pour m'avoir accompagné même quand ce n'était pas prévu; à Bruno MENSAN (GU Luchon-Cierp), pour avoir partagé avec moi sa grande gentillesse et son amour de la montagne, merci également à Phillipe GAILLARD pour son humour et à Emilien FLORENTIN pour sa sympathie et son accueil toujours chaleureux; à Gérard MOLINER (GU Val d'AZUN), pour sa gentillesse et sa considération, pour m'avoir fait aimé la belle vallée d'Arrens (au plaisir de te revoir), merci également à Christian COUMET pour ce repas partagé au refuge de Migouelou; à Alain DUCAMP et Arnaud BIONDI-LESTABLE (GU Pragnères), pour leur humour; à Jean-Marc HERNANDEZ (GU Nestes) pour m'avoir gentiment guidé au fond des galeries obscures des prises de Badet, Gela et Saux; à François SIRVIN (GU Aude-Tech), pour sa disponibilité malgré la fatigue; à Jean-Michel LARGENTE (GU Baigts-Asasp), pour son humour et sa disponibilité et, enfin, à Michel BRUN (GU Auzat), pour ses conseils avisés, son aide et son attention.

Je remercie également l'ensemble du personnel de l'UPSO de m'avoir si rapidement adoptée : travailler à vos côtés au quotidien est un plaisir. Merci à l'ensemble de l'équipe MMP (qui ne serait rien sans l'humour à toute épreuve de Paul BARTHET), merci aux très sympathiques collègues de la METE et de la MPP, sans oublier les assistantes Rachel, Béa et Valérie qui, par leur gentillesse, sont le véritable atout féminin de l'unité ! Un merci tout particulier à Calixte MIEZAN qui, en m'accueillant dans son bureau, m'a généreusement offert son amitié et son aide indéfectible.

Enfin, une pensée spéciale pour mes collègues stagiaires (Yvan SERIEYE, Mathilde ZANETTE, Myriam COMOY, Julie LASFARGUE, Yannick DELAPLACE et Marine TRAN) que je remercie pour leur solidarité et leur amitié. Merci également à Thibault DEMANGE, mon camarade alpin dans le combat pour la défense des débits réservés.

## **Résumé du rapport :**

L'exploitation hydroélectrique implique le détournement d'une partie du débit issu des cours d'eau. Prélevé par des prises d'eau, ce débit est acheminé, via un réseau de galeries, vers une ou plusieurs conduites forcées qui elles mêmes débouchent au niveau d'usines de production électrique. Il rejoint ensuite le lit de la rivière en empruntant le canal de fuite de la centrale. Chaque prise d'eau génère donc un tronçon de rivière court-circuité où l'absence d'eau peut mettre en péril la survie des espèces. Le débit réservé, instauré légalement dès 1919, a pour objectif de préserver les milieux aquatiques : il est défini comme le débit minimal libéré par la prise d'eau dans le lit naturel de la rivière. La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006 (LEMA) impose, à échéance du 1<sup>er</sup> janvier 2014, l'augmentation des débits réservés à hauteur du 1/10<sup>ème</sup> ou du 1/20<sup>ème</sup> du débit moyen interannuel selon les cas.

Le projet national « Débits Réservés 2014 » a pour objectif d'assurer la mise en conformité de l'ensemble des aménagements de la Division Production Ingénierie Hydraulique (DPIH) d'EDF. Il établit une répartition des tâches en distinguant, sur des critères techniques, les mises en conformité impliquant des modifications complexes du dispositif de restitution et celles qui ne représentent que de simples modifications. Les premières sont placées sous la responsabilité du Centre d'Ingénierie Hydraulique (CIH), maîtrise d'œuvre intégrée de la DPIH. La responsabilité des secondes est portée par chacune des cinq Unités de Production (UP) qui supervisent quotidiennement sur une région donnée (Est, Sud-Ouest, Méditerranée...) l'exploitation des centrales hydrauliques. Dans ce contexte, le présent rapport expose la participation du stage à la démarche mise en place par l'Unité de Production Sud-Ouest pour répondre à la nécessité d'augmentation des débits réservés concernant les « cas simples ».

Dans un souci de connaissance approfondie des aménagements, l'étude débute par une visite sur site. Cette prise de contact avec le terrain permet d'appréhender la spécificité de chaque prise d'eau et de collecter l'ensemble des données techniques nécessaires à la réalisation du dispositif de restitution du débit réservé. Elle est également l'occasion de recueillir l'avis de l'exploitant. L'étude de dimensionnement fournit ensuite, aussi précisément que possible, la typologie des modifications à apporter au dispositif de restitution. Les recommandations doivent également prendre en compte les éventuels dispositifs de contrôle sur site ou de supervision à distance du débit réservé. Dans une volonté de standardisation à l'échelle nationale, la trame d'une « fiche-type », regroupant description de l'existant et définition des modifications, a été rédigée à l'UPSO. Cette fiche constitue le support de l'étude et le livrable de référence attendu pour chaque site. Son utilisation est aujourd'hui élargie à une grande majorité des entités de la DPIH. Via ces modalités, plus de 80 % des prises d'eau ont été visitées durant la durée du stage et plus de 50 % des modifications planifiées pour 2010 ont été étudiées.

*Mots-clés libres :*

*Hydroélectricité; Environnement; Débit réservé; Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques.*

## **Abstract:**

*Hydroelectric exploitation requires the diversion of natural water streams from their original course. After being removed from watercourses by water intake stations, they are transported through tunnels and penstocks towards the power plants. Once used, the flow returns the river bed going through the plant tailrace. Each water intake thus creates a short-circuited watercourse section in which the lack of water can endanger the survival of species. Restricted flows, legally established in 1919, aim at protecting aquatic environments: they are defined as the minimum flows delivered by water intakes in the natural water bed. The water and aquatic environments law of 2006 impose, with a deadline set on January 1<sup>st</sup> 2014, a restricted flow increase up to one tenth or one twentieth of watercourses mean flows depending on cases.*

*The “Restricted Flows 2014” national project aims at ensuring the compliance of all EDF installations throughout the French territory. It sets up an allocation of tasks by distinguishing on technical standards between compliance works that require important changes and interventions that only account for simple changes. Former interventions are placed under the Center of Hydraulic Engineering (CIH) responsibility. Latter works are to be realized by each one of the five Production Unities that daily supervise on a given area (East, Southwest, the Mediterranean area...) power plants exploitation. In this context, the present report outlines the approach adopted within the Southwest Unity of Production in order to address the necessity of a restricted flow increase.*

*With the intention of gaining a thorough knowledge of all installations, the study starts with a fieldwork stage. This contact with the field allows a better comprehension of each site and gives an opportunity to gather all technical data needed for the sizing study. It also enables an important dialogue with the operator, the only person to be daily in close contact with the water intake. The sizing study then provides as precisely as possible the typology of changes to be executed on the restitution device. These specifications can also include adjustments to be made on potential control or supervision devices that might be needed. In hopes of a national standardization, the framework of a standard dossier, containing both a description of the existing device and a definition of the adjustments to be made, was composed at the Southwest Unity of Production. It is the study mounting and the work to be delivered for each water intake. Its use has been widened to most of the Division of Hydraulic Production and Engineering (DPIH) entities. By these modalities, more than 80 % of water intakes visits have been made during the training period, along with more than 50 % of the sizing studies scheduled for 2010.*

## *Keywords:*

*Hydroelectricity; Environment; Restricted flows; Water; Aquatic environments.*

# Tables des matières

<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>1</b>
<b>TABLES DES MATIÈRES .....</b>	<b>4</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>8</b>
<b>1 CADRE GÉNÉRAL DU STAGE .....</b>	<b>9</b>
1.1 L'HYDRAULIQUE AU SEIN DE LA PRODUCTION D'EDF .....	9
1.1.1 L'ENERGIE HYDRAULIQUE .....	9
1.1.2 LA DPIH .....	9
1.1.2.1 LES ENJEUX ET PROCESSUS DE LA DPIH .....	10
1.1.2.2 LE MODE D'ORGANISATION DE LA DPIH.....	11
1.1.2.2.1 LE CENTRE D'INGENIERIE HYDRAULIQUE (CIH) .....	11
1.1.2.2.2 LA DIRECTION TECHNIQUE GENERALE (DTG) .....	12
1.1.2.2.3 L'UNITE DE PRODUCTION SUD-OUEST (UPSO).....	13
<b>2 CONTEXTE DE LA MISSION .....</b>	<b>15</b>
2.1 NOTION DE DEBIT RESERVE.....	15
2.1.1 PRISE D'EAU .....	15
UNE GRILLE ET UN OUVRAGE D'AMENEE SUFFISENT A ASSURER LE CAPTAGE DES PETITS TORRENTS : LES PRISES D'EAU DITES « DE MONTAGNE » OU « TYROLIENNES » NE SONT BIEN SOUVENT DOTEES QUE DES CES DEUX ELEMENTS. ....	16
2.1.2 TRONÇON COURT-CIRCUITE .....	18
2.2 LOI SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES (LEMA).....	19
2.2.1 CONTENU DU TEXTE .....	19
2.2.2 CONSEQUENCE D'UN NON-RESPECT .....	20
2.3 LE PROJET NATIONAL « DEBITS RESERVES 2014 » .....	20
2.3.1 PROJET NATIONAL "DEBITS RESERVES 2014", CADRE ET OBJECTIFS :.....	20
2.3.1.1.1 PERIMETRE GLOBAL DU PROJET.....	20
2.3.1.1.2 LA REPARTITION « CAS SIMPLES », « CAS COMPLEXES ».....	20
2.3.2 LE PROJET "DEBITS RESERVES 2014" A L'UPSO :.....	21
2.4 ENJEUX DE L'ETUDE .....	22
<b>3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....</b>	<b>23</b>
3.1 DETAILS DU CAHIER DES CHARGES .....	23
3.1.1 PROBLEMATIQUE .....	23
3.1.2 TERRITOIRE DE L'ETUDE.....	23
3.2 CONTRAINTES A RESPECTER .....	24
AU DELA DES EXIGENCES STRICTES DU CAHIER DES CHARGES, LE TRAVAIL A MENER EST INFLUENCE PAR DIFFERENTES CONTRAINTES QUI VIENNENT, PARFOIS DE MANIERE IMPLICITE, ORIENTER LES CHOIX ET LES ARBITRAGES. CES CONTRAINTES RELEVANT POUR CERTAINES D'UN RESPECT DE LA STRATEGIE DU GROUPE, MAIS ELLES PEUVENT EGALEMENT REFLETER LES RISQUES QUI PESENT SUR LE PROJET. ....	24
3.2.1 STRATEGIE EDF .....	24
3.2.1.1 MINIMISER LES INTERVENTIONS.....	25
3.2.1.2 DEVELOPPER LA REGULATION DES DEBITS .....	26
3.2.1.2.1 REGLE DE DIMENSIONNEMENT : DEPENDANCE DU DEBIT A LA COTE ..	26

3.2.1.2.2	LA NECESSITE D'UNE REGULATION .....	29
3.2.1.3	RECENTRER L'EXPLOITANT SUR SON CŒUR DE METIER .....	29
3.2.2	ANALYSE DE RISQUES DU PROJET .....	29
<b>4</b>	<b>ETAT DES CONNAISSANCES .....</b>	<b>30</b>
4.1	INVENTAIRE DES DISPOSITIFS DE RESTITUTION .....	30
4.1.1	LES VANNES .....	30
4.1.2	ORIFICES ET AJUTAGES .....	31
4.1.3	LES PIQUAGES.....	31
4.1.4	LES SIPHONS .....	32
4.1.5	AUTRES TYPES DE DISPOSITIFS.....	33
4.1.5.1	DISPOSITIFS NATURELS OU PROVISOIRES.....	33
4.1.5.2	DISPOSITIFS INNOVANTS .....	33
4.2	AUDIT DES DEBITS RESERVES ET RETOUR SUR EXPERIENCE .....	35
4.3	DISPOSITIFS DE CONTROLE ET DE SUPERVISION DU DEBIT .....	36
4.3.1	CONTROLE SUR SITE DU DEBIT .....	36
4.3.2	SUPERVISION DU DEBIT A DISTANCE .....	39
4.4	ETAT DES LIEUX DE LA COLLECTE D'INFORMATIONS .....	40
<b>5</b>	<b>CAS SIMPLES : ETUDES ET DIMENSIONNEMENTS .....</b>	<b>41</b>
5.1	DESCRIPTION DE LA DEMARCHE GLOBALE .....	41
5.1.1	PREPARATION PRE-VISITE .....	42
5.1.2	REALISATION DE LA VISITE.....	42
5.1.3	EXPLOITATION POST-VISITE.....	43
5.2	LA « FICHE-TYPE » PRISE D'EAU : SUPPORT D'UNE DEMARCHE UNIFORMISEE.....	43
5.2.1	OBJECTIFS DE LA « FICHE-TYPE » .....	43
5.2.1.1	UN SUPPORT DE L'ETUDE DE DIMENSIONNEMENT.....	44
5.2.1.2	UN MOYEN DE CAPITALISER L'INFORMATION.....	44
5.2.1.3	UNE BASE POUR LA PHASE DE REALISATION.....	44
5.2.2	CONTENU DE LA « FICHE-TYPE » .....	44
5.2.2.1	ONGLET « DESCRIPTION GENERALE » .....	44
5.2.2.2	ONGLET « DISPOSITIF EXISTANT » .....	46
5.2.2.3	ONGLET « TRAVAUX A REALISER ».....	47
5.2.2.4	ONGLET « NOUVEAU DISPOSITIF » .....	49
5.2.2.5	ANNEXES .....	49
5.2.2.6	UNE UTILISATION AUTOMATISEE .....	49
5.3	LA DEMARCHE DE STANDARDISATION .....	50
5.3.1	LA NOTE DE CALCUL « ORIFICES » .....	50
5.3.2	MISE EN PLACE D'AJUTAGES STANDARDS .....	51
5.4	GESTION DE PROJET .....	52
5.4.1	ORGANIGRAMME DES TACHES .....	52
5.4.2	SUIVI DE L'AVANCEMENT .....	52
5.4.3	PLANIFICATION.....	53
<b>6</b>	<b>BILAN ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>53</b>
6.1	BILAN DE L'AVANCEMENT DU PROJET .....	54
6.1.1	AVANCEMENT GLOBAL.....	54

6.1.2	CONTRIBUTION APPOREE AU PROJET .....	54
6.1.3	BILAN DE L'EXPERIENCE ACQUISE .....	55
6.2	PERSPECTIVES .....	55
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>56</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>57</b>
	<b>TABLES DES ANNEXES .....</b>	<b>58</b>



## Table des illustrations

Figure 1: Rappel du principe général de l'hydroélectricité .....	9
Figure 2 : Carte des cinq Unités de Production de la DPIH.....	11
Figure 3: Exemple d'un chantier CIH, la vidange du barrage de Grandes Pâtures .....	12
Figure 4 : Une équipe de la DTG lors d'une campagne de mesure .....	13
Figure 5 : Les quatre GEH de l'UPSO.....	13
Figure 6 : A gauche, grilles et dégrilleur de la prise latérale d'Orle (GU de Couserans);.....	16
Figure 7: Exemple d'une prise d'eau de montagne équipée uniquement de grilles et d'un canal d'aménée (prise de Bencieole, GU Val d'Azun).....	16
Figure 8 : L'ouverture de la vanne de vidange de la prise d'eau du Linas (GU Aude-Tech) permet d'évacuer les sédiments accumulés .....	17
Figure 9 : Principe de fonctionnement et organes d'une prise d'eau .....	18
Figure 10 : Notions de tronçon court-circuité et de débit réservé .....	19
Figure 11: Répartition des types de modifications à réaliser sur l'ensemble de l'UPSO.....	23
Figure 12 : Cartographie des types de modifications sur le territoire de l'UPSO .....	24
Figure 13 : Formule de calcul du débit dans le cas d'un orifice .....	27
Figure 14 : Définition de la cote minimale d'exploitation physique sur la prise d'eau du Linas (GU Aude-Tech) .....	28
Figure 15 : Cotes caractéristiques d'une retenue .....	28
Figure 16: A gauche, restitution par ouverture de vanne à la prise de Lescun Inférieur (GU Baralet);.....	30
Figure 17 : A gauche, orifice percé dans une vanne de la prise de Balamet (GU du Couserans);.....	31
Figure 18 : A gauche, principe d'un piquage sur une conduite; A droite, piquage au travers de la paroi du canal d'aménée de la prise d'Estaing Inférieur (GU Val d'Azun).....	32
Figure 19 : Piquage complété par un ajutage amovible sur la prise d'eau de l'Aiguette (GU Aude-Tech).....	32
Figure 20 : Répartition des types de dispositifs pour le "cas simples" de l'UPSO.....	33
Figure 21 : A gauche, schéma de principe du régulateur à flotteur; A droite, site pilote de la prise d'eau de St-Bruno où le dispositif est protégé par une cage .....	34
Figure 22 : Schéma de la vanne de régulatrice de pression aval du constructeur RAMUS.....	34
Figure 23 : L'ouverture motorisée des vannes de la prise d'eau de Lescun Inférieur (GU Baralet) peut permettre une régulation du débit réservé .....	35
Figure 24 : Origines des non-conformités relatives aux débits réservés.....	35
Figure 25 : Comparatif des différents profils d'ajutages .....	36
Figure 26 : L'ancien repère placé en aval de l'orifice a été complété par une échelle en amont pour connaître la valeur du débit (Prise du Nagear Supérieur, GU Vallées d'Ax).....	37
Figure 27 : Schéma de principe d'un déversoir triangulaire.....	38
Figure 28 : A gauche, mise en place d'un déversoir amovible dans le canal de chasse de la prise de Géla (GU Nestes);.....	38
Figure 29 : Débitmètre à ultrasons posés sur le siphon de la prise d'eau de l'Aiguette (GU Aude-Tech).....	39
Figure 30 : Configuration associant contrôle et supervision du débit réservé sur la prise d'eau du Nagear Inférieur (GU Aston) .....	40
Figure 31 : Exemple de confrontation des sources dans le cas de la prise d'eau d'Anitch (GU Baralet).....	41
Figure 32 : La "Check-list", support de la prise de note lors des visites.....	42
Figure 33: Exemple d'automatisation du contenu de la "fiche-type" .....	50
Figure 34 : Principe des ajutages standards.....	51

Figure 35 : Indicateur de suivi global du projet, bilan à l'issue du stage ..... 54

## Introduction

Dans un contexte politique et social toujours plus favorable à la protection de l'environnement, la division hydraulique d'EDF se doit de respecter la législation en vigueur et notamment la loi sur les milieux aquatiques (LEMA) de décembre 2006. Cette dernière impose au producteur d'électricité de maintenir, dans les sections de cours d'eau court-circuités par les aménagements hydroélectriques, un débit minimal, dit débit réservé, nécessaire au maintien de la vie aquatique. Actuellement égal au quarantième du module du cours d'eau, ce débit est porté par la LEMA au minimum au dixième du module interannuel pour la plupart des installations. EDF dispose jusqu'au 1er janvier 2014 pour se conformer à cette réglementation.

Pour répondre à ces objectifs, la Division Production Ingénierie Hydraulique d'EDF inscrit son action au sein d'un projet national appelé « Débits Réservés 2014 ». L'organisation du projet établit une répartition des tâches : les modifications des dispositifs de restitution et de contrôle du débit réservé dites « complexes » relèvent de la responsabilité du Centre d'Ingénierie Hydraulique, maîtrise d'œuvre intégrée de la DPIH ; les modifications « simples » seront, elles, réalisées sous la conduite locale des cinq Unités de Production.

Dans ce contexte, l'Unité de Production Sud-Ouest (UPS O) a dû développer une démarche afin d'assurer la mise en conformité des installations sous sa responsabilité. Avant que la phase de réalisation des travaux ne puisse débuter, une première étape d'étude et de dimensionnement a été nécessaire : le présent document se propose de développer l'ensemble des actions mises en place pour atteindre cet objectif. Après une présentation de contexte de l'étude qui, dans un premier temps, nous permettra de situer les enjeux des modifications à réaliser, la démarche mise en place sera explicitée point par point pour aboutir, dans un deuxième temps, à un état des lieux des résultats obtenus.

# 1 Cadre général du stage

## 1.1 L'hydraulique au sein de la production d'EDF

### 1.1.1 L'énergie hydraulique

L'électricité d'origine hydraulique représente 8 % de l'électricité produite chaque année par EDF. Avec 20,4 GW de puissance installée au travers de 450 sites de production, elle équivaut à un peu moins de treize réacteurs EPR. Mais l'hydroélectricité constitue avant tout une énergie **stockable** et **renouvelable**. En effet, si on ne peut stocker l'électricité à grande échelle, on peut cependant retenir l'eau dans de grands réservoirs au moyen de barrages et emmagasiner ainsi de l'énergie potentielle.

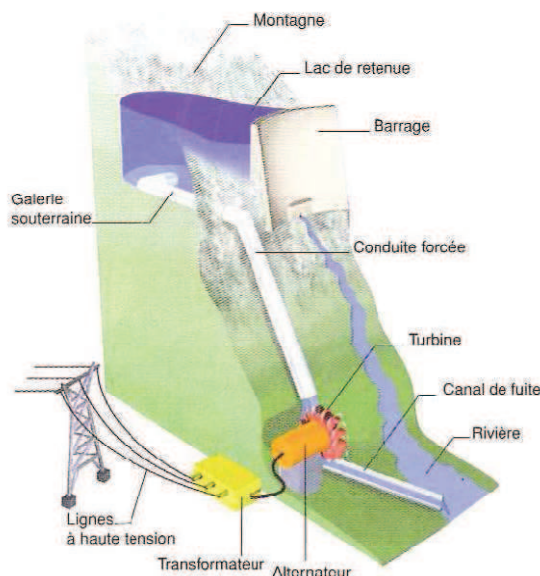


Figure 1: Rappel du principe général de l'hydroélectricité

Outre cet avantage, l'énergie hydraulique est également **mobilisable très rapidement** : lorsqu'on le souhaite, le passage de l'eau d'un niveau supérieur à un niveau inférieur fait tourner une turbine dont l'énergie mécanique est convertie en courant électrique et il suffit de quelques minutes seulement à une centrale hydroélectrique pour atteindre sa puissance maximale. Il faut par contre une dizaine d'heures à une centrale thermique classique et une quarantaine à un réacteur nucléaire pour pouvoir atteindre leur pleine puissance. Ces caractéristiques (souplesse, réactivité, stocks disponibles...) font de l'hydroélectricité un atout majeur du parc de production d'EDF. Cette dernière constitue le moyen idéal d'ajustement de la production lors des pics de consommation (par suite de grand froid, heures de pointe, incidents sur le réseau,...).

### 1.1.2 La DPIH

La production hydroélectrique d'EDF est assurée par sa **Division Production Ingénierie Hydraulique (DPIH)**, dont le siège est situé en région parisienne. Dans un contexte énergétique européen ouvert depuis peu (1<sup>er</sup> juillet 2007) à la **concurrence** et face aux défis de la **sauvegarde de l'environnement**, son activité doit répondre à plusieurs enjeux qui façonnent sa politique et son mode d'organisation.

### 1.1.2.1 Les enjeux et processus de la DPIH

L'ambition de la DPIH est de produire une électricité hydraulique toujours plus performante, plus sûre et plus respectueuse de l'environnement.

L'atteinte de ces objectifs passe par la réalisation d'actions spécifiques formalisées au sein de différents **processus**. En voici quelques exemples :

- **Processus « Sûreté »** : La sûreté liée à l'exploitation des centrales hydrauliques exige qu'un contrôle permanent soit opéré sur chaque site et sur les matériels afin d'écarter tout risque pour les tiers. Par exemple, un barrage évolue sous l'effet du poids, de la pression de l'eau, des variations de température ou encore du passage des crues et une auscultation régulière est nécessaire afin d'éviter tout risque de rupture. Ce processus est aujourd'hui essentiel car il permet de renforcer l'**acceptabilité** des activités de l'entreprise au niveau local en tant qu'industriel sûr.
- **Processus « Maintenance »** : Associée, entre autres, au processus sûreté, la maintenance intervient lorsqu'une anomalie est détectée. Elle permet ainsi la sauvegarde sur le long terme de la bonne santé des installations. Ces interventions ponctuelles correspondent généralement à des travaux de restauration ou d'entretien. En outre, la maintenance courante permet d'apporter au quotidien les conditions nécessaires à une production performante: l'objectif pour les agents de terrain est de faire en sorte, par le biais de petites interventions, que le système réponde le plus efficacement possible aux sollicitations.
- **Processus « Performance »** : EDF n'assure plus à ce jour les activités de transport et distribution de l'électricité, ces missions étant aujourd'hui confiées aux entités filialisées RTE (Réseau Transport d'Electricité) d'une part et ERDF (Electricité Réseau Distribution de France) d'autre part. Concentrée sur ses activités de production, EDF entretient avec ces sociétés des contrats qu'elle doit élaborer et optimiser dans le but de répondre en permanence à l'équilibre « offre-demande » au moindre coût. Il s'agit également de maximiser la recette de production en prenant en compte à la fois les spécificités du parc hydraulique et du marché de l'énergie : on planifiera par exemple la réalisation de travaux plaçant un aménagement en indisponibilité au cours d'une période où le coup de l'électricité est faible, afin de minimiser les pertes.

Le dernier des processus prioritaires de la DPIH est le processus dans lequel s'inscrit le stage : il s'agit **du processus « Environnement »**.

L'énergie hydraulique occupe la première place des énergies non émettrice de CO<sub>2</sub> à l'échelle mondiale et elle représente pour EDF **80 % de l'électricité d'origine renouvelable**. Si, dans un certain sens, elle s'impose donc comme une énergie respectueuse de l'environnement dont le développement doit être soutenu (elle ne participe en effet ni à l'augmentation de l'effet de serre, ni à la pollution de l'air, n'émettant ni CO<sub>2</sub>, ni gaz polluants), il n'en reste pas moins que l'hydroélectricité prend sa place dans le cycle naturel de l'eau (précipitations, fonte des neiges, torrents, rivières) en retenant l'eau dans des lacs de barrage puis en l'utilisant pour produire du courant électrique. La production hydroélectrique implique donc la modification des régimes hydrauliques naturels et l'altération du lit des cours d'eau, autant de phénomènes qui peuvent mettre en danger les espèces et milieux aquatiques.

C'est donc dans un **compromis subtil entre énergie verte et respect des milieux** que cherche à s'inscrire la politique environnementale de la DPIH. D'une part, la volonté est de contribuer à la réduction des gaz à effet de serre en développant le potentiel hydroélectrique (développer les projets de turbinage des débits réservés par exemple) : cette démarche a l'avantage de s'inscrire en plein dans la logique de production et de rentabilité de l'entreprise. A l'inverse, EDF porte une attention toute particulière à la préservation de la ressource en eau et du milieu aquatique. Ce travail de sauvegarde des milieux (augmentation des valeurs de débit réservé, réalisation de passe à poissons...) doit être mené en tenant compte de l'état esprit qui pousse chaque agent EDF à minimiser les pertes d'eau pour produire toujours plus, toujours mieux.

### 1.1.2.2 Le mode d'organisation de la DPIH

Pour mener à bien les axes de sa politique, la DPIH s'est dotée de l'organisation suivante. Elle regroupe cinq **Unités de Production (UP)** hydraulique réparties sur le territoire français :

- l'Unité de Production Sud-Ouest (UPSO)
- l'Unité de Production Méditerranée (UP Med)
- l'Unité de Production Est (UP Est)
- l'Unité de Production Centre (UP Centre)
- l'Unité de Production Alpes (UP Alpes)

et de deux unités d'ingénierie qui apportent leur appui aux activités d'exploitation :

- le Centre d'ingénierie Hydraulique (CIH)
- la Direction Technique Générale (DTG)

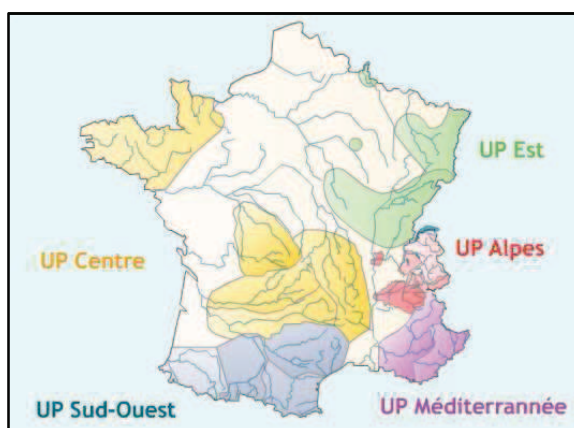


Figure 2 : Carte des cinq Unités de Production de la DPIH

On pourra se reporter à l'organigramme fourni en Annexe 1.

#### 1.1.2.2.1 Le Centre d'Ingénierie Hydraulique (CIH)

Depuis 1946, date de sa création, EDF a constitué une ingénierie hydraulique pour répondre à ses besoins de conception et de construction d'ouvrages hydroélectriques de

production, mais aussi pour assurer un appui technique à leur exploitation et leur garantir une durée de vie maximale. Son domaine d'expertise s'étend des aménagements hydrauliques (barrages, usines, galeries, conduites forcées, canaux) aux usines marémotrices, en passant par les travaux souterrains ou encore l'éolien.

Sur le territoire français, le CIH est organisé en un réseau de 7 sites permanents (Brive, Lyon, Grenoble, Toulouse, Marseille, Mulhouse et un siège situé au Bourget-du-Lac) réparties à proximité des ouvrages. Il regroupe à ce jour plus de 700 agents. A l'échelle internationale, le CIH est présent à travers une cinquantaine de contrats dans plus de 30 pays d'Asie, d'Afrique, et d'Amériques : récemment, le projet Nam Theum 2 a vu la construction d'un barrage au Laos.

Dans la pratique, le CIH opère en tant que **maîtrise d'œuvre intégrée**, assurant la réalisation de travaux devant répondre aux besoins exprimés par le maître d'ouvrage, les UP dans le cadre de l'étude.



Figure 3: Exemple d'un chantier CIH, la vidange du barrage de Grandes Pâtures

#### **1.1.2.2 La Direction Technique Générale (DTG)**

Autre entité fondatrice de la DPIH, la DTG propose son savoir-faire, son expertise et son diagnostic dans le domaine de la mesure à l'ensemble du parc de production du groupe EDF en France et à l'étranger.

Organisée en 8 sites permanents (avec Grenoble pour siège) et regroupant 500 personnes, la DTG se spécialise dans les domaines de la mesure et de la métrologie. Ses équipes sont amenées à intervenir dans les domaines de la surveillance des grands ouvrages de génie civil et des installations électriques, des études d'impacts environnementales ou encore des travaux relatifs à la topographie.

Dans le cadre de la production hydraulique, les agents de la DTG participent entre autres à des campagnes de mesure de débits lorsqu'elles s'avèrent nécessaires.



Figure 4 : Une équipe de la DTG lors d'une campagne de mesure

### 1.1.2.2.3 L'Unité de Production Sud-Ouest (UPSO)

L'UPSO (700 agents), comme les autres Unités de Production de la DPIH, est constituée d'un **Etat-major**, situé à Toulouse, et de sous-unités dont quatre **Groupes d'Exploitation hydraulique** (110 personnes environ par **GEH**), comportant chacun 4 à 5 **Groupements d'Usines (GU)**. L'Etat-major de l'Unité, associé aux quatre GEH, constitue l'organe de supervision et d'optimisation de la production. L'exploitation à proprement parlé est réalisée par les agents des GU, qui, placés sur le terrain, sont les seuls acteurs en contact direct avec l'outil de production. De plus, le Groupe de Maintenance Hydraulique (GMH, 150 personnes) assure la maintenance mécanique spécialisée des ouvrages et des matériels de l'UPSO.



Figure 5 : Les quatre GEH de l'UPSO  
GEH Adour et Gaves, GEH Garonne, GEH Aude-Ariège, GEH Tarn-Agout

L'UPSO exploite l'ensemble des centrales hydrauliques d'EDF de la chaîne pyrénéenne ainsi que celles situées dans les vallées du Tarn, de l'Aveyron, de l'Agout et de leurs affluents. On comptabilise un ensemble de 87 barrages et 126 centrales hydrauliques dont 44 d'une puissance supérieure à 12 MW, ce qui représente un total de 2 645 MW (16% de la production hydraulique en France)

L'Etat Major de l'UPSO se décompose en quatre missions principales. La première de ces missions, la « Mission Performance Production » (MPP), réunit les pôles Performance et Sûreté-Santé-Sécurité. Le premier recherche une optimisation de la production de l'ensemble de l'UPSO. Le second met en place diverses actions pour assurer la sécurité des biens et des personnes dans les usines et autour des installations. La mission « Ressources » développe l'implication et la reconnaissance des agents et renforce le dialogue social.

Les **missions « Eau Titres Environnement » (METE) et « Maintien du Patrimoine » (MMP)** ont été les missions d'accueil du projet.

Les activités de la MMP peuvent être regroupées en plusieurs missions. Tout d'abord, la MMP assure la maintenance spécialisée des aménagements afin de restaurer, lorsque cela est possible, le fonctionnement d'origine de ces derniers. Pour cela les opérations de maintenance sont réparties en quatre catégories : génie civil, hydromécanique, contrôle commande et électrotechnique. La maintenance courante est laissée sous la tutelle des GU et GEH. La MMP assure également la gestion des investissements. Ces derniers visent à améliorer et à développer les installations existantes. Parmi ces opérations, la mise en conformité des débits réservés occupe une place importante. En complément de ces deux missions, la MMP est garante de la gestion du patrimoine (la mise en place d'une cotation des aménagements en fonction des risques permet d'initier des opérations de maintenance) et intervient dans la démarche de sûreté réglementaire (elle mène à bien l'auscultation des ouvrages, réalise des études de danger,...). Au travers de toutes ces activités, la MMP adopte donc une attitude de « propriétaire ».

La METE pilote les renouvellements de titres : ces régimes réglementaires accordés par l'Etat au producteur lui permettent l'exploitation d'un cours d'eau sur une période donnée. Ils peuvent prendre la forme d'une autorisation ou d'une concession selon la puissance de l'aménagement. La mission intègre également la production d'EDF dans le processus environnemental. Ce dernier aspect se décline en trois volets principaux :

- **Le volet « ISO 14001 »** : L'ensemble du groupe EDF a été certifié en 2003. Concernant la production hydraulique, cette démarche se traduit par une analyse environnementale des ouvrages existants afin de caractériser les différents impacts : milieux aquatiques, utilisation des produits chimiques ou huiles, gestion des déchets, etc. A cela s'ajoute un respect dans les faits des exigences réglementaires (**garantie et contrôle des débits réservés**, bonne gestion des déchets...). Des organismes extérieurs vérifient la conformité à la norme et certifient l'entreprise pour une durée de 3 ans.
- **Le volet « Conventions multi-usages »** : il s'agit ici d'assurer le soutien d'étiage tout en préservant la performance de l'outil hydroélectrique. L'étiage d'une rivière correspond à son débit le plus bas ; soutenir les étiages signifie que l'on augmente artificiellement ce faible débit en déstockant de l'eau depuis un barrage afin de satisfaire les **différents acteurs de l'eau** (fédération de pêche, agriculteurs, fédérations de sport en rivière,...).
- **Le volet « Débits réservés »** : ce volet constitue le cadre du stage. Il a pour objectif principal d'anticiper **la mise en conformité des débits réservés attendue pour 2014** en application de la LEMA. Il est également en charge d'en assurer la réalisation.



## 2 Contexte de la mission

Le contexte écologique incertain de ces dernières années entraîne une prise de conscience quant aux contraintes environnementales et leurs enjeux. Cette nouvelle donne écologique nécessite un effort pour adapter les pratiques employées aux besoins futurs. Ainsi, la **réglementation**, relative à l'environnement et plus particulièrement à l'eau et aux milieux aquatiques, est en pleine évolution.

De ce fait, la production hydraulique d'EDF, un des acteurs majeurs de la production d'énergie renouvelable et de gestion de la ressource en eau, doit s'adapter à cette législation afin d'inscrire son activité dans le contexte environnemental actuel.

L'un des grands axes de l'évolution de la réglementation est la **protection de la vie aquatique**. Ceci impacte directement EDF dans la restitution des débits réservés à l'aval de ses ouvrages. Ces derniers sont amenés à être augmentés suite à la nouvelle loi sur l'eau.

### 2.1 Notion de débit réservé

L'hydroélectricité dite « de lac » exploite les apports collectés et stockés dans de grands réservoirs d'altitude. Ces retenues ont été formées par la construction d'un barrage sur le lit du cours d'eau dont les apports ont progressivement rempli le lac. Ces apports sont également complétés par la fonte des neiges d'une part et d'autre part par le captage de l'eau des ruisseaux et rivières avoisinants par l'intermédiaire de ce que l'on appelle une prise d'eau.

#### 2.1.1 Prise d'eau

Le rôle de la prise d'eau est double :

- **capter le débit du cours d'eau** qui sera ensuite acheminé vers la centrale via un réseau de galeries menant à la conduite forcée.
- **filtrer les débris et embâcles** charriés par le cours d'eau (feuilles, branchages, sédiments...) et les poissons pour qu'ils ne pénètrent pas dans la turbine.

Chaque prise d'eau est adaptée à son environnement et au régime hydraulique en présence : aucun ouvrage de prise n'est donc semblable. Il est cependant possible de distinguer plusieurs éléments que l'on retrouve sur la majorité des prises d'eau :

- **Les grilles de prise** : les eaux dérivées au niveau de la prise d'eau passent au travers de grilles dont l'objectif est de retenir les embâcles divers. Placées à la verticale dans les prises d'eau latérales pour lesquelles un barrage forme une retenue ou inclinées et apposées sur le lit de la rivière dans les prises d'eau « par en-dessous », les grilles constituent l'élément commun à toutes les prises d'eau.
- Afin d'éviter toute perte d'eau, il est nécessaire de dégager régulièrement les débris accumulés sur les grilles. Cela s'avère indispensable à l'automne (chutes importantes de feuilles qui viennent boucher les grilles) et au moment de la fonte des neiges (d'avril à juin) où les débits importants charrient une grande quantité d'embâcles. Cette maintenance courante est réalisée manuellement par les agents à l'aide d'un dégrilleur manuel ou automatique.



Figure 6 : A gauche, grilles et dégrilleur de la prise latérale d'Orle (GU de Couserans);  
A droite, grilles de la prise d'eau "par en-dessous" du Nagear Supérieur (GU Vallées d'Ax)

- **L'ouvrage d'amenée** : en aval direct des grilles de prise, un organe (canal, buse, conduite,...), à l'air libre ou enterré, achemine les eaux dérivées du cours d'eau vers la galerie qui les conduira soit à la retenue principale, soit directement jusqu'à la conduite forcée.  
Une grille et un ouvrage d'amenée suffisent à assurer le captage des petits torrents : les prises d'eau dites « de montagne » ou « tyroliennes » ne sont bien souvent dotées que de ces deux éléments.



Figure 7: Exemple d'une prise d'eau de montagne équipée uniquement de grilles et d'un canal d'amenée (prise de Benciole, GU Val d'Azun)

- **Le bassin de décantation ou dessableur** : certains ouvrages d'amenée sont équipés par un bassin dont l'objectif est d'assurer la décantation des sédiments charriés par l'écoulement. L'eau qui rejoint la conduite est alors débarrassée des sédiments qu'elle transportait.

- **Les organes de vidange ou de chasse** : retenues et bassins doivent régulièrement être vidés des sédiments qui s'y accumulent. Pour cela, des vannes situées au fond de ces ouvrages permettent de réaliser des opérations de « chasse » : leur ouverture brutale provoque la formation d'un remous important qui entraîne avec lui une bonne partie des sédiments à l'aval de la retenue. Ces opérations ne sont réalisées qu'en période de crue : les débits importants permettent de dissoudre les sédiments emportés et, ainsi, de limiter leur impact sur les milieux aquatiques.



Figure 8 : L'ouverture de la vanne de vidange de la prise d'eau du Linas (GU Aude-Tech) permet d'évacuer les sédiments accumulés

- **Les ouvrages d'évacuation des crues** : Le passage d'une crue s'accompagne d'un risque important de rupture. Chaque ouvrage de prise est donc doté d'un ouvrage d'évacuation des crues. Dans le cadre du stage, les prises d'eau sont bien souvent équipées de déversoirs : la crête du barrage est arasée dans l'objectif d'évacuer le surplus d'eau lors des crues. En l'absence de ce dispositif, la force de l'écoulement pourrait provoquer la rupture du barrage.

Le schéma ci-dessous résume l'ensemble des éléments qui ont été présentés.

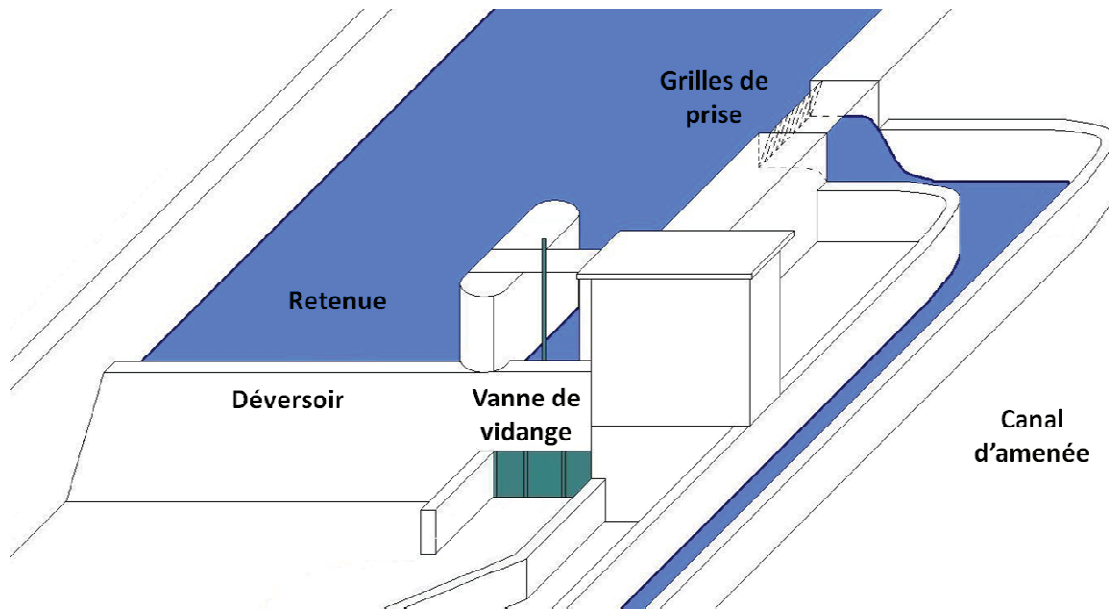


Figure 9 : Principe de fonctionnement et organes d'une prise d'eau

### 2.1.2 Tronçon court-circuité

En détournant les cours d'eau de leurs parcours naturels, chaque barrage et chaque prise d'eau entraînent donc la présence d'un **tronçon de cours d'eau court-circuité**. Dans le cas de figure le plus simple, ce tronçon est situé entre l'ouvrage de prise et l'aval de la centrale hydroélectrique où les apports sont restitués au lit de la rivière par le biais d'un canal de fuite. Dans les cas les plus extrêmes, la dérivation peut entraîner le changement de bassin versant d'une rivière : devant initialement aboutir dans l'océan Atlantique, le cours d'eau finit par se jeter dans la mer Méditerranée. Le débit qui transite dans les tronçons court-circuités, s'il est trop faible, remet en question la qualité des milieux aquatiques et met en danger les espèces qui les peuplent.

Le débit réservé est alors défini comme le débit minimal délivré en permanence dans les tronçons court-circuités pour assurer le maintien des milieux.

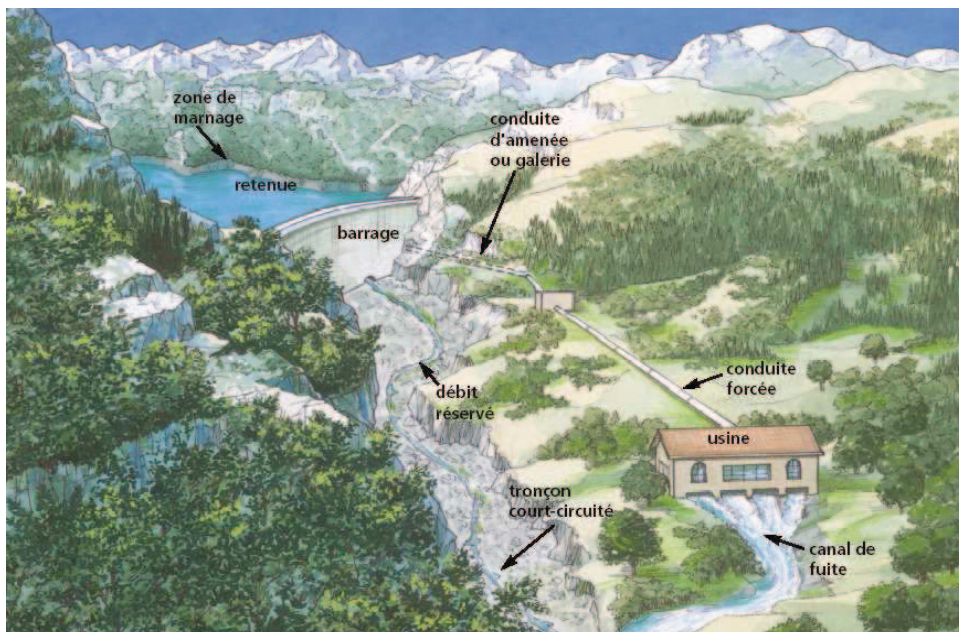


Figure 10 : Notions de tronçon court-circuité et de débit réservé

## 2.2 Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA)

L'article de loi auquel on fait ici référence (L 214-18) peut être consulté dans sa version intégrale en Annexe 2.

### 2.2.1 Contenu du texte

En date du 30 décembre 2006, la LEMA fait suite aux lois sur l'eau de 1964 et 1992, à la loi pêche de 1984 et à la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Elle vise à pratiquer une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau afin de prendre en compte les adaptations nécessaires aux changements climatiques.

Dans la volonté d'atteindre le bon état écologique des cours d'eau, la LEMA a une conséquence directe sur la restitution des débits réservés puisqu'elle stipule que doit être maintenu dans les tronçons court-circuités des barrages ou prises d'eau « un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux ». On appelle ce débit le **débit minimal biologique** (DMB) : si la valeur du DMB ne peut être déterminée que par la réalisation d'une étude de micro-habitats au cas par cas, le débit devra dans la pratique répondre aux critères suivants listés par la loi :

- Restitution d'un **débit minimum** ne devant pas être inférieur au  $1/10^{\text{ème}}$  du module (débit moyen interannuel sur un période de plus de cinq ans) ou restitution du débit amont si celui-ci est inférieur au  $1/10^{\text{ème}}$ , pour les ouvrages situés sur les cours d'eau dont le module est inférieur à  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Restitution d'au moins le  $1/20^{\text{ème}}$  du module pour tous les ouvrages dont le module est supérieur à  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  et les **ouvrages hydroélectriques « de pointe »**, qui seront fixés par un décret (appelé « décret  $1/20^{\text{ème}}$  »).
- Autre valeur possible pour les cours d'eau à **fonctionnement « atypique »** : karstique, milieu abiotique (dépourvu d'espèces vivantes), retenues enchaînées.

- Notion de « **régime réservé** » : possibilité de restituer des débits différents selon les périodes de l'année, à condition que la moyenne annuelle reste supérieure au 1/10<sup>ème</sup> (resp. 1/20<sup>ème</sup> dans le cadre du décret 1/20<sup>ème</sup>) et que le débit minimum ne puisse pas être inférieur au 1/20<sup>ème</sup> (resp. 1/40<sup>ème</sup>).

L'échéance pour la restitution des nouveaux débits réservés est la date du renouvellement de titre de l'aménagement ou au plus tard au **1er janvier 2014**.

### 2.2.2 Conséquence d'un non-respect

Dans le cas où, au 1er janvier 2014, un écart à la réglementation serait constaté à l'aval d'un aménagement par les autorités de contrôle (ONEMA<sup>1</sup> et SPEMA<sup>2</sup>), EDF s'exposerait à la réception d'un **procès verbal** ainsi qu'au paiement d'amendes (de l'ordre de 12 000 €) sanctionnant le non-respect de la loi.

En outre, dans un marché de l'énergie ouvert depuis peu à la concurrence, EDF, dans la perspective de conserver son parc, voire d'acquérir de nouvelles concessions, doit s'inscrire dans le respect la législation en vigueur, sans quoi l'entreprise compromettrait la sincérité de sa démarche environnementale.

## 2.3 Le projet national « Débits Réservés 2014 »

Piloté par le CIH et mobilisant les acteurs de l'ensemble des cinq Unités de Production et de la DTG, le projet national « Débits Réservés 2014 » a pour objectif de mener à bien les travaux de modifications qui permettront le « passage au 1/10ème » sur l'ensemble des prises d'eau exploités par la DPIH, et cela sur une période de 4 ans.

Le stage fait partie intégrante du projet et se concentre, comme nous allons le voir maintenant, sur la mise en conformité des prises d'eau de l'UPSO, dans les cas où les modifications nécessaires seront dites « simples » (cette distinction sera établie plus loin).

### 2.3.1 Projet national "Débits Réservés 2014", cadre et objectifs :

#### 2.3.1.1.1 Périmètre global du projet

Au delà de la mission de **mise en conformité** au sens strict des dispositifs de restitution, le projet national vise l'optimisation des dispositifs de restitution et de contrôle des débits réservés : on cherche ainsi à **limiter les pertes de productible** ainsi qu'à **développer la transparence** vis-à-vis de l'externe (services de contrôle, fédérations de pêche). Le projet national concerne l'ensemble des installations hydrauliques des cinq Unités de Production (UP) réparties sur le territoire français, à l'exception :

- des aménagements qui sont déjà passés au 1/10<sup>ème</sup> (ou au 1/20<sup>ème</sup>)
- des installations dont la mise en conformité se fera avant 2014, au fil des renouvellements de titre

#### 2.3.1.1.2 La répartition « cas simples », « cas complexes »

Afin de faciliter les opérations de mise en conformité et d'assurer une répartition des responsabilités entre les différentes entités de la DPIH, un classement des aménagements

<sup>1</sup> Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

<sup>2</sup> Service de Police de l'Eau et des Milieux Aquatiques

hydrauliques a été réalisé à l'échelle nationale. Il distingue les "cas complexes" des "cas simples". On entend par :

- **Cas simple** : Les travaux à réaliser pour la mise en conformité représentent, pour certains aménagements, des modifications simples. Ces aménagements constituent les « cas simples ». Plus concrètement, on retrouvera sous cette dénomination les prises d'eau où l'adaptation de l'existant impliquera:
  - le réajustement de l'ouverture d'une vanne,
  - l'agrandissement ou la création d'un orifice ou d'un ajutage dans un organe,

Un cas simple est donc identifié lorsque la mise en conformité n'impose pas de repenser totalement le fonctionnement du moyen de restitution. Dans le même ordre d'idée, un critère pratique pourra être le suivant : on se trouve souvent en présence d'un cas simple lorsqu'il n'est pas nécessaire d'affecter le génie civil de l'aménagement concerné.

- **Cas complexe** : à l'inverse, un cas complexe implique des modifications complexes de la prise d'eau, parmi lesquelles on peut identifier :
  - des travaux de génie civil,
  - la modification d'automatisme,
  - le turbinage du débit réservé,
  - la mise en place d'un dispositif innovant complexe.

Dès lors que le passage au futur débit réservé nécessitera des travaux complexes pour assurer la conformité réglementaire, la maîtrise d'œuvre revient à CIH. Ces adaptations intégreront les aspects d'optimisation du débit restitué, avec dans la mesure du possible une standardisation des dispositifs par des systèmes innovants, et la définition du système de contrôle. Ce dernier permet une vérification sur le terrain par l'exploitant ou les agents de la police de l'eau de la bonne conformité du débit. Enfin, on pourra envisager la mise en place d'un système de supervision de la prise d'eau pour faciliter le rapatriement d'informations.

La gestion des cas simple est attribuée à chacune des cinq UP sur l'ensemble de leur territoire propre. Dans notre cas, elle est confiée à l'Unité de Production Sud-Ouest (UPSO).

### 2.3.2 Le projet "Débits Réservés 2014" à l'UPSO :

Dans le cadre du projet, l'UPSO se voit donc attribué les tâches suivantes, réparties au sein de plusieurs lots d'actions :

- **Lot « Inventaire »** : il s'agit d'établir un état des lieux aussi précis que possible des dispositifs actuels (obligations réglementaires en terme de débit réservé, description technique des dispositifs de restitution et de contrôle, etc.). Cet état des lieux est un préalable indispensable qui permet d'évaluer le nombre de modifications à apporter et, ainsi, de planifier les mesures, études et travaux. Il concerne aussi bien les cas simples que les cas complexes. Amorcé uniquement à l'aide des informations disponibles dans les Etat-major d'UP, cet inventaire était incomplet au début du stage.
- **Lot « Administratif »** : pour chaque prise d'eau, une proposition émane de l'UPSO concernant la valeur du débit réservé réglementaire attendu en 2014 en fonction des cas

(1/10<sup>ème</sup>, 1/20<sup>ème</sup>, régimes réservés, cours d'eau atypique). Après transmission aux services concernés (DREAL<sup>3</sup>, DDEA<sup>4</sup>), la liste des futurs débits réservés est soumise à une négociation avant validation définitive. Plusieurs itérations seront nécessaires dans les négociations avec les services de l'Etat pour une validation définitive et il pourra être envisageable pour l'UPSO de lancer des études complémentaires (type micro-habitats) pour étayer son argumentaire.

- **Lot « Classement »** : il s'agit ici de classer chaque aménagement en « cas simple » ou en « cas complexe » en fonction de la complexité des travaux à réaliser. Réalisé par l'UP en collaboration avec CIH au niveau national, ce classement doit être ajusté au cours de l'avancement du projet.
- **Lot « Planification »** : l'UPSO planifie, en collaboration avec le projet national, les études et travaux simples et assure la maîtrise d'ouvrage des travaux complexes. La planification inclut également les besoins en mesures réalisées par DTG.
- **Lot « Etude et réalisation des cas simples »** : l'objectif de la présente mission est en particulier de mener à bien les actions de ce lot. Les actions à mener pour parvenir à la conformité des « cas simples » seront donc détaillées plus loin. On notera cependant ici que, lorsque la modification à apporter à la prise consiste en un réajustement d'ouverture de vanne, la gestion sera détachée aux équipes de la DTG qui disposent des compétences nécessaires à la mesure de débits.

## 2.4 Enjeux de l'étude

Comme on a pu le voir, l'étude touche à deux enjeux importants :

- La **conformité réglementaire** en termes d'environnement (norme ISO 14001) passe par le respect des nouvelles valeurs de débit réservé. Elle constitue un objectif majeur de la DPIH. En effet, de cette conformité dépend l'image d'EDF auprès du grand public et des acteurs locaux de l'eau, mais elle influe également sur la compétitivité du groupe dans une démarche de mise en concurrence des titres établie depuis peu. Si son expérience et sa réputation permettent à EDF d'espérer conserver une grande majorité de ses concessions, il est possible, dans le contexte actuel, que l'aspect environnemental ait une forte influence sur l'attribution du titre. Avec une majorité de concessions renouvelées d'ici 2020, une forte mobilisation est donc nécessaire pour fournir, en peu de temps, un effort considérable.
- L'adaptation des débits réservés se fera au prix d'une considérable **perte de productible**. On estime en effet que la mise en conformité entraînera la perte pour EDF d'environ 1,5 TWh et cela uniquement dans le cas où le décret 1/20<sup>ème</sup> permettrait d'abaisser les valeurs de débits dans certains cas. Dans l'hypothèse où ce décret ne verrait jamais le jour, la perte s'élèverait à **3 TWh**. En se basant sur un tarif de moyen de 50 euros par MWh, les pertes financières atteindraient dans le pire des cas 150 millions d'euros. Au delà d'EDF, c'est bien l'ensemble de la collectivité nationale qui voit disparaître une partie de son potentiel de production renouvelable au profit de la sauvegarde des milieux.

<sup>3</sup> Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

<sup>4</sup> Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture



Ces deux aspects devront être pris en compte dans la réflexion à mener dans le dimensionnement des nouveaux dispositifs de restitution pour **parvenir à l'excellence environnementale** tout en tentant de **préserver au maximum l'outil de production**.

### 3 Objectifs de l'étude

Le projet s'inscrit dans le cadre détaillé et jalonné d'un projet national, il doit donc satisfaire à plusieurs objectifs définis précisément à l'échelle globale du projet. Le respect de ce cahier des charges se fait également en connaissance des contraintes imposées par un contexte particulier.

#### 3.1 Détails du cahier des charges

##### 3.1.1 Problématique

La mission du stage présente plusieurs volets dont l'aboutissement est la rédaction, pour chacune des prises d'eau étudiées, de **préconisations techniques** en termes d'adaptations à réaliser aussi bien sur le dispositif de restitution en lui-même que sur les dispositifs de contrôle et/ou de supervision. L'étude présente donc deux volets principaux :

- Une contribution au projet national, passant notamment par la participation à la volonté de **standardisation des méthodes de dimensionnement** : il s'agit, en s'appuyant sur la littérature scientifique, de standardiser les méthodes de dimensionnement pour la délivrance des débits au travers d'un ajutage ou d'un orifice. L'objectif de cette démarche est d'éviter toute contestation future par les services de contrôle de l'ONEMA et de la SPEMA concernant les nouveaux dispositifs.
- Au niveau de l'UPSO, le projet s'attache à traiter chacune des prises identifiées « cas simple » du territoire de l'Unité. Le dimensionnement fourni permettra l'entame de la phase de réalisation.

##### 3.1.2 Territoire de l'étude

Les phases d'inventaire et de classement du projet national se sont terminées au premier trimestre 2009. Bien qu'amené à évoluer, cet inventaire a permis d'établir une première base de données concernant l'ensemble des prises de la DPIH, ainsi qu'un classement provisoire de chacune de ces dernières en « cas simples » ou « cas complexe ».

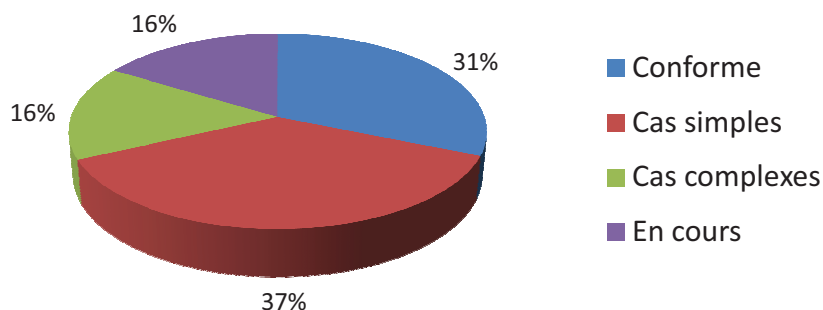


Figure 11: Répartition des types de modifications à réaliser sur l'ensemble de l'UPSO

On dénombre à ce jour un total de 326 prises d'eau sur le territoire de l'UPSO, sur un ensemble de 869 prises à l'échelle de la DPIH. Parmi ces 326 installations, le classement permet d'établir la cartographie des modifications suivantes :

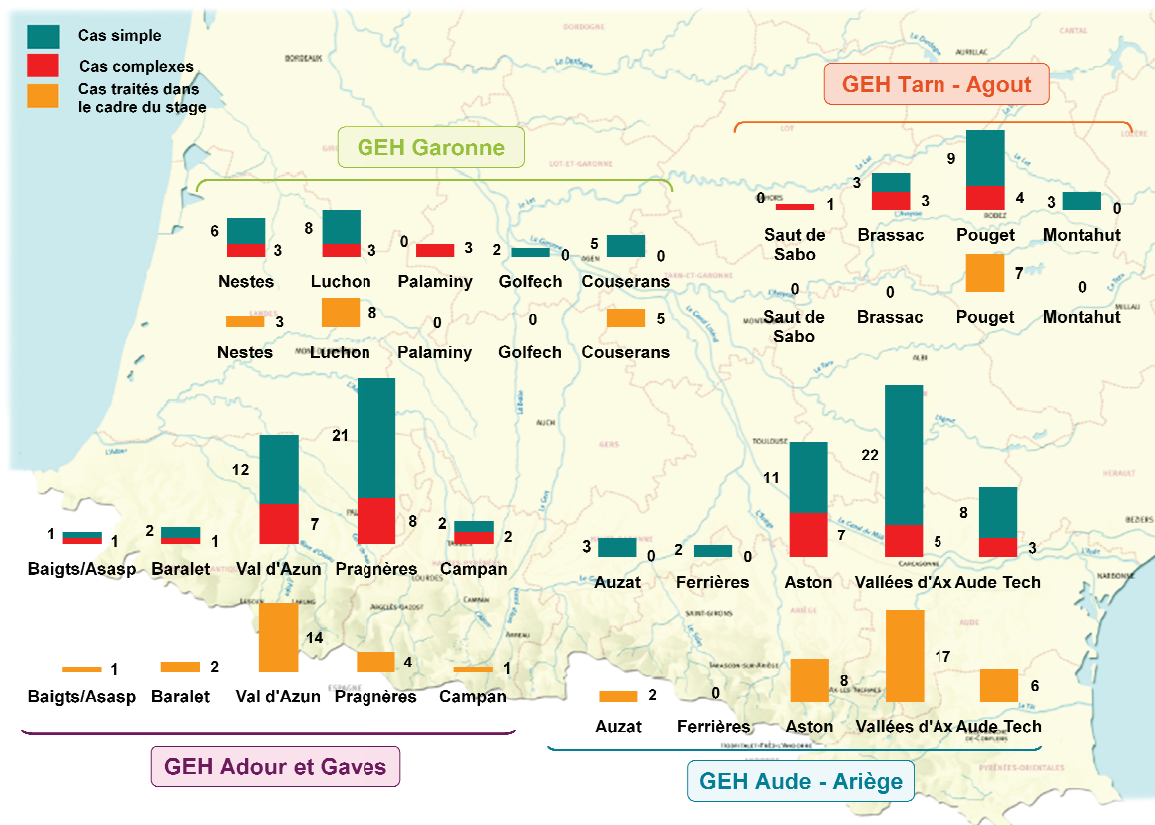


Figure 12 : Cartographie des types de modifications sur le territoire de l'UPSO

On voit ici apparaître une hétérogénéité certaine dans la répartition géographique des cas à traiter : les GEH Aude-Ariège et Adour et Gaves sont nettement plus impactés que les GEH Garonne et Tarn-Agout.

De plus, les prises d'eau étudiées dans le cadre de la mission ne correspondent pas forcément toujours au classement strict « cas simples » / « cas complexes ». En effet, il faut d'une part retrancher au total des « cas simples » l'ensemble des prises où la modification à apporter consiste en l'ajustement de l'ouverture d'une vanne puisqu'on rappelle que ces opérations de calage seront menées par les équipes de la DTG. En outre, les GUs ont parfois pu remettre en question la validité du classement des installations sous leur responsabilité. Face à ces litiges, l'initiative a été prise d'intégrer ces cas à l'étude, portant ainsi à 78 le nombre de prises d'eau à étudier.

### 3.2 Contraintes à respecter

Au delà des exigences strictes du cahier des charges, le travail à mener est influencé par différentes contraintes qui viennent, parfois de manière implicite, orienter les choix et les arbitrages. Ces contraintes relèvent pour certaines d'un respect de la stratégie du groupe, mais elles peuvent également refléter les risques qui pèsent sur le projet.

#### 3.2.1 Stratégie EDF

Confrontée à une obligation réglementaire compromettant de manière très significative son résultat, l'entreprise n'a pas d'autre choix que de positionner sa politique dans une certaine volonté de rigueur. En effet, dans les limites du respect de la loi, l'objectif pour le groupe est de protéger son productible autant que possible, tout en réduisant ses frais d'études

et de travaux. De cette orientation découlent plusieurs règles concrètes qui devront guider le choix des modifications à apporter à chaque site.

### 3.2.1.1 Minimiser les interventions

Dans cette optique, l'étape d'étude devra s'attacher à respecter les recommandations suivantes.

Certaines prises d'eau ne présentent pas de débits réservés : ce dernier est en effet reporté sur une prise en aval. L'établissement d'un **report** peut correspondre à plusieurs facteurs. Tout d'abord, un report peut être établi pour les cours d'eau de très faibles modules. En effet, le débit réservé à restituer est alors très faible (de l'ordre du litre/seconde) et le gain pour le milieu minime. A cela peut s'ajouter un milieu en aval de la prise à **faible intérêt piscicole et faunistique** ou encore une faible distance de tronçon court-circuité. Dans d'autres cas, la nature du milieu entraînera l'infiltration de tout débit relâché : ainsi les roches karstiques empêchent le maintien d'un écoulement en aval des prises. On pourra alors parler de **comportement atypique**. Enfin, d'un point de vue plus pratique, la mise en place d'un report correspond à une volonté d'assurer la conformité de la restitution des débits réservés des prises d'eau d'altitude. En effet, de nombreuses des prises de montagne sont sujettes au colmatage de leur dispositif de restitution (obturation partielle ou totale due à un amasement de feuilles et de branches dans le dispositif). Ce phénomène compromet sur de longues périodes de l'année la validité de la restitution.

Il est bien plus prononcé en moyenne montagne. Les modules étant faibles (surfaces des bassins versants drainés peu étendues), il en découle des valeurs de débits réservés peu importantes : un faible débit correspond dans la pratique à des diamètres de dispositifs relativement faibles. Or les débits sont très variables au cours d'une année : la fonte des neiges printanière engendrera par exemple des débits suffisamment importants pour transporter des embâcles divers qui viendront aisément colmater les dispositifs les plus sensibles. A l'automne, la chute de feuilles pourra également provoquer l'obturation des organes de restitution.

Il faut préciser, en outre, que ces prises d'eau ne sont pas forcément très accessibles : il est donc pénible voire parfois impossible (en hiver notamment) à l'exploitant de s'y rendre pour décolmater les dispositifs. Il peut également être coûteux de s'y rendre trop fréquemment si l'on considère que cette opération doit à certaines périodes être réalisée deux à trois fois par semaine afin d'assurer la restitution. Il apparaît donc raisonnable de conserver une grande majorité de ces reports, en détectant et en justifiant quand il le sera possible que l'on se trouve en présence d'un cours d'eau au fonctionnement atypique. Cette recommandation contribue également à diminuer le nombre de travaux de modification à réaliser.

D'autre part, la gestion des **régimes réservés** (débit délivré variable selon la période de l'année) répond à une logique particulière. En effet, l'inventaire a fait apparaître des cas où, même si la moyenne des débits à l'année est inférieure au  $1/10^{\text{ème}}$  du module (ou au  $1/20^{\text{ème}}$ ), une des valeurs restituée pendant une période de l'année excède parfois largement le  $1/10^{\text{ème}}$ . Afin une nouvelle fois de limiter les interventions, et en considérant que l'établissement dans le cahier des charges de la concession de cette valeur de débit correspond à un réel besoin en termes de maintien des milieux, il est recommandé de ne pas revenir sur l'existant. On conservera donc le dispositif existant, en l'ajustant ou l'adaptant pour que la valeur de débit la plus faible vienne équilibrer la plus élevée afin d'atteindre le  $1/10^{\text{ème}}$  ou le  $1/20^{\text{ème}}$  en moyenne.

### 3.2.1.2 Développer la régulation des débits

#### 3.2.1.2.1 Règle de dimensionnement : dépendance du débit à la cote

La valeur du débit délivré dépend directement de la charge hydraulique. La charge d'un liquide en un point M de sa trajectoire représente « la quantité d'énergie contenue » par le liquide en ce point. Cette quantité a pour expression :

$$h(M) = Z(M) + \frac{P(M)}{\rho g} + \frac{V(M)^2}{2g}, \text{ exprimée en mètre de charge d'eau (m.c.e)}$$

$Z$  : cote absolue ou niveau d'eau, exprimé en mètres (m)

$P$  : surpression, exprimée en pascals (Pa), au dessus de la pression atmosphérique

$\rho$  : masse volumique de l'eau (1000 kg.m<sup>-3</sup>)

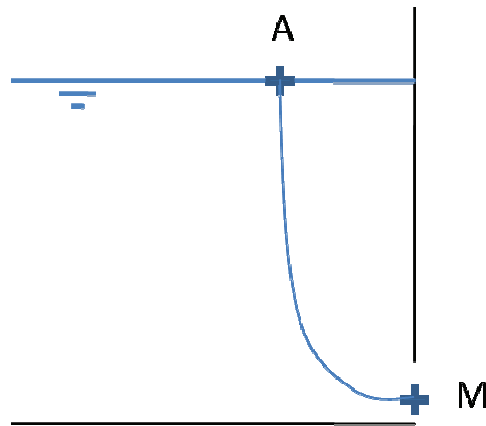
$g$  : accélération de la pesanteur (9,81 m.s<sup>-2</sup>)

$V$  : vitesse exprimée en mètres par seconde (m.s<sup>-1</sup>)

L'un des intérêts de la charge hydraulique est d'intégrer les contributions des trois facteurs d'énergie « mécanique » hydraulique que sont :

- $Z$  pour l'énergie potentielle, liée aux forces de volume
- $\frac{P(M)}{\rho g}$ , pour l'énergie de pression, liée aux forces de pression
- $\frac{V(M)^2}{2g}$ , pour l'énergie cinétique, liée aux forces d'inertie

Dans le cas de notre étude, on se place dans la configuration suivante :



Le point A est un point de la surface libre de la retenue et le point M est situé au niveau de la restitution. Pour ces deux points en contact avec l'air, les surpressions  $P(M)$  et  $P(A)$  sont nulles. De plus, la vitesse du point A est nulle. La différence entre ces deux points est donc égale à

$$\Delta h = h(A) - h(M) = Z(A) - Z(M) - \frac{V(M)^2}{2g}$$

Or les vitesses à considérer dans le cadre de l'étude sont de l'ordre de 1 à 2 m.s<sup>-1</sup> ce qui représente une énergie cinétique inférieure à 0.2 m.c.e, valeur souvent négligeable devant l'énergie potentielle (de l'ordre de 1 m.c.e): on négligera donc le terme d'énergie cinétique. La charge hydraulique à considérer correspond donc en première approximation à la différence entre la cote du plan d'eau et la cote de restitution du débit réservé.

Si l'on considère, par exemple, la délivrance du débit réservé par un simple orifice percé au travers du tablier d'une vanne, la charge influe par la relation suivante :

$$Q = \mu S \sqrt{2gh}$$

$Q$  : débit en m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>

$h$  : charge en m

$S$  : section de l'orifice en m<sup>2</sup>

$\mu$  : coefficient de débit

Figure 13 : Formule de calcul du débit dans le cas d'un orifice

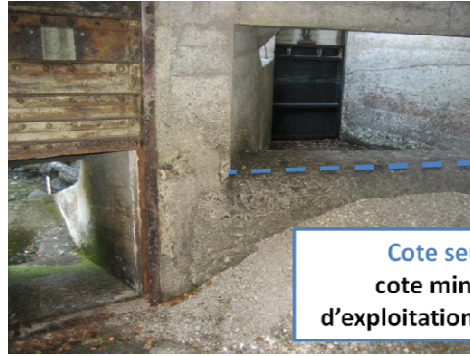
L'exploitation d'une prise d'eau se fait en considération de la valeur de certaines grandeurs caractéristiques, parmi lesquelles on distingue :

- la **cote de retenue normale (RN)** : il s'agit de la cote du niveau le plus haut admis pour l'exploitation de la retenue dans les conditions normales d'exploitation, c'est à dire hors des périodes de crues.
- la **cote minimale d'exploitation (CME)** : il s'agit de la cote du niveau le plus bas admissible dans le réservoir et au dessus de laquelle le démarrage et la prise de charge de tous les groupes jusqu'à la pleine ouverture est possible. En dessous de cette cote, l'eau de la prise n'est plus exploitée. Dans la pratique, la cote minimale d'exploitation s'apparente bien souvent à la cote du seuil de prise d'eau, à savoir la cote la plus basse de l'ouvrage de prise qui permet de capter l'eau par écoulement gravitaire. En effet, lorsque la retenue passe en dessous de cette cote, l'entonnement des apports vers la centrale est rendu impossible. On pourrait parler dans ce cas là de **cote minimale d'exploitation physique**. Si cette cote correspond souvent au seuil des grilles de prise, il peut arriver qu'elle corresponde à la cote d'un seuil réalisé dans l'ouvrage d'amenée en aval des grilles (cf. Figure 14)

Il arrive cependant que l'exploitation de la prise d'eau se fasse en fonction d'une **cote minimale d'exploitation** que l'on dira **administrative** : cette cote peut être supérieure à la cote minimale d'exploitation physique, pour des critères de fonctionnement des groupes, par exemple, ou inférieure à cette dernière (l'« exploitation » de la retenue est permise par le biais de la réalisation d'opération de vidange, même si l'eau n'est plus entonnée).



Cote du seuil des grilles de prise



Cote seuil = cote minimale d'exploitation physique

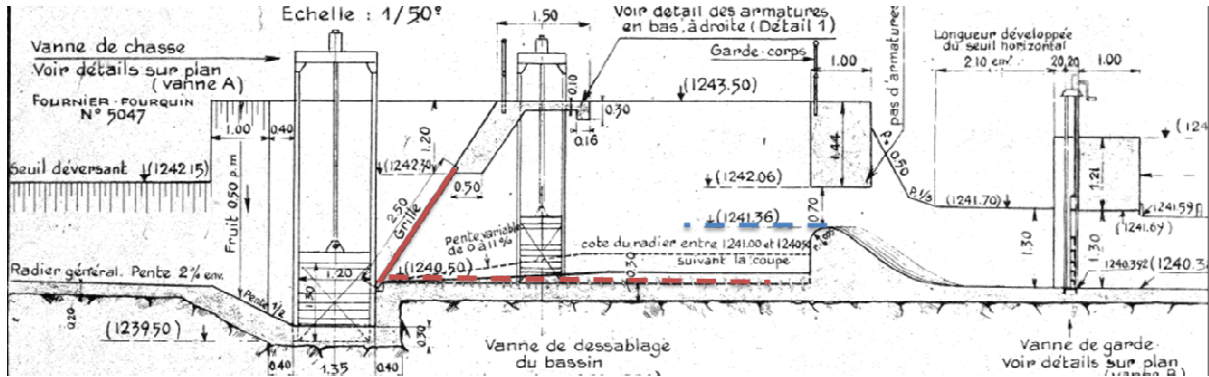


Figure 14 : Définition de la cote minimale d'exploitation physique sur la prise d'eau du Linas (GU Aude-Tech)

- le **marnage de la retenue** : il désigne d'une manière générale les fluctuations du niveau de la retenue. Plus précisément, le marnage théorique est la différence entre la cote de retenue normale et la cote minimale d'exploitation physique.

Le texte de l'article L 214-18 stipule la règle suivante : « *Le débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième (resp. au vingtième) du module du cours d'eau [...] ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur au module* » et ce, « *en permanence* ».

En considérant la dépendance du débit à la charge, **il faut, pour réaliser un dimensionnement réglementaire, faire en sorte que la valeur réglementaire soit délivrée pour un plan d'eau à sa cote minimale d'exploitation physique**. Ainsi, lorsque la cote du plan d'eau est supérieure à la cote minimale d'exploitation physique, la valeur du débit délivré sera supérieure à la valeur exigée par la loi et le dispositif conforme. Lorsque la cote du plan d'eau est inférieure à la cote minimale d'exploitation, l'entonnement d'eau vers la galerie n'est plus réalisé, et on se place dans la configuration « débit sortant supérieur ou égal au débit entrant ».

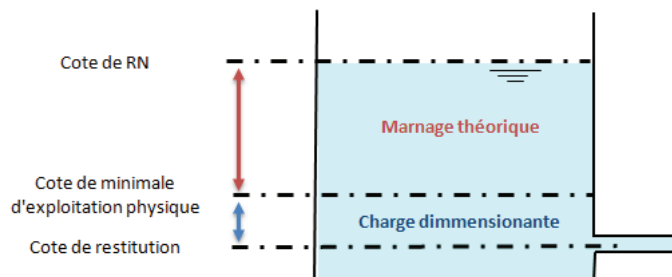


Figure 15 : Cotes caractéristiques d'une retenue

### 3.2.1.2.2 La nécessité d'une régulation

Cependant, cette méthode de dimensionnement présente un désavantage majeur. En effet, comme on vient de le voir, dès que l'on dépasse la cote minimale d'exploitation, le débit délivré est supérieur aux exigences légales. Ce sur-débit entraîne une perte financière qui peut s'avérer importante, surtout si l'on considère qu'un plan d'eau atteint rarement sa cote minimale d'exploitation pour les aménagements de type lac qui ont fréquence de marnage annuelle. Ainsi, lorsque les valeurs de débit sont importantes, que les hauteurs et les fréquences de marnage sont significatives et que différents critères économiques définis par les équipes de CIH sont respectés, la mise en place de dispositifs de régulation du débit réservé (restitution d'une valeur de débit constante quelques soient les variations de la cote aval) sera préconisée. Ces dispositifs d'asservissement seront sélectionnés dans un « catalogue des solutions standards » élaboré par CIH et auquel le stage a apporté sa contribution.

### 3.2.1.3 Recentrer l'exploitant sur son cœur de métier

Avec la mise en place à l'UPSO d'une démarche « Appui Opérationnel Cœur de Métier » (AOCM), la volonté affichée de l'unité, appuyée par la DPIH, est de recentrer les exploitants sur ce que l'on appelle le « cœur de métier ».

L'entretien d'une prise d'eau (dégrillage, décolmatage des dispositifs de débit réservés) correspond à une activité « cœur de métier ». Par contre, la mise en conformité des débits réservés sort du cadre de l'exploitation quotidienne. Ainsi, le projet doit intégrer cette composante et l'ensemble des actions mises en place devront solliciter au minimum les agents des groupements d'usine. Ces derniers sont en effet déjà occupés à plein temps par leurs activités quotidiennes et ne disposent plus, en outre, des compétences et des outils nécessaires à de tels travaux. La réalisation des travaux pourra être assurée par des **entreprises extérieures à EDF** démarchées au cours d'une consultation. Un contrat cadre par GEH sera établi avec une entreprise sur la base d'un Cahier des Spécifications et Conditions Techniques (CSCT).

Dans le même ordre d'idée, la proposition des nouveaux dispositifs devra intégrer la problématique de maintenance courante. Il faudra en effet mettre en place des dispositifs minimisant les opérations de maintenance, c'est-à-dire non sujets aux colmatages fréquents et d'entretien facile. On pourra aller jusqu'à proposer la mise en place d'un système de supervision du dispositif à distance. Il permettra aux agents de ne se rendre sur le site que lorsqu'un dysfonctionnement sera détecté, limitant ainsi les déplacements inutiles. Enfin, les dispositifs innovants devront être expérimentés sur des sites pilotes avant d'être généralisés : tout dispositif non viable en termes de maintenance ou d'efficacité sera ainsi écarté.

## 3.2.2 Analyse de risques du projet

Le dimensionnement des futurs dispositifs de restitution dépend de manière assez évidente de la valeur du débit à délivrer. Or, ces valeurs ne seront connues qu'après validation administrative. La lenteur de ce processus pénalise fortement la planification des réalisations et fait planer une incertitude sur les valeurs de débits réservés qu'il faudra mettre en place. En vue de maîtriser ce facteur de risque, plusieurs possibilités devront être étudiées au cours de la phase de dimensionnement : on étudiera par exemple la typologie des modifications à apporter pour un passage au 1/20<sup>ème</sup> et également pour un passage au 1/10<sup>ème</sup>.

## 4 Etat des connaissances

Bien que la notion de débit réservé existe depuis 1919, ce n'est que très récemment que les préoccupations environnementales, traduites légalement dans le texte de la LEMA, ont remis ce sujet à l'ordre du jour. Depuis 2007, plusieurs travaux ont été menés afin de réaliser dans un premier temps un inventaire des dispositifs de restitution, contrôle et supervision des débits réservés. Une analyse a alors pu être menée afin de déterminer les principales causes de défaillance de ces dispositifs.

### 4.1 Inventaire des dispositifs de restitution

Un inventaire des dispositifs de restitution du débit réservé a été réalisé sur l'ensemble du territoire de l'UPSO pendant l'été 2007 par le tuteur entreprise de cette étude : Sébastien Vialaret. Cet inventaire fait état, dans un premier temps, des différentes solutions technologiques existantes sur le parc de l'UPSO pour assurer la restitution du débit réservé et souligne, dans un deuxième temps, les avantages et inconvénients de chaque dispositif.

Chaque prise d'eau est unique puisqu'elle a été conçue de façon à s'adapter à son milieu environnant. Cette unicité se traduit sur le terrain par une grande diversité de dispositifs de restitution qui rend la réalisation d'un inventaire exhaustif délicate.

#### 4.1.1 Les vannes

Les vannes sont des dispositifs font partie intégrante de la conception de la prise d'eau (vanne de chasse, vanne de dessablage, etc.). De ce fait, la restitution du débit réservé par les vannes ne nécessite pas, à priori, d'aménagements complémentaires, ce qui explique qu'il s'agisse du dispositif de restitution le plus répandu. L'ouverture partielle de la vanne est calculée en fonction du débit souhaité, par rapport à la cote minimum d'exploitation physique, pour restituer à tout instant a minima le débit réglementaire. Sa facilité de manipulation en fait un système privilégié pour la restitution des débits réservés modulés.



Figure 16: A gauche, restitution par ouverture de vanne à la prise de Lescun Inférieur (GU Baralet);

A droite, le réglage de l'ouverture de la vanne de vidange de la prise de Lassariou (GU Pragnères) permet la délivrance d'un débit modulé



De simples repères sur la vanne permettent d'ajuster l'ouverture en fonction du débit souhaité. Le réglage de l'ouverture ayant au préalable été validé par les services de l'Etat, le contrôle du débit réservé peut ainsi se faire par simple blocage : une butée mécanique sur la crémaillère par exemple. En revanche, l'ouverture de la vanne est tributaire de facteurs mécaniques (pas de la crémaillère, nombre de tours, etc.). Elle ne peut donc se faire de façon très précise. La surface d'entonnement (ouverture x largeur) est de ce fait approximative, ce qui oblige à majorer le débit pour satisfaire à la conformité réglementaire. Une ouverture permanente usera de façon significative le seuil de la vanne. De plus, les faibles ouvertures sont très sensibles au colmatage.

#### 4.1.2 Orifices et ajutages

Percé dans les vannes ou batardeaux de la prise d'eau, un orifice devient ce que l'on appelle un ajutage lorsqu'il est prolongé par un tube. Ils existent sous différentes formes, de différents types : circulaire, rectangulaire, conique, entrant ou sortant, convergent, divergent, ... Ils sont dimensionnés pour restituer le débit réglementaire à la cote minimum d'exploitation physique de la retenue et ont pour avantage de le restituer de façon précise : choix de la forme d'ouverture (cercle, rectangle) et peu de contraintes mécaniques par rapport aux vannes.



Figure 17 : A gauche, orifice percé dans une vanne de la prise de Balamet (GU du Couserans);

A droite, ajutage posé sur un batardeau de la prise d'eau de Pailheres (GU Aude-Tech)

Il est également possible de restituer des débits réservés différents (cas d'un régime réservé c'est-à-dire variable selon les périodes de l'année) en réalisant un ou plusieurs ajutages sur le même dispositif et en les obturant partiellement. Ce système est également très répandu puisqu'il est très peu onéreux et simple de mise en œuvre. On note cependant une forte sensibilité au colmatage pour les petits diamètres : ces systèmes nécessitent encore une surveillance et un entretien fréquents pour s'assurer leur bon fonctionnement. De plus, la pose d'un ajutage peut parfois gêner la manœuvre de l'organe sur lequel il est implanté.

#### 4.1.3 Les piquages

Comme leur nom l'indique, il s'agit de « piquer » au travers de la paroi d'une conduite, d'un bajoyer, d'une galerie ou d'un canal d'amenée, en y jumelant une deuxième conduite, de diamètre inférieur, afin de restituer le débit naturel au milieu. Ces piquages peuvent se colmater très rapidement selon la nature de l'ouvrage sur lequel l'eau est prélevée et l'ajout de

crépine en aval devient parfois nécessaire. En outre, ces dispositifs sont très souvent équipés de vannes en conduite, de diaphragmes ou d'ajutages interchangeables qui permettent d'ajuster le débit délivré dans le cadre des régimes réservés.

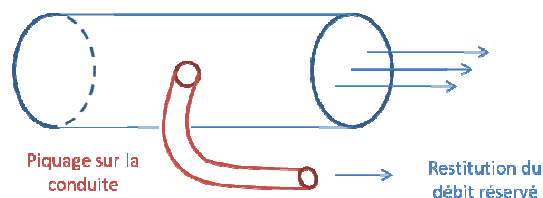


Figure 18 : A gauche, principe d'un piquage sur une conduite; A droite, piquage au travers de la paroi du canal d'amenée de la prise d'Estaing Inférieur (GU Val d'Azun)

#### 4.1.4 Les siphons

Les siphons constituent un système adapté à la restitution des faibles débits. Ils permettent la restitution du débit en passant au-dessus du génie civil de l'ouvrage de prise lorsque les contraintes techniques empêchent de le restituer au pied de l'ouvrage. Ils peuvent également être complétés en sortie par un diaphragme, une vanne ou ajutage pour assurer des débits réservés différents.



Figure 19 : Piquage complété par un ajutage amovible sur la prise d'eau de l'Aiguette (GU Aude-Tech)

En outre, le choix de la cote de captage et de restitution est libre. Il pourrait ainsi sembler que ce dispositif soit moins colmatable puisque l'entrée d'eau peut être placée dans des eaux calmes et peu chargées (entre la surface où transitent les débits flottants et le fond où les sédiments se déposent par décantation). Cependant, le moindre coude constitue un point sensible au colmatage, et sauf s'il suit un tracé très rectiligne, le siphon se bouche à répétition. A l'inverse des orifices et ajutages dont l'entretien est relativement aisé, le décolmatage d'un

siphon nécessite une opération de purge parfois longue et complexe. Enfin, se pose le problème essentiel du désamorçage du siphon. En effet, au bout d'un certain temps, la remontée d'air depuis l'aval ainsi que la formation de remous entraîne la rupture de l'écoulement fluide. Il faut réamorcer le dispositif pour que la restitution se poursuive.

#### 4.1.5 Autres types de dispositifs

Il a été ici fait état des dispositifs les plus communs lorsqu'on étudie un « cas simple », comme en témoigne la répartition suivante établie sur l'ensemble des cas simples de l'UPSO :

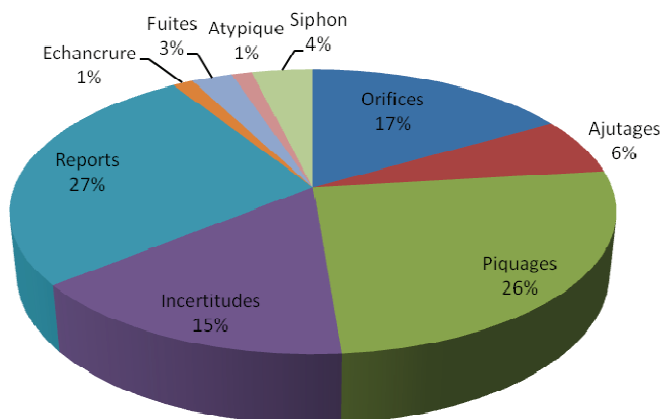


Figure 20 : Répartition des types de dispositifs pour le "cas simple" de l'UPSO

Cependant, bien d'autres dispositifs existent à l'heure actuelle.

##### 4.1.5.1 Dispositifs naturels ou provisoires

Les déversoirs ou échancrures, bien que rustiques et provisoires, restent assez efficaces mais nécessitent la présence d'un agent d'exploitation. La retenue déverse et la régulation du débit est assurée par un empilement de bastinges en bois. Toutefois, le débit varie beaucoup en fonction de la cote de retenue amont si le déversoir est large.

Les fuites constituent des cas particuliers qui, par leur capacité d'infiltration ou de déversement, restituent naturellement un débit suffisant dans le bras court-circuité.

##### 4.1.5.2 Dispositifs innovants

CIH développe, dans le cadre du projet national, un catalogue de solutions innovantes permettant la régulation ou le turbinage du débit réservé. On pourra citer, dans le cadre de cette étude, les dispositifs suivants :

- Le régulateur à flotteurs :

Un flotteur solidaire d'un bras articulé actionne un diaphragme se déplaçant devant l'orifice de sortie d'eau. Comme indiqué sur le schéma suivant, plus le niveau d'eau amont augmente, plus la section de passage diminue, obstruée progressivement par l'action du flotteur sur le diaphragme. Ce régulateur de débit à fonctionnement mécanique est entièrement autonome et ne nécessite aucun apport d'énergie.

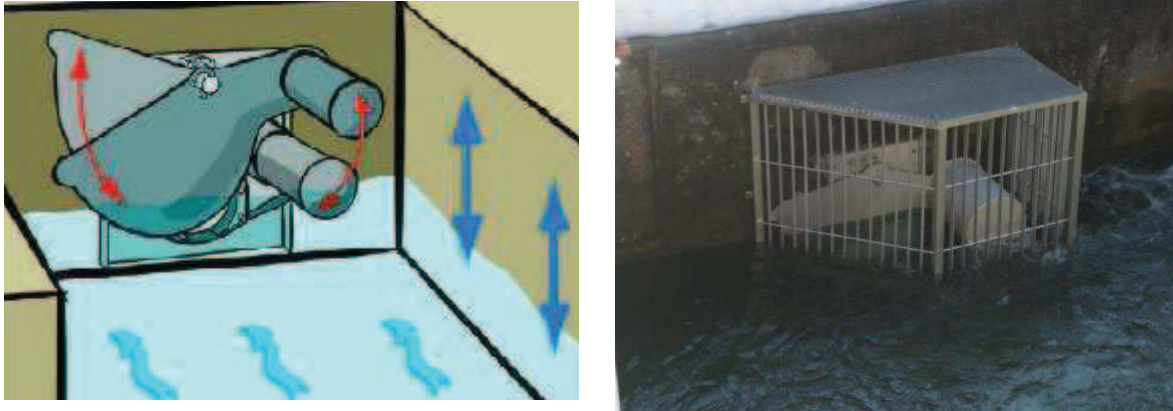


Figure 21 : A gauche, schéma de principe du régulateur à flotteur; A droite, site pilote de la prise d'eau de St-Bruno où le dispositif est protégé par une cage

▪ Vannes auto-régulantes :

- *Les vannes auto-régulantes en conduite :*

Placé au sein d'une conduite, ce type de vanne permet la délivrance d'une pression aval constante assurée par un équilibre entre les forces de pression exercées par le fluide et la tension d'un ressort agissant sur l'ouverture d'un clapet.

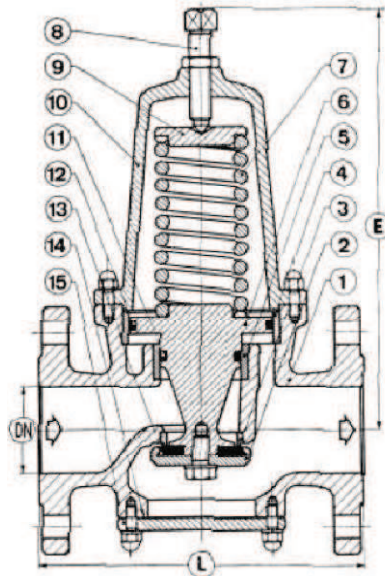


Figure 22 : Schéma de la vanne de régulatrice de pression aval du constructeur RAMUS

- *Les vannes motorisées :*

Il est possible, via la motorisation de l'ouverture d'une vanne, de réguler le débit délivré. La commande de l'ouverture est assurée par un capteur (de niveau ou de débit). Ce type de dispositif nécessite un étalonnage adapté, réalisé par les équipes de la DTG et validé par les services de l'Etat.



Figure 23 : L'ouverture motorisée des vannes de la prise d'eau de Lescun Inférieur (GU Baralet) peut permettre une régulation du débit réservé

## 4.2 Audit des débits réservés et retour sur expérience

L'état des lieux réalisé en 2007 par Sébastien Vialaret a permis de dégager un certain nombre de facteurs parmi les plus susceptibles de fragiliser le maintien du débit réservé.

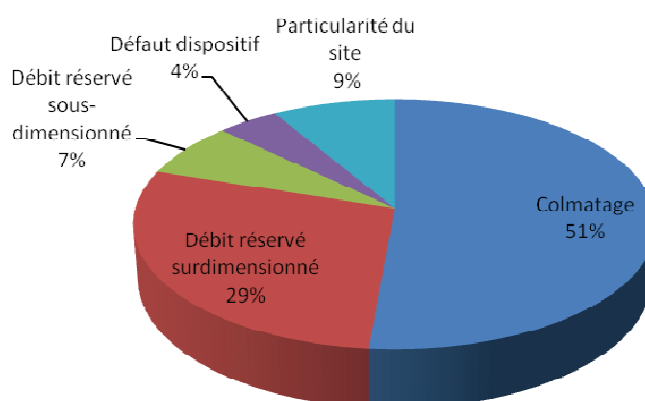


Figure 24 : Origines des non-conformités relatives aux débits réservés

On constate que le colmatage est la cause principale des non-conformités. Son apparition est notamment favorisée par les environnements de moyenne montagne, où le milieu est encore riche en végétaux et bénéficie d'un régime hydrologique de montagne caractérisé par de faibles modules et donc de faibles diamètres de restitution sensibles à l'obturation. Face à ce problème, quelques solutions sont avancées :

- Dans le cas des orifices et des ajutages, il pourra parfois être judicieux de modifier la position de ces derniers. En effet, le relèvement de l'axe de restitution entraîne une diminution de la charge qui devra être compensée par une augmentation du diamètre pour restituer un débit équivalent : on s'affranchit ainsi des facteurs de risque liés à la restitution par de faibles diamètres. De plus, une modification de position pourra permettre de placer le dispositif entre deux eaux : il ne sera ainsi plus exposé aux corps flottants en surface et au colmatage par les sédiments accumulés sur le fond.

- Dans le cas d'un ajutage, on pourra choisir un profil hydraulique favorisant la perte de charge, c'est-à-dire permettant l'augmentation de la section.

En effet, pour une valeur de débit à restituer et pour une valeur de charge donnée, modifier le type d'ajutage permet d'augmenter ou de diminuer la taille de l'orifice, en fonction de la finalité souhaitée. Dans l'exemple suivant, on comparera le diamètre de l'ajutage nécessaire à la restitution de 100 l/s sous 50 cm de charge. En se reportant à la littérature scientifique, on obtient les données suivantes :

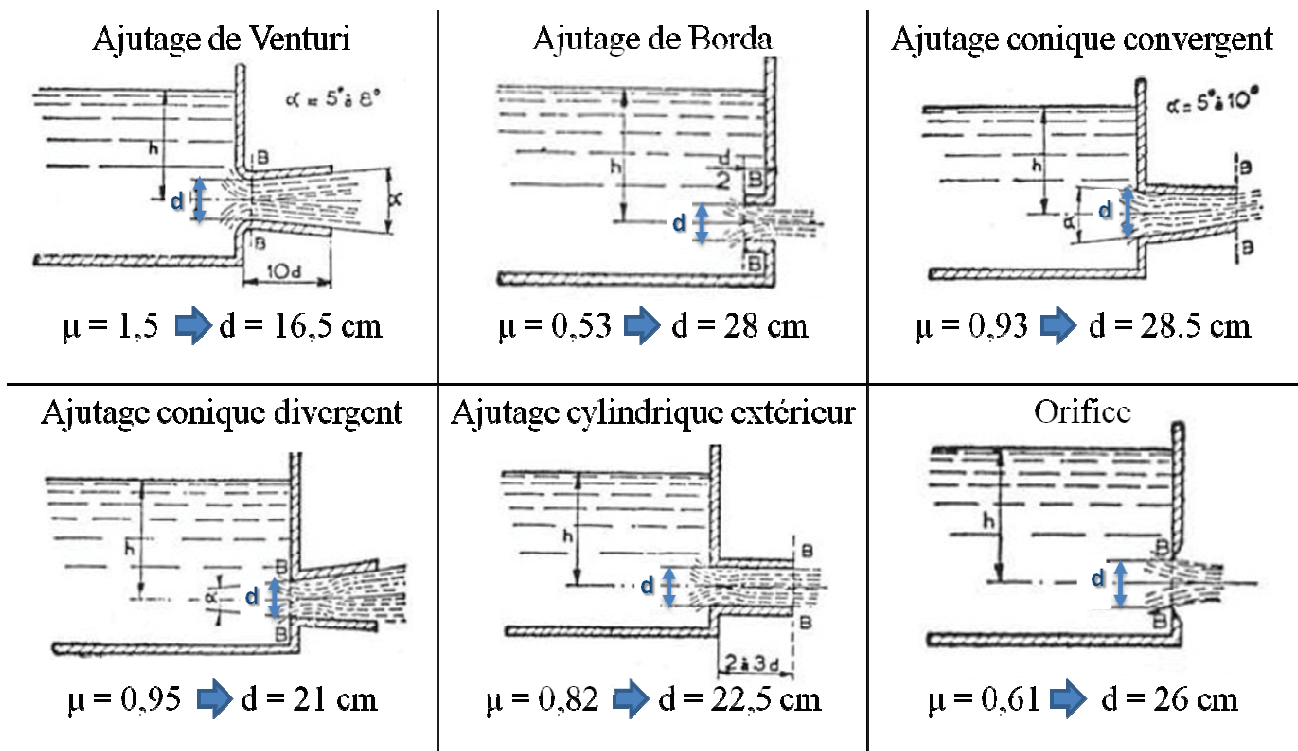


Figure 25 : Comparatif des différents profils d'ajutages

Pour limiter les colmatages, il est avantageux d'augmenter les diamètres des ajutages, ce qui est possible avec les ajutages de Borda ou les ajutages coniques. Pour diminuer le diamètre, en réponse à une contrainte technique par exemple, les ajutages de Venturi ou divergents sont à privilégier. Enfin, on constate que le perçage d'un orifice permet bien souvent de réaliser la plus grande ouverture possible.

## 4.3 Dispositifs de contrôle et de supervision du débit

### 4.3.1 Contrôle sur site du débit

Le débit restitué en aval des ouvrages doit être permanent. Il est donc important de pouvoir en contrôler à tout moment la valeur pour s'assurer de sa conformité. Ainsi, des dispositifs dédiés permettent aussi bien à l'exploitant qu'à un organisme extérieur (Police de l'Eau ou autre) de contrôler la délivrance du débit réservé.

Ces systèmes exploitent, dans leur grande majorité, le principe de **correspondance entre niveau d'eau et débit**. Cependant, tous n'apportent pas la même précision. Voici quelques uns des dispositifs les plus répandus :

- **Repères et échelles:** Tracés sur un objet à l'aval de la restitution, les repères permettent de visualiser si le débit restitué est au moins égal au débit requis, sans mesure supplémentaire. Autrefois tracé sur des rochers, il est aujourd'hui exigé que ces derniers soient apposés sur des éléments de morphologie invariable (génie civil de la prise, paroi rocheuse en aval...), évitant ainsi l'incertitude qui pouvait découler du mouvement du lit et des berges du cours d'eau. Ces repères peuvent être implantés à l'amont ou à l'aval de la restitution. Lorsqu'ils sont implantés à l'amont, ils s'accompagnent d'une note de calcul pour justifier que le débit réglementaire est assuré. Dans ce cas de figure, rien ne peut pourtant cependant assurer que le dispositif de restitution n'est pas obturé. Les repères sont parfois associés à des échelles limnimétriques qui permettent alors la mesure du débit par une correspondance hauteur - débit.



Figure 26 : L'ancien repère placé en aval de l'orifice a été complété par une échelle en amont pour connaître la valeur du débit (Prise du Nagear Supérieur, GU Vallées d'Ax)

- **Déversoir :** Apposés dans les canaux empruntés par les débits réservés en aval des ouvrages, les déversoirs sont généralement des plaques métalliques s'opposant à l'écoulement. Ils peuvent présenter des échancrures calibrées de formes triangulaire (Vés de mesure) ou rectangulaire. Ils permettent de mesurer le débit à la restitution en faisant correspondre la hauteur de lame d'eau déversante à une valeur de débit selon la formule générale suivante :

$$Q = \mu L \sqrt{2gh}^{3/2}$$

où  $L$  est la largeur du déversoir,  $h$  est la charge hydraulique en amont, et  $\mu$  est un coefficient variable selon la géométrie de l'échancrure. Dans le cas d'un déversoir triangulaire, on a la configuration suivante :

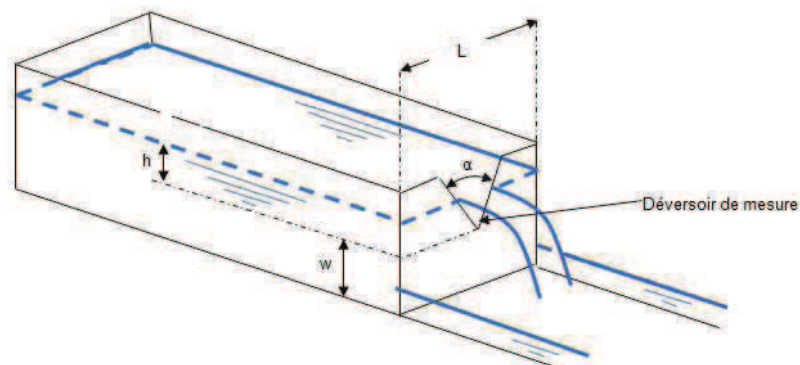


Figure 27 : Schéma de principe d'un déversoir triangulaire

La précision de ce genre de dispositif dépend de la bonne connaissance de la géométrie de l'installation ainsi que la tranquillisation de l'écoulement.

Les déversoirs peuvent être implantés directement sur un canal de la prise d'eau (canal de chasse par exemple). Dans ce cas là, la précision n'est pas la meilleure puisque la section du canal n'est pas forcément maîtrisée et les remous parfois importants. Ils peuvent également être installés dans des canaux construits spécifiquement pour le contrôle du débit. Le calibrage plus précis de ces canaux permet d'atteindre une meilleure précision, cette dernière pouvant atteindre jusqu'à 1%. L'idéal est d'associer le déversoir à un bac tranquillisateur : ces installations permettent, à l'aide de bacs, l'instauration d'un écoulement par en-dessous qui tranquillise la surface libre à l'aval. On réduit ainsi significativement l'erreur de mesure.

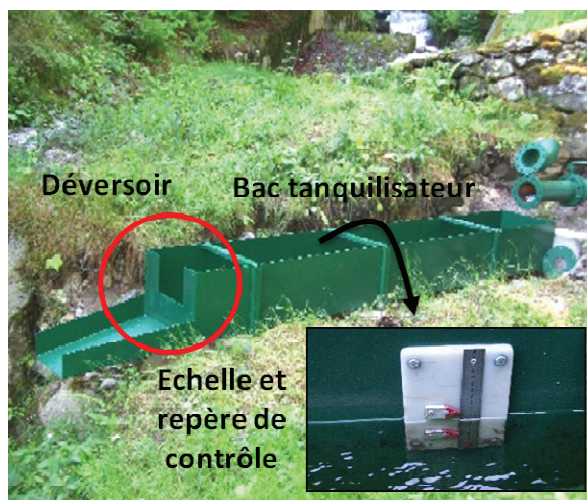


Figure 28 : A gauche, mise en place d'un déversoir amovible dans le canal de chasse de la prise de Géla (GU Nestes);

A droite, bac tranquillisateur et déversoir de la prise du Sauzet (GU Aston)

- **Les afficheurs :** Associé à un dispositif de mesure du débit, un écran numérique affiche la valeur délivrée. Bien que précis, ce système n'est que très peu répandu. Il est en effet plus



couteux, plus sensible aux températures extrêmes et nécessite la présence d'énergie sur site.

#### 4.3.2 Supervision du débit à distance

Outre ces dispositifs de mesure sur site du débit, des systèmes permettent à l'exploitant de suivre à distance la restitution du débit réservé. Un système de supervision nécessite d'une part un capteur permettant de détecter l'apparition d'un évènement et, d'autre part, un système de retransmission qui acheminera l'information recueillie jusqu'à la centrale.

La retransmission des signaux peut se faire au travers du réseau téléphonique, par liaison GSM lorsque la couverture réseau est assurée, mais également par transmission radio ou autres transmissions hertziennes (WIT,...) internes au groupement d'usine.

Tout comme pour les dispositifs de contrôle, on distingue parmi les capteurs ceux qui permettent uniquement de détecter une non-conformité du débit réservé et ceux qui rendent possible une mesure de la valeur du débit. Parmi les dispositifs simples, on pourra citer les exemples suivants :

- Un **clapet** est parfois apposé sur les ajutages ou orifices. Repoussé par l'écoulement lorsque la restitution du débit est normale, il vient en butée lorsque le dispositif se bouche. Il suffit alors d'adapter sur ce clapet un capteur de fin de course et d'assurer la retransmission du signal pour disposer d'une alarme « manque de débit » de simple conception. Ce dispositif ne permet cependant pas la mesure du débit.
- Les **alarmes « manque de débit »** existent également pour la détection des colmatages en conduite. Ces alarmes sont basées sur le principe de la détection piézométrique et ne permettent pas la mesure du débit. Cependant, une supervision plus précise est possible par la pose de débitmètre sur les conduites. Les **débitmètres** à ultrasons, par exemple, permettent la mesure de la vitesse moyenne du fluide. La connaissance de la section permet de remonter à la mesure du débit. Ils fonctionnent soit en exploitant l'effet Doppler (analyse de la variation de fréquence de l'ultrason réfléchi par une particule du fluide, image de sa vitesse), soit par mesure du temps de transit (mesure du temps de parcours de l'onde ultrasonore d'amont en aval et d'aval en amont, la différence de temps donnant la vitesse moyenne du fluide). Dans ce dernier cas, le débitmètre est constitué deux anneaux posés sur la conduite. Il existe également des débitmètres électromagnétiques, etc...



Figure 29 : Débitmètre à ultrasons posés sur le siphon de la prise d'eau de l'Aiguette (GU Aude-Tech)

Une configuration répandue associe de façon simple dispositif de contrôle et de supervision: dans un canal ou un bac, un déversoir est apposé ; un repère ou une échelle limnimétrique permet de s'assurer visuellement de la conformité du débit. Un **capteur de niveau** (ou de débit) associé à ce dispositif permet la mesure du débit délivré et retransmet l'information à l'usine.

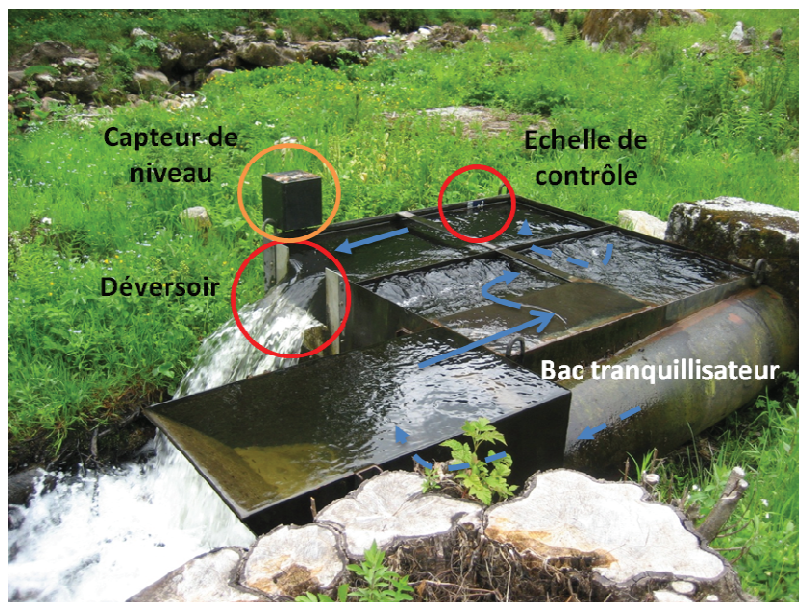


Figure 30 : Configuration associant contrôle et supervision du débit réservé sur la prise d'eau du Nagear Inférieur (GU Aston)

La télésurveillance reste cependant coûteuse et nécessite la présence d'énergie (raccord réseau ou autonome), mais elle permet d'adapter les visites de maintenance en fonction des besoins.

#### 4.4 Etat des lieux de la collecte d'informations

Le dimensionnement d'un dispositif ne peut se faire sans un certain nombre de données telles valeurs de cote minimale d'exploitation par exemple. Au commencement de la mission, l'inventaire a permis de rassembler quelques informations, en se basant sur les sources suivantes :

- Chaque état-major d'unité dispose pour chacune de ces usines d'un dépliant regroupant les données caractéristiques de l'aménagement ainsi que le plan de certaines de ces installations. On peut donc parfois y trouver le plan d'une prise d'eau, même si ceux-ci sont bien souvent peu détaillés et dépourvus de cote.
- Les consignes d'exploitation de chaque usine, donnant les règles techniques à respecter par l'exploitant pour mener à bien sa mission, fournissent parfois des descriptions et des données techniques.
- La base de données « Dorhémey » établit un inventaire qui cherche à être exhaustif des caractéristiques des installations.

Si elle a permis de collecter un certain nombre d'information (cotes RN par exemple), cette recherche préliminaire n'a pas permis de déterminer, dans la grande majorité des cas, la valeur de données capitales pour le dimensionnement (cote minimale d'exploitation, cote de restitution). En outre, lorsque ces données ont bien pu être réunies, un problème majeur

d'arbitrage se pose face à la divergence de ces différentes sources. En effet, il est bien rare que les valeurs de cote, par exemple, concordent entre les différentes sources.

	Dorhémy	Consignes d'exploitation	Dépliant	Tableau	Plan	Mesures terrain	Bilan
Cote RN (m NGF)	490,68	~ 490	?	490,7	aucun plan disponible	?	490,68
Cote mini (m NGF)	490,68	?	?	?	aucun plan disponible	à 1,20 m sous le radier	?
Cote restitution (m NGF)	?	axe ajustage à 0,16 m du seuil de la vanne	?	?	aucun plan disponible	seuil vanne à 1,75 m sous le radier	?
Charge (m NGF)	?	0,39	?	?	aucun plan disponible	0,39	0,39

Figure 31 : Exemple de confrontation des sources dans le cas de la prise d'eau d'Anitch (GU Baralet)

Dans le cas de la prise d'eau d'Anitch, l'arbitrage s'est fait de la manière suivante : face à des valeurs de cote RN proches, on a choisi la valeur la plus précise ; l'absence de référence pour les cotes minimale d'exploitation physique et de restitution ne peut pas être surmontée mais les mesures sur le terrain ont permis de confirmer la donnée de charge qui servira au dimensionnement.

## 5 Cas simples : Etudes et dimensionnements

Le choix de la gestion en mode projet de la mise en conformité de l'ensemble des prises de la DPIH ne peut se faire sans une volonté d'uniformisation des démarches. En effet, confronté à la multiplicité des prises d'eau, le projet doit s'efforcer d'établir des cadres d'actions qui faciliteront le traitement des différents cas de figure en fournissant aux acteurs un ensemble d'outils guidant l'étude.

CIH s'est chargé, comme signalé précédemment, de fournir un catalogue répertoriant l'ensemble des systèmes innovants permettant la régulation ou le turbinage des débits réservés. De leur côté, les représentants projet de l'UPSO se placent, de part leur anticipation, en précurseur concernant la modification des cas simples. L'UPSO est en effet la première unité à amorcer les études. Le cœur du stage a été, dans un premier temps, de développer une démarche et des outils qui ont été exploités, dans un deuxième temps, pour mener à bien l'ensemble des études de mise en conformité. Ce travail de formalisation s'est fait dans une volonté de voir la démarche, amorcée sur le territoire de l'UPSO, s'appliquer pour l'ensemble des unités.

### 5.1 Description de la démarche globale

Les lots « Inventaire » et « Classement » du projet n'ont permis d'élaborer qu'une description partielle et incomplète de chaque prise d'eau. De plus, il est souvent bien difficile d'appréhender le fonctionnement d'un dispositif, d'en détecter les défauts ou les qualités, à distance. Une campagne de visites a donc été menée à l'UPSO pour initier le travail de dimensionnement. Cette campagne a constitué un élément essentiel du stage.

Afin que cette prise de contact avec le terrain soit profitable, elle doit être précédée d'une phase préparatoire importante. Elle pourra initier, dans les meilleures conditions, l'étude de

mise en conformité. Plus précisément, chacune des étapes de l'étude doit remplir les missions décrites dans les paragraphes suivants.

### 5.1.1 Préparation pré-visite

La phase de préparation a pour objectif de collecter l'ensemble des informations disponibles à l'Etat-major de l'unité au travers des différentes sources précédemment citées. Les données manquantes doivent être récupérées sur le terrain. Afin d'optimiser le déroulement de ces dernières, le pré-remplissage d'une « **Check-list** » permet, entre autres, de faciliter la collecte d'informations. Cette dernière met en avant les données dont l'exactitude est incertaine. Une fois sur le terrain, cette check-list constitue le support de la prise de note et permet de n'oublier aucune des informations nécessaires : on pourra ainsi privilégier la réalisation de certaines mesures, ou encore orienter directement sa recherche documentaire dans les archives du groupement d'usine vers la donnée intéressante. Au retour de la visite, le fichier Excel de la fiche peut être complété et commence alors la phase de dimensionnement.

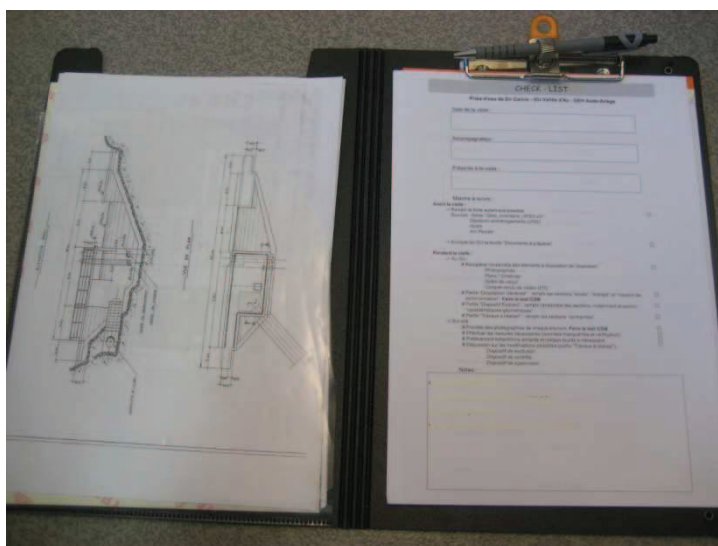


Figure 32 : La "Check-list", support de la prise de note lors des visites

Cette phase présente également un aspect logistique. En effet, il faut, en concertation avec l'exploitant, convenir d'une date de visite. Cette date correspondra, dans l'idéal, à une visite déjà planifiée par le groupement pour l'entretien de la prise. Cette gestion s'avère parfois difficile car, entre autre, l'accès à certaines prises d'eau nécessite un héliportage. Réalisés par des entreprises externes, les dates de ces héliportages ne sont que très rarement connues à l'avance. En effet, le décollage de l'appareil nécessite des conditions météorologiques favorables (pas de couverture nuageuse, peu de vent,...) qu'il est difficile de prévoir.

### 5.1.2 Réalisation de la visite

La réalisation de la visite débute tout d'abord par le **déplacement** de l'Etat-major jusqu'au groupement d'usines concerné, puis du groupement jusqu'à l'ensemble des prises d'eau à visiter. Même si elle peut paraître insignifiante, cette étape joue un rôle prépondérant dans l'organisation des visites. En effet, il peut arriver que, sur une journée de huit heures de travail effectives, plus de sept heures et demi soient consacrées à l'étape de déplacement. Elle constitue également l'étape la plus éprouvante pour l'opérateur qui réalise les visites, usé à la longue par la conduite et la marche parfois nécessaire pour rejoindre la prise.

Une fois sur site, la visite proprement dite peut commencer. Elle comporte différentes phases :

- une prise de photographies qui viendront illustrer l'étude
- la réalisation de **mesures** qui pallieront les manques de l'inventaire.
- une évaluation du **risque amiante**. En effet, tout travail de perçage sur un organe recouvert de peinture amiantée entraîne la mise en suspension de fibres nocives contre lesquelles l'ouvrier doit se protéger (port de gants et d'un masque à usage unique, etc..). L'utilisation d'un chalumeau provoque, elle, l'émission de vapeur toxique (plomb, métaux lourds,...) dont on se protège à l'aide d'un masque spécifique. On réalise donc au cours de la visite des prélèvements d'écailles de peinture ; les échantillons seront ensuite analysés en laboratoire pour rechercher les concentrations en amiante et en métaux lourds.
- une **étape de compréhension** approfondie du fonctionnement de la prise d'eau. La lecture d'un plan ne peut remplacer la vision du cheminement des écoulements, l'appréhension des dimensions et de l'environnement de la prise d'eau.
- un **échange avec l'exploitant** qui fournit des informations précieuses que seule une personne côtoyant régulièrement l'installation peut connaître. Ainsi, on pourra apprécier les qualités et les défauts de tels ou tels dispositifs, évaluer les problèmes causés par le colmatage ou encore se renseigner sur la sensibilité des différents acteurs de l'eau dans la région (fédérations de pêche, fédérations de sports en eau vive, police de l'eau...).

Enfin, une étape de **recherche dans les archives** du GU va permettre la récupération de plans, de notes de calcul ou de rapports qui aideront l'étude de mise en conformité.

### 5.1.3 Exploitation post-visite

Au préalable de tout choix de dispositif futur, il convient d'**évaluer la complexité** des modifications à apporter à chaque prise d'eau. On décide alors soit de maintenir la gestion des modifications par l'UPSO, soit de transmettre l'étude à l'entité d'ingénierie interne. De plus, les visites ont, par exemple, été l'occasion de découvrir qu'une prise où la restitution devait se faire par le biais d'un orifice présente en réalité une délivrance du débit réservé par ouverture d'une vanne. Dans ce cas de figure, il s'agit de transmettre les informations recueillies à DTG.

Une fois ces réarbitrages réalisés, l'ensemble des informations collectées permet de réaliser le **choix** et le **dimensionnement** du futur dispositif, objectifs centraux du stage.

## 5.2 La « fiche-type » prise d'eau : support d'une démarche uniformisée

La première partie du stage a été consacrée à la rédaction de la trame d'une « **fiche-type** ». Cette fiche concentre pour chaque prise d'eau l'ensemble des informations relatives à l'étude de mise en conformité : elle constitue ainsi le livrable de référence attendu pour chaque prise d'eau à l'issue du projet.

### 5.2.1 Objectifs de la « fiche-type »

Le projet « Débits réservés 2014 » fait intervenir de nombreux acteurs : ingénieurs d'étude, exploitants, sous-traitants, etc. La « fiche-type » se doit de répondre aux attentes de chacun de ces acteurs : elle remplit donc plusieurs objectifs.

### 5.2.1.1 Un support de l'étude de dimensionnement

La fiche présente globalement deux grandes parties. La première fournit une description du dispositif de restitution (système de contrôle et de supervision inclus) tel qu'il est à l'heure actuelle, c'est à dire avant la réalisation des travaux de modifications. Cette **description de l'existant** constitue la base de la réflexion pour les ajustements à mettre en place puisqu'elle fournit, d'une part, une description précise du fonctionnement global de la prise et analyse, d'autre part, les défaillances des systèmes actuels.

### 5.2.1.2 Un moyen de capitaliser l'information

On a vu les difficultés qui peuvent être rencontrées au cours de la recherche d'informations, notamment techniques, concernant un ouvrage. La fiche se donne comme seconde ambition de capitaliser l'information recueillie afin de fournir à termes aux exploitants un **fichier de référence pour chacune des prises d'eau** de leurs aménagements. Elle pourra ainsi réunir schémas, notes de calculs, plans... Ce sont autant d'informations qui restent aujourd'hui difficiles à obtenir, même au plus près des ouvrages au sein des groupements d'usine.

### 5.2.1.3 Une base pour la phase de réalisation

L'organisation du projet tend à confier la réalisation des travaux à des entreprises extérieures à EDF, dès lors que la nature des ajustements à réaliser dépasse la compétence directe de l'exploitant (ou des équipes de DTG en ce qui concerne le calage des vannes). Dans ce cadre, la consultation des entreprises se fera sur la base d'un Cahier des Spécifications et Conditions Techniques (CSCT) qui doit présenter le cahier des charges au prestataire, en termes techniques, mais également en termes de mesures de sécurité. Plus simplement, il devra par exemple fournir des indications quand à la localisation des installations : il doit donc s'adresser à une cible ne possédant aucune connaissance de l'ouvrage. Pour la rédaction de ces CSCT, les fiches constituent donc la base du travail. La consultation des entreprises se fera sur un ensemble de prises d'eau regroupées en « lots géographiques »: le CSCT global fournira les informations générales quant aux sites d'intervention et les « fiches-type », fournies en annexe, permettront de détailler la spécificité des modifications pour chaque site.

## 5.2.2 Contenu de la « fiche-type »

Chaque fiche se présente sous la forme d'un **fichier Excel** présentant **quatre onglets principaux** et différents onglets d'annexes dont le nombre peut varier selon les cas. Tout au long de cette partie, on pourra se référer à l'Annexe 3 qui présente un exemple de fiche complétée.

### 5.2.2.1 Onglet « Description Générale »

Cette partie contient toutes les informations d'ordre général concernant la prise d'eau. On ne liste que les éléments qui ne seront pas affectés par la mise en conformité. Utilisé à terme par l'exploitant et conservé dans les groupements d'usine, cet onglet contient, par exemple, des informations générales propres à l'organisation d'EDF. En outre, le but de cet onglet est de fournir aux prestataires des informations sur les conditions dans lesquelles devront être réalisés les travaux (conditions d'accès,...). Enfin, on y trouve certaines informations de type pratique (présence d'énergie,...) qui pourront aiguiller le choix du futur dispositif. L'onglet contient les rubriques suivantes :

- a. **Localisation** : cette section permet, grâce à un plan, de situer le site d'intervention d'un point de vue géographique mais également en tant qu'éléments constitutifs d'un

aménagement hydraulique plus complet. La donnée d'altitude permet déjà de se faire une idée des conditions d'accès ainsi que des périodes favorables à une intervention (mois d'été).

- b. **Situation administrative** : cette catégorie réunit des informations propres à l'organisation interne d'EDF, mais également des éléments relatifs au cahier de concession de l'usine dont dépend la prise d'eau : on peut ainsi connaître la date à laquelle sera renouvelé le titre de concession. Enfin, l'indication du classement du cours d'eau permet d'envisager les exigences réglementaires dont il faudra tenir compte en termes de respect des milieux aquatiques (mise en place de dispositifs de montaison et/ou dévalaison). Cette donnée de classement est importante vis à vis de la mise en conformité puisque les passes à poissons, qui permettent au poisson de franchir un ouvrage donné, constituent également des dispositifs de restitution du débit réservé.
- c. **Caractéristiques générales de la prise d'eau** : on retrouve dans cette rubrique les premiers éléments de l'étude de dimensionnement. Le type de prise permet de savoir si l'on a affaire à une prise en réservoir ou « de montagne ». Un petit paragraphe de description associé au plan d'ensemble permet de distinguer les différents éléments constitutifs de la prise (position et nature des vannes de chasse, présence d'un dessableur, ...). Pour une meilleure compréhension du fonctionnement de l'ouvrage, la fiche présente différentes vues de l'ouvrage : on comprend en effet bien mieux le principe d'un ouvrage hydraulique quand on « voit l'eau couler ». La vue de la rivière à l'aval de la restitution pourra également permettre de détecter une zone d'écoulement tranquillisé où pourra se faire le contrôle du débit. Enfin, plusieurs données de caractère hydrologique sont inventoriées : le module donne un premier ordre d'idée du débit réservé qu'il faudra mettre en place ; la cote RN et la cote minimale d'exploitation fournissent la hauteur de marnage dont la valeur pourra influencer le choix d'une régulation du débit.
- d. **Conditions d'accès** : cette section s'adresse directement aux prestataires ainsi qu'à toute personne extérieure au groupement d'usines. Elle fournit des informations capitales quant à la pénibilité des travaux à réaliser : certains travaux réalisés sur des prises de haute montagne pourront par exemple nécessiter le séjour des ouvriers dans un refuge à proximité pendant la durée de l'intervention. En outre, les conditions d'accès conditionnent le mode de transport du matériel, et par là, la durée des travaux.
- e. **Présence d'énergie sur site** : l'accès à une source d'électricité constitue un avantage majeur. Tout d'abord, il facilite la réalisation des travaux : en l'absence d'énergie, le prestataire devra trouver des modes opératoires alternatifs (le perçage d'un orifice dans une vanne se fera au chalumeau et non à la scie cloche, par exemple). D'autre part, il permet d'envisager plus aisément la mise en place d'un dispositif de supervision, sans quoi il faudra mettre en place au préalable une source d'énergie alternative (panneaux solaires, batteries lithium autonome, turbinette génératrice de courant)
- f. **Moyens de communication présents sur site** : là aussi, la couverture du site par un réseau de télécommunication influence la possibilité d'une supervision de la prise puisqu'en l'absence de moyen de retransmission, la télésurveillance sera impossible.

### 5.2.2.2 Onglet « Dispositif Existant »

Cet onglet décrit le dispositif de restitution tel qu'il est à l'heure actuelle. C'est dans cette partie que seront renseignées l'ensemble des données géométriques qui serviront au dimensionnement du nouveau dispositif. La majorité des informations de cet onglet étant amenée à être modifiée, cet onglet ne sera pas conservé par l'exploitant : il servira ultérieurement pour réaliser le dimensionnement dans le cadre du stage.

- a. **Caractérisation du dispositif de restitution** : l'onglet se divise en trois parties décrivant tour à tour les dispositifs de restitution, de contrôle et de supervision. Cette partie comporte les sous-catégories suivantes :
  - i. *Principe général* : il s'agit ici de faire état du fonctionnement général de la restitution, sans s'étendre sur les données géométriques qui caractérisent le dispositif. Ainsi, un schéma de principe, associé à un paragraphe explicatif ainsi qu'une photographie, se charge de faire apparaître de façon claire le cheminement du débit réservé au sein du dispositif, mais également le positionnement de ce dernier en indiquant les valeurs et localisation des cotes RN, minimale d'exploitation et de restitution. En outre, la valeur actuelle du débit réservé à délivrer est indiquée ainsi que le document réglementaire faisant référence. Enfin, on indique la présence de fuites dans l'ouvrage : en effet, dans certains cas particuliers (faibles modules ou sites peu accessibles associés à la présence de fuites durables), la restitution du débit pourra éventuellement se faire par l'intermédiaire des fuites.
  - ii. *Caractéristiques géométriques* : au delà du principe général de fonctionnement, la connaissance de certaines caractéristiques géométriques est nécessaire. En effet, la connaissance précise du dispositif actuel permettra, par le biais du calcul, d'estimer si, par exemple, le dispositif existant est capable de délivrer le nouveau débit. Le tracé et les dimensions d'un piquage permettent par exemple de connaître la valeur du débit maximal qu'il est capable de délivrer. En outre, cette catégorie permet de présenter les détails de certains plans dans la rubrique compléments : la connaissance de la forme et des dimensions d'une vanne permettra, par exemple, de savoir si cette dernière sera en mesure d'accepter un orifice dimensionné au nouveau débit.
- b. **Dispositif de contrôle** : cette deuxième partie permet de décrire le dispositif de contrôle du débit réservé, lorsque ce dernier existe : comme à chaque fois un schéma de principe est complété par un paragraphe explicatif et plusieurs photographies.
- c. **Dispositif de supervision** : on s'attache ici au fonctionnement du dispositif de supervision, dans le cas où la prise dispose d'une télésurveillance. Même en l'absence de télésurveillance, la rubrique *Problématique du colmatage* revêt un intérêt tout particulier puisque, comme on l'a vu, l'obturation des dispositifs représente le premier facteur de défaillance des dispositifs. Une manière d'appréhender cette problématique sur site est de connaître la fréquence des tournées programmées par le groupement d'usine pour l'entretien de la prise. D'autre part, il peut être fait état, en commentaire, de la nature de l'environnement de la prise. En effet, un paysage aride et rocheux ne présage pas de problèmes importants de colmatage : le site sera dans le pire des cas sensible à l'engravement de la prise (accumulation de sédiments et cailloux qui viennent altérer parfois sérieusement le



fonctionnement global de la prise). Par contre, une prise d'eau située dans ou à proximité d'une forêt, dans un environnement de moyenne montagne, aura de forte chance d'être sujette au colmatage.

### 5.2.2.3 Onglet « Travaux à réaliser »

Les informations fournies dans les deux premiers onglets permettent à l'ingénieur d'étude de réaliser l'étude de dimensionnement. Face à la configuration décrite, il a pu estimer si la mise en conformité constitue un cas simple n'impliquant pas de calage de vanne. Dans ce cas, il doit fournir une description précise de l'intervention à mener sur la prise. Dans le cas contraire, il doit renvoyer l'affaire aux équipes de CIH ou DTG et fournir à ces dernières des recommandations quant au travail à mener.

L'onglet « Travaux à réaliser » permet de remplir ces différentes exigences. Il fournit une description technique et organisationnelle des travaux à réaliser et s'adresse donc en priorité au prestataire pour le guider au cours de son intervention. Dans une moindre mesure, il permettra la communication de certaines prescriptions techniques lors du transfert d'une affaire entre différentes entités de la DPIH.

L'onglet précise tout d'abord si l'intervention d'une entreprise extérieure est nécessaire pour mener à bien l'intervention. En effet, il sera possible que dans certains cas simples, une simple intervention de l'exploitant suffise : dans ce cas, il n'est pas nécessaire que l'onglet fournisse le nom d'un interlocuteur EDF. On trouve ensuite les rubriques suivantes :

- a. **Descriptif des travaux à réaliser** : l'onglet se divise en deux parties principales. La première de ces deux parties décrit sous des aspects techniques la nature des travaux à réaliser. Le second fait état de l'ensemble des contraintes à envisager afin de mieux préparer et accomplir la réalisation des modifications.
  - i. *Travaux principaux* : on traite dans cette sous-partie les modifications à apporter au dispositif de restitution. Par exemple, dans le cas du perçage d'un orifice, on précise la position du futur trou, son diamètre, la nature et l'épaisseur du matériau à percer : ainsi, l'ouvrier en charge des travaux pourra prévoir l'outil le mieux adapté au travail demandé.
  - ii. *Travaux annexes* : cette deuxième sous-partie aborde la mise en place d'un éventuel dispositif de contrôle ainsi que la pose de capteurs. Il faut ici préciser que la mise en place de dispositifs de supervision sort du cadre strict du projet. En effet, cette démarche entre dans le cadre du projet « Reconquête des Twh » qui, dans l'enceinte du programme Renouv'eau, cherche à augmenter le résultat de la production. La supervision des prises d'eau permet de faire intervenir les exploitants uniquement lorsqu'un problème se présente, ce qui économise le coût de visites inutiles. Ainsi, la mise en place d'un dispositif de supervision pourra se faire lors de la mise en conformité de la prise mais ce dernier sera financé par le projet « Renouveau » et mis en place par l'exploitant. L'intervention du projet « Débits Réservés 2014 » dans ce domaine devra donc se limiter à la pose de capteurs (la pose d'un ajustage pourra par exemple être associée à la mise en place d'un clapet et d'un capteur de fin de course). L'étude aura permis de déterminer un besoin, c'est ensuite à l'exploitant d'être moteur s'il souhaite voir sa prise supervisée.

- iii. *Mode opératoire* : certains travaux vont interrompre la restitution du débit réservé : il faudra éventuellement prévoir la mise en place d'un siphon ou d'un by-pass temporaire afin de ne pas s'exposer à des contraventions.
- b. **Contraintes d'interventions** : tout comme un CSCT doit fournir, entre autres, l'ensemble des mesures de sécurité que doit respecter le prestataire, la fiche doit indiquer l'ensemble des contraintes d'intervention auxquelles devra se soumettre l'entreprise sous-traitante.
  - i. *Contraintes pratiques* : ces informations renseignent sur les modalités de stockage du matériel pour les travaux dont la durée excède la journée, ainsi que sur la présence de vestiaires ou de sanitaires.
  - ii. *Contraintes de sécurité* : la réalisation de travaux sur un ouvrage hydraulique peut présenter de nombreux risques de sécurité. En effet, la hauteur des aménagements peut rendre l'accès à la zone de travaux difficile voire dangereux. Une autre contrainte majeure provient de l'âge important de certaines installations : mises en place il y a plus de cent ans parfois, de nombreuses vannes ont été peintes à l'aide d'enduits qui peuvent contenir de l'amiante ou des métaux lourds. Seules les entreprises habilitées au travail sur revêtements amiantés pourront être retenues lors de la consultation.
  - iii. *Contraintes climatiques et exposition de l'ouvrage* : ces informations donnent un aperçu de la rudesse du climat et de l'environnement de la prise.
  - iv. *Périodes d'interventions* : le choix de la période d'intervention devra prendre en compte deux critères principaux. Les conditions climatiques conditionnent d'une part les possibilités d'intervention : en effet, certaines prises de haute montagne ne sont déneigées que pendant de courtes périodes de l'année (août, septembre) au cours desquelles il faudra privilégier une intervention. En outre, dans une volonté de limiter les périodes de travaux rendant la prise d'eau inexploitable, il faut tenir compte des indisponibilités qui ont déjà été programmées afin de regrouper au maximum les interventions. D'une manière générale, les interventions importantes sont programmées pendant les mois d'été qui correspondent aux apports les plus faibles et donc aux pertes les moins significatives.
  - v. *Démarches administratives* : cette section s'adresse plus particulièrement à la personne responsable du suivi de la réalisation. En effet, la mise en œuvre de travaux sur une prise d'eau nécessite que soient anticipées différentes démarches administratives. Les travaux affectant le lit de la rivière devront faire l'objet d'une demande d'autorisation de travaux en rivière auprès des services départementaux de la police de l'eau. De plus, certaines interventions requièrent la mise hors d'eau d'une partie ou de la totalité d'une prise d'eau afin d'accéder aux organes de restitution. Dans certains cas, cette mise hors d'eau s'apparente à une vidange de la retenue, c'est-à-dire au déversement progressif du contenu du plan. Cette opération remet en suspension une partie des couches superficielles des sédiments déposés dans le lac depuis sa mise en eau. Les concentrations de matières en suspension (MES) augmentent alors temporairement dans la rivière, en aval du barrage, en y provoquant des déficits

d'oxygène dissous et en y apportant des éléments indésirables en excès. Cet ensemble de changements des caractéristiques physico-chimiques du milieu est de nature à gêner certains usages de l'eau (production d'eau potable) ou de mettre en danger les milieux aquatiques. Dans le cas où une telle opération devra être réalisée, une réglementation stricte devra être respectée. Enfin, pour les prises situées sur le territoire du parc national des Pyrénées, une autorisation préalable devra être délivrée par les autorités du parc.

#### 5.2.2.4 Onglet « Nouveau Dispositif »

Cet onglet reprend dans son intégralité le contenu de l'onglet « Dispositif Existant » en s'attachant cette fois à décrire le dispositif après modification. C'est cet onglet ainsi que l'onglet « Description Générale » qui seront conservés au GU suite à la réalisation des travaux.

#### 5.2.2.5 Annexes

Les annexes permettent de fournir des informations complémentaires pour chacun des différents onglets. On peut ainsi y trouver les scans de plans de l'aménagement, le compte-rendu de mesures DTG réalisées sur l'ouvrage, mais encore des notes de calcul ayant servi à dimensionner le dispositif existant. Les autres notes de calculs et abaques fournis en annexes constituent la trace du travail de dimensionnement pour le futur dispositif. Des études de rentabilité pourront également justifier du choix de la régulation du débit réservé. Concernant l'onglet de description des travaux, on pourra trouver par exemple une note descriptive du dispositif de régulation à mettre en place ainsi que des estimations budgétaires, etc...

#### 5.2.2.6 Une utilisation automatisée

La fiche se destine à une utilisation par la majorité des acteurs du projet. Afin d'en faciliter l'utilisation par tous et d'en uniformiser la mise en page, le contenu de la fiche s'adapte automatiquement aux différents cas de figure. L'utilisateur a en effet à sa disposition, pour remplir certains items de la fiche, des choix multiples parmi lesquels il doit élire la réponse adaptée. En fonction de cette réponse, la mise en place de macro VBA a permis l'adaptation du contenu de la fiche à chaque choix. Par exemple, la section « Caractéristiques géométriques » ne contient pas les mêmes données selon que l'on choisisse dans la case « Moyen de restitution » le choix orifice ou vanne.

Caractéristiques géométriques de l'orifice	
Forme de l'orifice :	Rectangulaire
Largeur :	0,08 m
Longueur :	0,435 m
Section de l'orifice :	0,0348 m <sup>2</sup>
Epaisseur de la paroi :	0,01 à 0,02 m
Matériau :	Acier
Cote de l'axe de l'orifice :	489,16 m NGF
Régime à l'aval :	Dénoyé



Figure 33: Exemple d'automatisation du contenu de la "fiche-type"

### 5.3 La démarche de standardisation

Le stage a contribué à la volonté de standardisation par le biais de travaux se concentrant notamment sur les méthodes de dimensionnement des cas simples : rédaction d'une note de calcul pour le dimensionnement des orifices et développement des ajutages standards.

#### 5.3.1 La note de calcul « Orifices »

Lors des contrôles effectués par les agents de la police de l'eau, il arrive que le dimensionnement des dispositifs soit contesté. Bien souvent le litige apparaît autour de la formule de calcul de débit : en effet, il n'est pas rare que les ingénieurs de l'ONEMA utilisent des coefficients de débits différents de ceux choisis par les ingénieurs EDF au cours de l'étude. Ainsi, une prise d'eau que l'on pense être conforme peut être à l'origine d'un procès verbal.

Dans le cas des orifices, par exemple, le débit est d'une manière générale calculé à partir de la charge hydraulique par la formule indiquée en Figure 13. Le coefficient de débit  $\mu$  est un nombre sans dimension inférieur à 1, appelé coefficient de débit et qui traduit l'influence des frottements, de la viscosité et du phénomène de contraction. La valeur de ce coefficient est donc variable selon les configurations : forme et dimensions de l'orifice, régime hydraulique noyé ou dénoyé...

Jusqu'alors le choix de la valeur de ce coefficient se faisait sans qu'aucune référence ne soit établie. Ainsi, pour deux personnes réalisant le même calcul, l'une pouvait choisir un coefficient de 0,6, l'autre de 0,7. Une note de calcul a donc été rédigée afin de permettre le dimensionnement des orifices et de préciser, en se basant sur des références théoriques ([ 1 ], [ 2 ]), la variabilité de la valeur numérique du coefficient  $\mu$ . La consultation d'ouvrages a ainsi permis de :

- préciser les limites de validité de la formule de calcul du débit
- définir des valeurs par défaut pour chaque forme géométrique d'orifice, dans le cas d'un régime noyé ou dénoyé

- affiner les valeurs de coefficient de débit dans le cas d'orifices circulaires ou carrés grâce à l'exploitation d'abaques. Problème de points qui doivent être des carrés

La note de calcul prend la forme d'un fichier Excel retranscrivant l'ensemble de ces abaques et conditions de validité. Il suffit à l'utilisateur d'entrer les caractéristiques générales de son dispositif : forme de l'orifice, nature des bords de l'orifice, conditions à l'aval (régimes noyés ou dénoyés), épaisseur de la paroi, section de l'orifice et enfin hauteur de charge. L'automatisation de la note de calcul (lecture automatique des abaques,...) permet alors d'obtenir directement la valeur du coefficient à appliquer ainsi que le débit délivré dans les conditions énoncées par l'utilisateur. En se référant ainsi à la littérature scientifique et en supprimant le besoin d'un choix, parfois aléatoire, par l'utilisateur de la valeur du coefficient, on espère ne plus s'exposer au risque d'une contestation par les services de l'Etat.

Une exemplaire complété de cette note de calcul est disponible en Annexe 4.

### 5.3.2 Mise en place d'ajutages standards

Si la rédaction de notes de calcul, posant la référence scientifique des calculs de dimensionnement, permet de fiabiliser la débitance des futurs dispositifs de restitution, le développement d'« ajutages standards » se fait dans une volonté de pousser plus loin cette démarche.

Il s'agit une nouvelle fois de standardiser les solutions apportées, ici en ce qui concerne les ajutages. Le principe est le suivant : les « ajutages standards » se présenteront sous la forme de pièces achetées auprès d'un fournisseur et pouvant se monter en l'état sur l'organe de restitution.

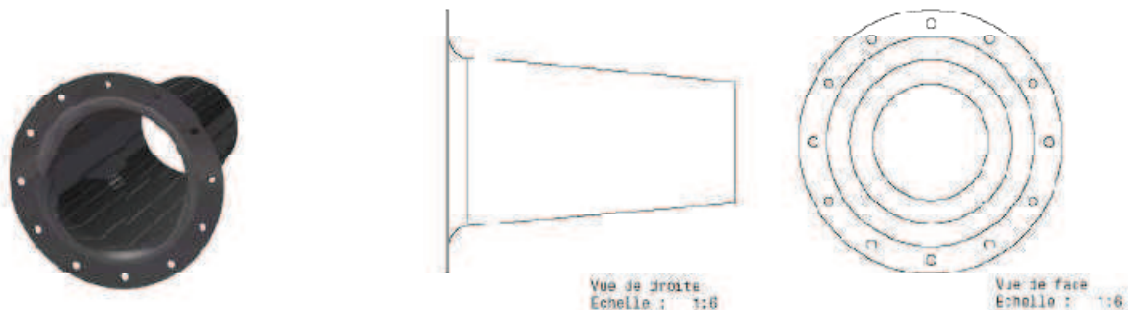


Figure 34 : Principe des ajutages standards

En passant par ce biais, l'objectif est d'avoir l'assurance que le dispositif mis en place délivre le débit souhaité avec le plus de précision possible. En effet, la réalisation du dimensionnement à l'aide d'une note de calcul n'assure pas que le débit délivré sera exactement conforme au résultat donné par le calcul théorique : la nature du matériau a par exemple une influence sur les pertes de charge. Ce dernier phénomène n'étant pas à ce jour traité par la littérature scientifique, il n'est possible de prendre en compte son influence qu'en réalisant **une étude de caractérisation**.

L'étude sera menée en collaboration avec un constructeur. Ce dernier recevra un cahier des charges explicitant les caractéristiques des ajutages à fabriquer et à partir duquel il pourra fournir des prototypes qui seront testés. La DTG ne disposant pas de banc d'essais permettant la réalisation de ces mesures en laboratoire, la caractérisation des dispositifs devra se faire sur une prise d'eau choisie comme « site-pilote ». On aura ainsi accès aux valeurs exactes de débit délivrés par chacun des ajutages standards. Afin de s'assurer de la précision d'un tel

dispositif, on mènera également des études échantillonnées afin d'évaluer la reproductibilité du processus de fabrication du constructeur. Une fois quelques ajustements apportés, le constructeur reproduira le processus à l'identique pour produire les ajutages conçus en plus grande quantité.

Si ces ajutages sont adaptables sur la plupart des organes (vannes, batardeaux,...), il faut noter ici qu'ils ne pourront pas être implantés à la sortie d'une conduite de piquage ou d'un siphon. En effet, dans ce type de configuration, la valeur du débit restitué dépend tout autant des caractéristiques de l'ajutage que des pertes de charges engendrées par le parcours du fluide dans la conduite, phénomène dont il est bien plus complexe de prendre en compte l'influence (toutes les conduites possèdent un parcours différent).

L'étude sera également l'occasion de tester différentes formes d'ajutages. Comme on l'a vu dans un paragraphe précédent, le choix de certains profils hydrauliques permettrait de limiter le colmatage. Suite au retour d'expérience de l'étude, il sera alors possible de proposer une gamme d'ajutages s'adaptant mieux aux sites sensibles au colmatage.

## **5.4 Gestion de projet**

L'ampleur du stage impose que soient mises en place des mesures d'organisation et de planification. En outre, la participation à un projet national doit se faire dans un cadre précis, dont il faut connaître le périmètre. Tous ces éléments sont autant d'arguments qui rendent la mise en œuvre d'outils de gestion de projet indispensable.

### **5.4.1 Organigramme des tâches**

Au sein du projet national « Débits Réservés 2014 », la mission présente deux volets principaux : sa contribution première est la mise en œuvre des études et dimensionnements des cas simples de l'UPSO, mais elle apporte également une contribution au projet national sur les aspects de standardisation. La rédaction d'un organigramme des tâches fourni en Annexe 5 a permis de cerner les différentes actions à mettre en place pour chacun de ces deux volets.

En dehors des aspects listés dans cet organigramme et dont la plupart ont été explicités dans le rapport, une composante plus informelle de la mission reste à développer. La réalisation de nombreuses visites a été, au delà des objectifs stricts du projet, l'occasion d'aller à la rencontre des exploitants et de leurs exposer les tenants et aboutissants du projet. Premiers concernés par les modifications qui seront apportées au parc hydraulique, ils affichent parfois une certaine réticence, par manque d'information, face à la mise en place du projet. La présente mission a donc parfois eu pour objectif d'établir un lien direct entre l'équipe projet et les exploitants, souvent curieux des modifications que devront subir leurs installations. Cet aspect s'est donc traduit par des discussions, voire des présentations lors de réunions en GU, afin de rassurer les exploitants vis-à-vis de la stratégie adoptée par EDF face à la nécessité de conformité avec la LEMA. En contrepartie, ces échanges ont permis bien souvent de capitaliser les bonnes pratiques en termes de délivrance du débit réservé, à savoir les avantages et défauts de chaque type de dispositif. En outre, ils ont été parfois capitaux dans la détection des erreurs de classement : ainsi, certaines visites ont été effectuées suite à la mise en lumière d'une potentielle erreur de classement par l'exploitant et les réarbitrages nécessaires ont pu être réalisés.

### **5.4.2 Suivi de l'avancement**

Afin d'assurer le bon déroulement de la mission et de détecter les éventuelles difficultés, il est indispensable de réaliser un suivi de l'avancement du projet. Pour cela, il a

été associé à chacune des actions répertoriées dans l'organigramme un indicateur de suivi : certaines actions comme le suivi du nombre de visite se prêtent à un indicateur de suivi numérique, d'autres seront dites réalisées suite à un évènement validant (remise d'un livrable, validation par le projet...). L'ensemble de ces indicateurs sont présentés dans le tableau de bord de l'Annexe 6.

Un indicateur de suivi global a également été mis en place afin d'évaluer l'avancement du projet dans son ensemble et de détecter d'éventuels retards handicapants. L'objectif premier du projet étant le renseignement des fiches-type, il a été choisi de se baser sur l'avancement de cette action, en se basant sur une réflexion en termes de charge horaire. En effet, au fil des visites et des études, il a été possible de réaliser un chiffrage horaire de chacune des étapes nécessaires au renseignement complet d'une fiche, phase préparatoire et visite comprises. Ainsi on pu établir qu'il fallait consacrer en moyenne 15 heures à l'étude complète d'un site. En comparant le nombre d'heures qu'il sera nécessaire de consacrer au total au nombre d'heure déjà passées, on obtient ainsi un aperçu de l'avancement global du projet.

### 5.4.3 Planification

L'échéancier du projet national planifie la période d'étude et de dimensionnements des cas simples sur une période de 9 mois s'étalant du deuxième au quatrième semestre de 2009. La durée de stage avait été fixée à 5 mois et demi : l'UPSO, première unité à mettre en place la démarche de mise en conformité, s'était donc fixé un objectif ambitieux, pensant parvenir à livrer les fiches avant le temps imparti.

Cependant, après les quinze premières visites, le chiffrage horaire mentionné au 5.4.2 a pu être réalisé en collaboration avec les tuteurs de l'étude. Ce premier retour d'expérience a permis de prendre conscience que l'ensemble de la mission ne pourrait être mené à bien dans le temps imparti par le stage. En concertation avec l'équipe de direction, un contrat a été signé pour prolonger la durée d'étude jusqu'à la date du 31/12/09. A compter de ce moment, une planification a pu être établie : elle est présentée dans un diagramme GANTT en Annexe 7. On remarque que ce diagramme distingue deux phases principales : une première phase de réalisation des visites puis une deuxième phase où les données recueillies sont exploitées pour réaliser le dimensionnement des futurs dispositifs. Le choix d'une telle organisation répond à une contrainte s'imposant au monde de l'hydraulique en général. Les zones de montagnes ne sont facilement accessibles que pendant les mois d'été, de mai à septembre. Certaines prises d'eau de haute montagne ne sont parfois déneigées que pendant le mois d'août. Il a donc été indispensable de profiter de cette période pour réaliser le maximum de visites. Cette activité représentant une importante charge horaire, il n'a pas été possible de mener de front visite et études proprement dites. Les études de dimensionnements sont donc décalées dans le temps.

## 6 Bilan et perspectives

A l'issue de la période de stage, un premier bilan peut être tiré en termes de résultat. La démarche et les outils mis en place ont permis la réalisation d'un très grand nombre de visites. Leur utilisation s'est également élargie à plusieurs entités de la DPIH. Enfin, les premières études de dimensionnement ont pu être menées à bien : l'expérience ainsi acquise a permis d'aboutir à la rédaction de documents d'aide à la réflexion pour le choix des nouveaux dispositifs.

## 6.1 Bilan de l'avancement du projet

### 6.1.1 Avancement global

A l'issue de presque six mois d'étude, l'UPSO se trouve au deux tiers de la période prévue pour la conception des futurs dispositifs. Afin de tenir les délais, il faudrait qu'une charge de travail correspondant environ au deux tiers de la charge horaire totale ait été réalisée. Cette indication nous est donnée par l'indicateur de suivi global.

	Chiffrage		Réalisation						
	Action	Durée (en mn par PE)	Nombre de PE	Pourcentage	Durée totale (en mn)				
Préparation pré-visite	Récupération de plans	20	66	84%	7920				
	Confrontation des sources	20							
	Renseignement de la "check-list"	40							
	Préparatifs logistiques	40							
	<b>Total "fiches préremplies"</b>	<b>120</b>							
Réalisation de la visite	Déplacement	360	66	84%	29700				
	Visite proprement dite	30							
	Récupération de plans au GU	60							
	<b>Total "visites réalisées"</b>	<b>450</b>							
Exploitation post-visite	Dessins et schémas	90	32	41%	6720				
	Traitement des données manquantes	60							
	Numérisation des plans	60							
	<b>Total : "Partie Description de l'existant remplie"</b>	<b>210</b>							
	Renseignement de l'onglet 3	120					12	15%	1440
	<b>Total (mn par PE)</b>	<b>900</b>			<b>45780</b>	<b>71100</b>			
	<b>Total (h par PE)</b>	<b>15</b>			<b>783</b>	<b>1185</b>			
			<b>Pourcentage du total horaire</b>		<b>64%</b>				

A comparer à  
**Total horaire pour l'ensemble du projet**

Figure 35 : Indicateur de suivi global du projet, bilan à l'issue du stage

Avec un pourcentage de 64 %, les résultats obtenus sont satisfaisants : 80 % des visites ont notamment pu être réalisées, les visites manquantes correspondant soit à des ouvrages qui n'étaient pas visités par les exploitants durant ces périodes soit à des visites reportées par les exploitants, pour des raisons de mauvaises conditions météorologiques par exemple.

Plus largement, le tableau de bord fournit l'état d'avancement pour chacun des objectifs et permet de détecter les points posant problème. Ces aspects seront développés plus loin dans les perspectives.

### 6.1.2 Contribution apportée au projet

D'une manière plus générale, les outils développés au cours de la mission (trame de la « fiche-type », note de calcul,...) ont apportés satisfaction à une grande partie des acteurs du projet national.

Ces outils ont tout d'abord fait l'objet d'une validation au national suite à des présentations réalisées au cours des réunions communes. Après une phase de test de ces nouvelles démarches au sein de l'UPSO, des modifications ont pu être apportées et la diffusion des outils a pu se réaliser. Ainsi, de nombreuses unités de la DPIH ont repris, à quelques ajustements de forme près, l'utilisation de la « fiche-type » tant pour les cas simples que pour les cas complexes. On pourra notamment citer CIH, l'Unité de Production Alpes, DTG Grenoble, l'Unité de Production Méditerranée,...L'objectif d'uniformisation des méthodes a donc été atteint de manière satisfaisante.



### 6.1.3 Bilan de l'expérience acquise

Le côtoiement du terrain et l'observation de plus de soixante cinq prises d'eau a permis d'acquérir une certaine expérience. Ces connaissances permettent de pressentir le type de dispositif qui sera le plus adapté à chaque cas de figure. Un tel choix passe par un arbitrage entre un nombre important de critères interdépendants. On trouve parmi ces critères un ensemble de considérations techniques telles que la sensibilité au colmatage d'une prise d'eau. Afin de capitaliser cette expérience, des logigrammes de choix ont été rédigés. Le premier traite du choix du dispositif de restitution à proposer. Le deuxième développe le choix du type de dispositif de contrôle et le dernier celui du système de supervision du débit réservé. Ces diagrammes sont fournis en Annexe 8.

Si ce type de document ne peut évidemment pas prétendre à l'exhaustivité, étant considéré la multiplicité des cas, il permet cependant de poser à plat le type de raisonnement qui doit s'engager lors du choix du futur dispositif. Il en établit les enjeux et les considérations principales. L'information ainsi capitalisée pourra alors être transmise aux différents acteurs du projet comme aide à l'étude.

Afin de faciliter la lecture de ces diagrammes, il a été proposé de suivre les chemins, tracés en rouge, correspondant au choix de la prise d'eau exemple (PE d'Anitch, cf Annexe 3).

## 6.2 Perspectives

Afin de mener à bien la fin de la mission, une priorité devra être donnée au renseignement des fiches, conformément aux logigrammes mis en place. Dans la même optique, les fiches traitant des modifications planifiées pour 2010 devront être réalisées en premier.

La démarche de standardisation devra être prolongée. En ce qui concerne les « ajustages standards », une première gamme des débits pour lesquels devront être fabriqués ce type de dispositif a été réalisée, en considérant les débits délivrés à l'heure actuelle par l'ensemble des orifices et ajustages. On constate que les « ajustages standards » devront être conçus majoritairement pour des débits inférieurs à 100 l/s. La restitution de débits supérieurs correspond à des diamètres de perçage trop importants pour être réalisés sur une vanne ou un batardeau classique. La démarche de conception devra aboutir à la rédaction d'un cahier des charges qui fera état des gammes de débits et des géométries à tester en fournissant l'ensemble des recommandations d'ordre technique. Après détection d'un site pilote concluant, les essais pourront débuter.

Enfin, le début de la phase de négociation avec les services de l'Etat va probablement s'accompagner de revirements concernant les valeurs de débits à restituer. Si EDF devra faire valoir des arguments bien étayés grâce à la collecte de données réalisée lors des visites, il sera indispensable, pour pouvoir faire face à ce type d'imprévu, d'anticiper toute décision défavorable sur chacun des sites.

## Conclusion

Le stage avait sous sa responsabilité la mise en conformité des débits réservés de plus de soixante dix prises d'eau. Les adaptations à réaliser concernent des modifications simples de l'existant. Pour mener à bien cette mission dans l'échéance impartie par la LEMA (1<sup>er</sup> janvier 2014), elle a été la première unité à développer une démarche et des outils adaptés aux études à réaliser. Dans une volonté de standardisation, ces outils ont été conçus pour répondre aux besoins de l'ensemble des acteurs du projet national « Débits Réservés 2014 ». Ainsi, la trame d'une « fiche-type » a été établie : elle se pose comme le support dédié à chacune des étapes de l'étude et constitue le livrable attendu à la suite de chaque mise en conformité. Sur le territoire de l'UPSO, son utilisation a permis à ce jour la réalisation de plus de 80 % des visites ainsi que la réalisation de plusieurs études de dimensionnement. Son utilisation a été élargie à de nombreuses entités contributrices du projet. De plus, un effort a été mené afin de fiabiliser les méthodes de dimensionnement : une note de calcul pose la référence scientifique en terme de débitance des orifices et le développement d'ajutages standards fournit une solution de restitution maîtrisée et fiable. Enfin, l'expérience acquise a été formalisée au sein de documents d'aide à la réflexion pour le choix des nouveaux dispositifs.

Ce premier bilan positif permet d'envisager avec sérénité le prolongement de la mission. Une attention toute particulière devra cependant être portée à l'avancement du projet, par le biais des outils de gestion de projet mis en place, si l'on souhaite tenir les délais imposés par le projet national et la réglementation. La finalisation des études sera donc prioritaire même s'il faudra veiller au bon avancement de la démarche de standardisation.

## Bibliographie

### Ouvrages

[ 1 ] CARLIER Michel. *Hydraulique Générale et appliquée*. Paris : Eyrolles, 1972, 582 p.  
(Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France)  
ISBN 0399-4198

[ 2 ] LENCASTRE Armando. *Hydraulique Générale*. 2<sup>nd</sup> ed. Paris : Eyrolles, 1996, 633 p.  
ISBN 978-2-212-01894-3

### Textes de loi

[ 3 ] MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE. *Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques*. Journal officiel, n°303 du 31 décembre 2006.

### Rapports de stage

[ 4 ] VIALARET Sébastien. *Audit des dispositifs de restitution du débit réservé sur les ouvrages de l'EDF UPSO* : rapport de stage, 3<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur. Toulouse: ENSEEIHT, 2007, 96 p.

### Rapports techniques

[ 5 ] DEMANGE Thibault. *Catalogue de solutions standards pour la restitution des débits réservés en situation de cas complexe*. Version 0. Le Bourget du Lac : EDF-CIH, 2009, 32 p.

[ 6 ] BELLEVILLE A., HULOT L., PERRET C. et al. *Guide débitance à l'usage des exploitants*. Réf. D4166/RAP/2001-04482-D. Grenoble : EDF DTG, 2005, 153 p.

### Notes d'organisation

[ 7 ] VIALARET Sébastien, BERCOVITZ Yvan. *Débits réservés 2014 à l'UPS0*, note d'organisation du projet. Toulouse : EDF-UPS0, 2009, 16 p.

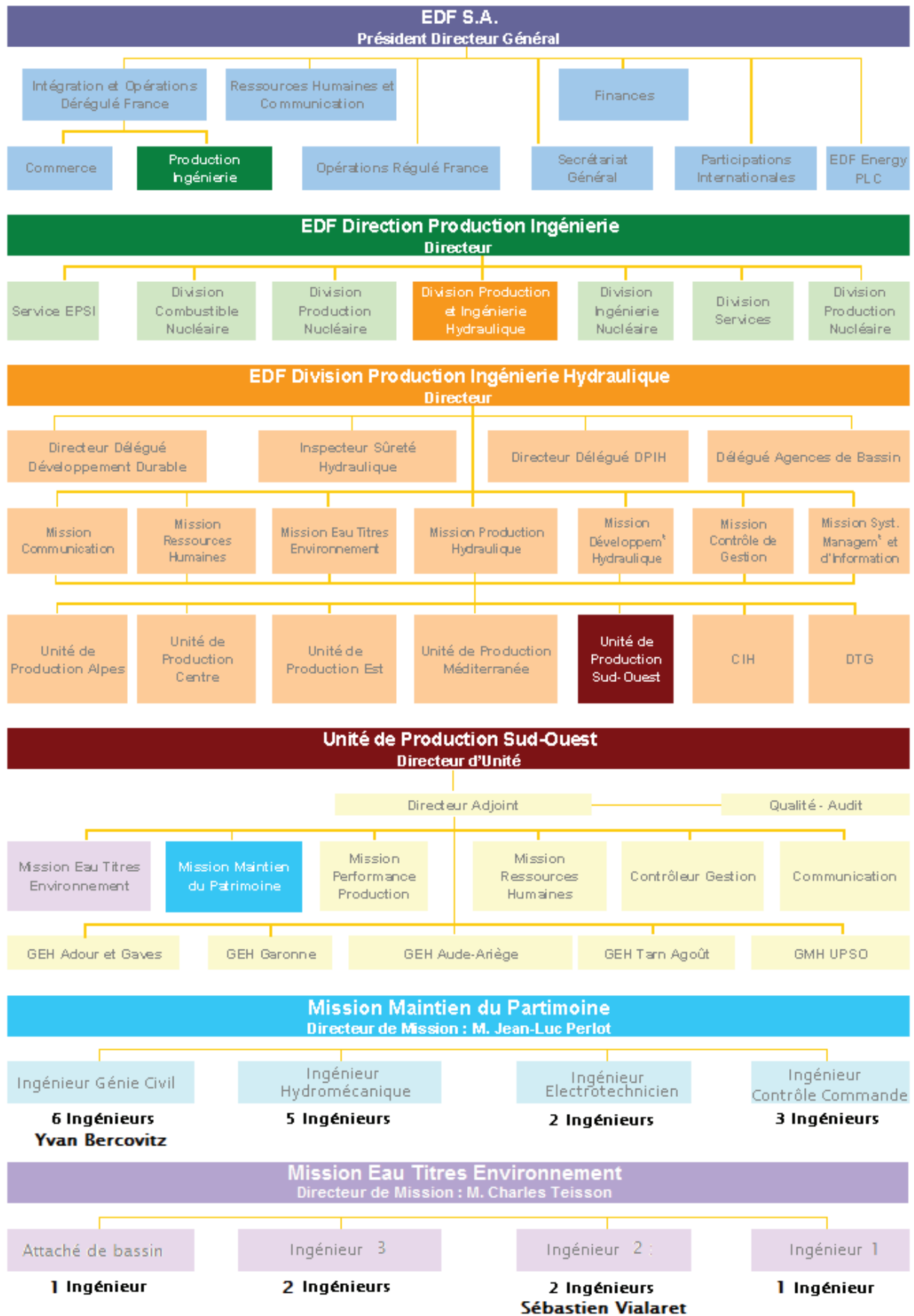
### Sites Internet

[ 8 ] EDF. *Dorhémey, le référentiel [en ligne]*. Disponible sur : <https://doremhy.edf.fr/>  
(consulté pour la dernière fois le 18.09.2009)

## Tables des Annexes

<b>ANNEXE 1 : ORGANIGRAMME DE LA DPIH .....</b>	<b>59</b>
<b>ANNEXE 2 : ARTICLE L.214-18 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>60</b>
<b>ANNEXE 3 : FICHE-TYPE PRISE D'EAU - EXEMPLE COMPLETE.....</b>	<b>61</b>
<b>ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL « ORIFICE » - EXEMPLE COMPLETE .....</b>	<b>72</b>
<b>ANNEXE 5 : ORGANIGRAMME DES TACHES.....</b>	<b>77</b>
<b>CONTRIBUTION AU PROJET UPSO .....</b>	<b>77</b>
<b>CONTRIBUTION AU PROJET NATIONAL.....</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXE 6 : TABLEAU DE BORD DU PROJET.....</b>	<b>79</b>
<b>ANNEXE 7 : DIAGRAMME GANTT DU PROJET .....</b>	<b>80</b>
<b>ANNEXE 8 : LOGIGRAMMES DE CHOIX.....</b>	<b>81</b>
<b>CHOIX DU DISPOSITIF DE RESTITUTION .....</b>	<b>81</b>
<b>CHOIX DU DISPOSITIF DE CONTROLE .....</b>	<b>82</b>
<b>CHOIX DU DISPOSITIF DE SUPERVISION.....</b>	<b>83</b>

## Annexe 1: Organigramme de la DPIH



## **Annexe 2 : Article L.214-18 du code de l'environnement**

*« I. Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite. »*

*« Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen interannuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. Pour les cours d'eau ou parties de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 mètres cubes par seconde, ou pour les ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de consommation et dont la liste est fixée par décret en Conseil d'Etat pris après avis du Conseil supérieur de l'énergie, ce débit minimal ne doit pas être inférieur au vingtième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage évalué dans les mêmes conditions ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. Toutefois, pour les cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rendant non pertinente la fixation d'un débit minimal dans les conditions prévues ci-dessus, le débit minimal peut être fixé à une valeur inférieure. »*

*« II. Les actes d'autorisation ou de concession peuvent fixer des valeurs de débit minimal différentes selon les périodes de l'année, sous réserve que la moyenne annuelle de ces valeurs ne soit pas inférieure aux débits minimaux fixés en application du I. En outre, le débit le plus bas doit rester supérieur à la moitié des débits minimaux précités. »*

*« Lorsqu'un cours d'eau ou une section de cours d'eau est soumis à un étiage naturel exceptionnel, l'autorité administrative peut fixer, pour cette période d'étiage, des débits minimaux temporaires inférieurs aux débits minimaux prévus au I. »*

*« III. L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien des dispositifs garantissant dans le lit du cours d'eau les débits minimaux définis aux alinéas précédents. »*

*« IV. Pour les ouvrages existant à la date de promulgation de la loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, les obligations qu'elle institue sont substituées, dès le renouvellement de leur concession ou autorisation et au plus tard le 1er janvier 2014, aux obligations qui leur étaient précédemment faites. Cette substitution ne donne lieu à indemnité que dans les conditions prévues au III de l'article L.214-17. »*

*« V. Le présent article n'est applicable ni au Rhin ni aux parties internationales des cours d'eau partagés. »*

## Annexe 3 : Fiche-type prise d'eau - Exemple complété

### DESCRIPTION GENERALE

Prise d'eau de Anitch - GU Baralet - GEH Adour et Gaves

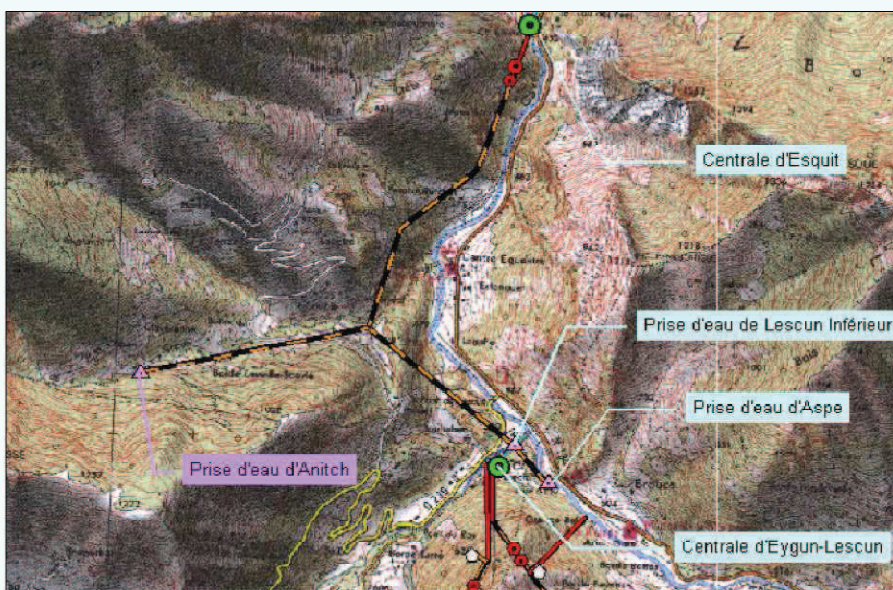
Nom de la prise d'eau : Anitch

#### 1 - Localisation

Cours d'eau : Anitch  
Altitude : 490,68 m NGF

Communes ou lieux-dits à proximité : Lescun, L'estanguet  
Département: 64

Plan géographique :



Echelle : 1/25000

#### 2 - Situation administrative

Nom de la centrale : Esquit  
Régime administratif : Autorisation autorisable  
Échéance : 16/10/2024  
Classement du cours d'eau : Néant

Groupement d'usine (G.U) : Baralet  
Vallée : Gave d'Aspe  
Groupement d'exploitation hydraulique (G.E.H) : Adour et Gaves

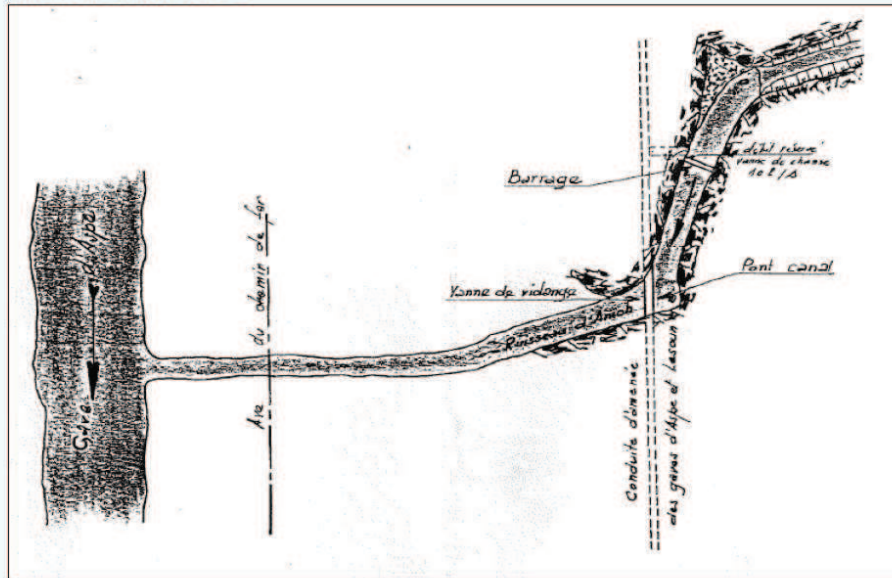
#### 3 - Caractéristiques générales de la prise d'eau

Type de prise : en rivière

Description de la prise d'eau et de son fonctionnement :

La prise d'eau d'Anitch capte les apports du ruisseau d'Anitch et assure leur transport jusqu'à l'usine d'Esquit via une entrée en galerie. Haute d'environ deux mètres, elle est constituée d'un seuil deversant et d'une vanne de chasse. En rive droite, une grille permet de protéger l'entrée en galerie des embâcles.

Plan global de la prise d'eau :



Annexe(s) technique(s) relative(s) :

Vue générale de la prise d'eau :



Vue de la rivière à l'aval de la prise d'eau :





**Impact sur les débits réservés de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques**  
*Mise en conformité des aménagements hydroélectriques de l'Unité de Production Sud-Ouest*

Bassin versant naturel :	6,5 km <sup>2</sup>
Module de la rivière :	0,41 m <sup>3</sup> /s
Cote R.N :	490,68 m NGF
Cote minimale d'exploitation :	Non connue
Hauteur de l'aménagement :	2 m
Coefficient énergétique :	0,086 kWh/m <sup>3</sup>
Coefficient énergétique corrigé :	0,086 kWh/m <sup>3</sup>

**4 - Conditions d'accès**

Accès en véhicule banalisé :	Oui	Temps d'accès depuis le GU :	15 mn
Accès pédestre :	Oui	Temps d'accès depuis le GU :	10 mn de plus

**Commentaires relatifs à l'accès :**

Il faut compter environ 25 min depuis le GU (temps de route et de marche additionnés) pour atteindre la prise d'eau d'Anitch. Le chemin d'accès se termine par une passerelle assez étroite, accrochée à la paroi rocheuse. On accède à cette passerelle en montant une échelle.

**5 - Présence d'énergie sur site**

Raccordement au réseau électrique :	Non
Autres sources d'électricité locale :	Batterie lithium autonome

**Commentaires relatifs à l'énergie :**

La prise d'eau d'Anitch est munie d'un système de télésurveillance par GSM. Ce dernier fonctionne de manière autonome grâce à l'énergie fournie par une batterie lithium.

**6 - Moyens de communications présents sur site**

Présence d'un téléphone : Non

Couverture réseau GSM sur site : Oui

Opérateurs (sur site) :  Orange  SFR  
 Bouygues **Autres :**

Couverture réseau GSM au G.U : Oui

Opérateurs (sur site) :  Orange  SFR  
 Bouygues **Autres :**

**Commentaires relatifs aux moyens de communication :**

Outre la connexion GSM établie entre le GU et le boîtier de supervision et qui permet la retransmission des informations par les opérateurs de téléphonie classiques (Orange, SFR,...), la prise d'eau n'est pas dotée d'une liaison filaire.

## DISPOSITIF DE RESTITUTION EXISTANT

Prise d'eau de Anitch - GU Baralet - GEH Adour et Gaves

Impression

### 1 - Caractérisation du dispositif de restitution

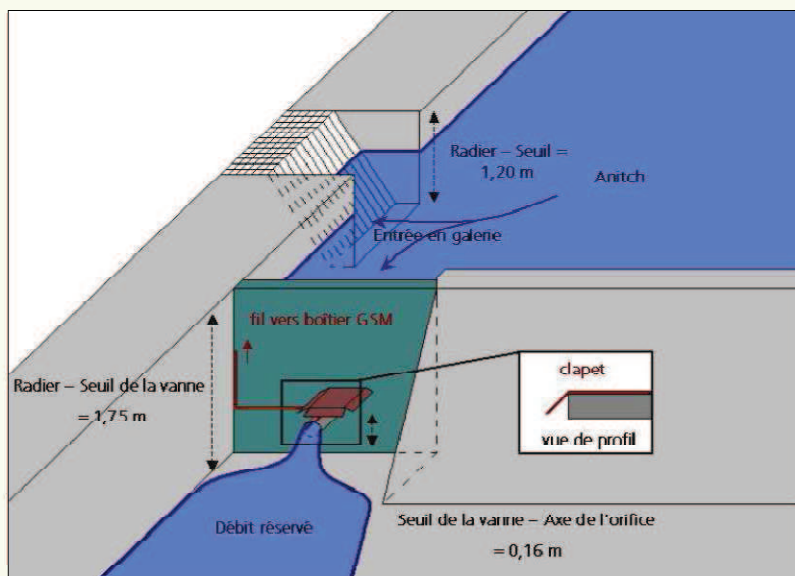
#### 1.1 - Principe général

Moyen de restitution : Ajustage  
Second moyen de restitution : Aucun

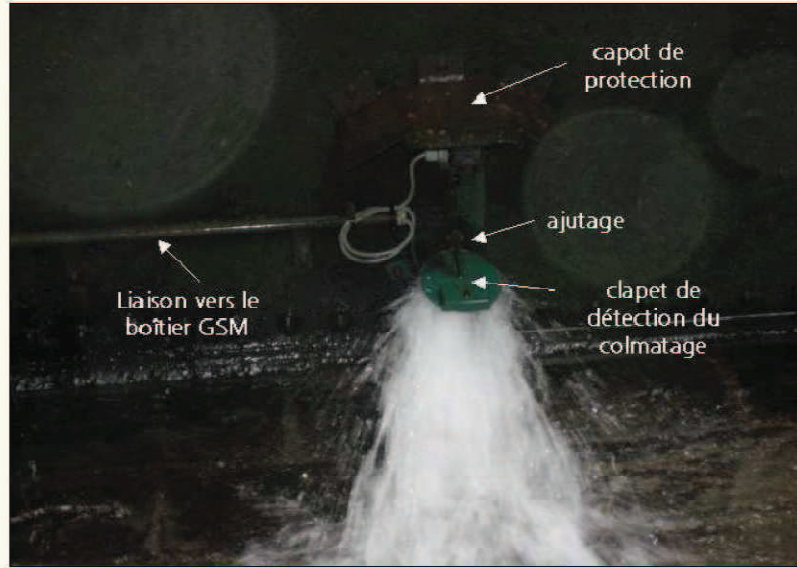
Description succincte du moyen de restitution :

La restitution du débit réservé se fait au travers d'un ajustage cylindrique sortant percé au travers du tablier de la vanne de chasse. L'ajutage est muni d'un clapet assurant la détection d'une éventuelle obturation du dispositif. Lorsqu'un colmatage est détecté, l'information est reporté au GU grâce à un dispositif de transmission par GSM. La prise d'eau ne présente pas de dispositif de contrôle du débit sur site.

Schéma de principe :



Photographies légendées du dispositif :



**Annexe(s) technique(s) relative(s) :**

**Cote de restitution actuelle :** 0,16 m au dessus du seuil de la vanne  
**Fréquence de marnage :** saisonnier  
**Débit réservé réglementaire :** 10 l/s (toute l'année)

**Critère de débit :** 1/40<sup>ème</sup>  
**Document de référence :** Courrier DDAF du 15/10/1993

**Présence de fuites dans l'ouvrage :** Non

**1.2 - Caractéristiques géométriques**

**Caractéristiques géométriques de l'ajutage**

<b>Type de section :</b>	Circulaire
<b>Forme de l'ajutage :</b>	Sortant
<b>Matériau :</b>	Acier
<b>Cote de l'axe de l'ajutage :</b>	0,16 m au dessus du seuil de la vanne
<b>Longueur de l'ajutage :</b>	environ 0,1 m
<b>Diamètre :</b>	0,0875 m
<b>Section :</b>	0,006 m <sup>2</sup>
<b>Régime à l'aval :</b>	Dénoyé

**Annexe(s) technique(s) relative(s) :**

**Compléments (schéma, photos, annotations, ...)**

Peu de cotes sont connues concernant la prise d'eau d'Anitch. On considère que la cote minimale d'exploitation est donnée par la cote du seuil d'entrée en galerie. De plus, les mesures sur le terrain ont permis d'établir, en prenant pour référence le radier rive droite de la prise d'eau :

- distance radier - cote mini = 1,20 m
- distance radier - seuil de la vanne = 1,75 m
- distance seuil de la vanne - axe de l'orifice = 0,16 m

On en déduit donc que, à la cote minimale d'exploitation, la charge sur l'orifice est égale à 0,39 m.

**3 - Dispositif de contrôle**

Type de dispositif : Aucun

**3 - Dispositif de supervision**

Type de dispositif : Autres

Description du dispositif de surveillance :

La supervision de la prise est assurée grâce à la mise en place d'un clapet et d'un capteur de fin de course. Le clapet, positionné sur la sortie de l'ajutage, est soulevé par la force de l'écoulement lorsque la restitution est normale. Lorsqu'un colmatage apparaît, l'absence d'écoulement provoque la chute du clapet jusqu'à la butée. Le capteur de fin de course détecte ainsi l'évènement d'obturation.

L'information recueillie est ensuite retransmise au GU de Baralet par l'intermédiaire d'une liaison GSM. L'énergie nécessaire à la supervision est fournie, en l'absence de raccordement au réseau électrique, par une batterie intégrée d'une durée moyenne de 3 à 5 ans en fonction des appels émis. L'émetteur est boîtier CELLBOX DATA du constructeur SOFREL : il dispose de 4 entrées TOP (Tout Ou Rien) et d'une entrée analogique. Une sortie est allouée à l'antenne pour la transmission GSM et une entrée pour la programmation par l'ordinateur. Le récepteur est de type S50. Il permet de recevoir des informations GSM/RTC/LS. Il est ensuite relié à l'automate APSG de l'usine par liaison MODBUS pour le traitement des informations et la gestion des alarmes.

Photographies légendées du dispositif :



Annexe(s) technique(s) relative(s) :

*Problématique du colmatage*

Prise d'eau sujette aux colmatages : Oui  
 Fréquence des tournées programmées : Après détection d'un colmatage  
 Toutes les semaines de mai à novembre et toutes les trois semaines en dehors de cette période

## TRAVAUX A REALISER

Prise d'eau de Anitch - GU Baralet - GEH Adour et Gaves

Intervention d'une entreprise extérieure requise :

Non

### 1 - Descriptif des travaux à réaliser

#### 1.1 - Travaux principaux

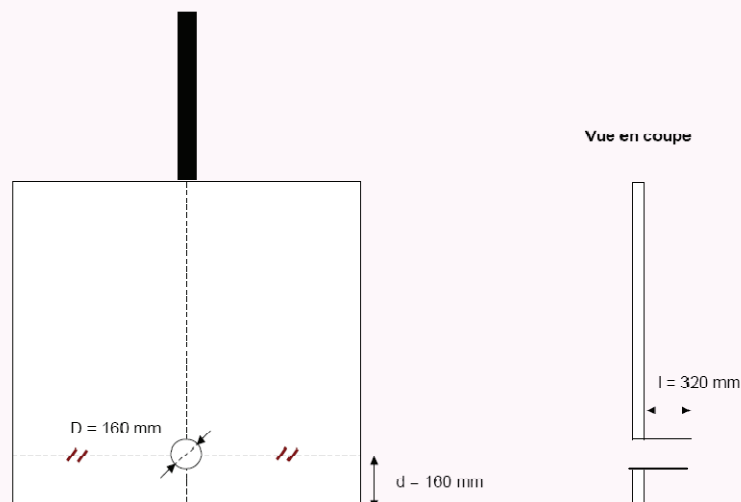
Descriptif de l'intervention :

Le futur dispositif de débit réservé sera un ajutage redimensionné. Le diamètre de cet ajutage sera de 160 mm et sa position est donnée par le schéma ci-dessous. L'ajutage ne doit pas dépasser en amont de la vanne et fera 320 mm de long.

Si, lors de l'opération de perforation, on se rend compte que l'on atteint la zone renforcée du bas de la vanne, on pourra relever l'axe de l'orifice de 1 à 4 cm (se référer à la note de calcul fournie en annexe 1).

Les travaux nécessitent la mise hors d'eau de la prise qui se fera par ouverture partielle de la vanne de vidange. Une fois la retenue vidée, l'opérateur pourra travailler en se plaçant sur le radier aval de la retenue. L'écoulement qui continuera à transiter sous la vanne oblige à réaliser le travail sans outil électrique. Les opérations de découpe dans le tablier de la vanne seront réalisées au chalumeau et la pose du nouvel ajutage se fera au fer à souder.

Schéma :



Annexe(s) technique(s) relative(s) :

Annexe 1

#### 1.2 - Travaux annexes

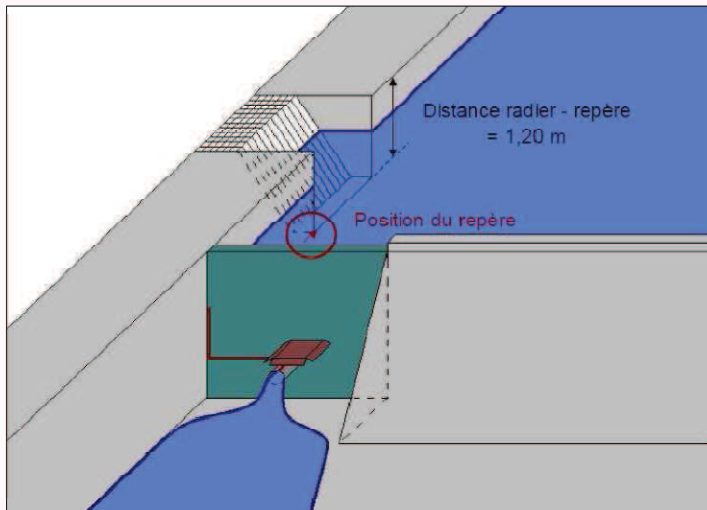
Mise en place d'un dispositif de contrôle :

Oui

Descriptif de l'intervention :

La note de calcul faisant foi, le contrôle du débit sera assuré par la mise en place d'un repère à l'amont de la prise. Ce dernier sera calé sur la cote minimale d'exploitation, à savoir le seuil des grilles de prises. On localisera le repère sur le génie civil de la prise, sur la portion située entre les grilles de prises et la vanne de vidange en respectant le schéma de principe suivant.

Schéma :



**Annexe(s) technique(s) relative(s) :**

Mise en place de capteurs : Oui

**Descriptif de l'intervention :**

Le dispositif de supervision sera reconduit en l'état (capteur de fin de course et boîtier GSM), la seule pièce à modifier est le clapet. On mettra en place un clapet de diamètre 160 mm sur lequel sera fixé un contrepoids permettant la butée lorsque le dispositif est colmaté.



**Annexe(s) technique(s) relative(s) :**

**1.3 - Mode opératoire**

Interruption momentanée de la restitution du débit réservé : Non

**2 - Contraintes d'intervention**

**2.1 - Contraintes pratiques**

Présence d'un local de stockage : Non  
 Présence d'un local vestiaire, sanitaire : Non

**2.2 - Contraintes de sécurité**

Travaux sur revêtement amianté : Non  
 Présence de métaux lourds : Non  
 Conditions de sécurité particulières : Autres  
 Autres : Risques de glissement sur le radier aval

**2.3 - Contraintes climatiques et exposition de l'ouvrage**

Température extrême : -10 à -20 °C  
 Enneigement : Oui  
 Site dans couloir avalancheux : Non  
 Site sour zone d'éboullis : Oui

**Impact sur les débits réservés de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques**  
*Mise en conformité des aménagements hydroélectriques de l'Unité de Production Sud-Ouest*

**2.4 - Périodes d'intervention**

Année d'intervention : 2010

janvier | février | mars | avril | mai | juin | juillet | août | septembre | octobre | novembre | décembre

Contraintes climatiques favorables



Indisponibilités 2010 de l'aménagement

Périodes d'intervention



 : possible  
 : souhaitable

**2.5 - Démarches administratives**

Travaux en rivières :	Oui
Nécessité de mettre la prise hors d'eau :	Oui
La mise hors d'eau s'apparente à une vidange :	Non
Autorisation d'accès pour parc nationaux :	Non
Intervention sur site classé :	Non

## Annexe 1

### - Note de calcul - Dimensionnement et positionnement de l'ajutage

#### Calcul théorique :

$$\text{Débit à délivrer } Q = 0,041 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

A l'heure actuelle, la charge  $h$  sur l'axe de l'ajutage est de 0,31 m. Si l'on conserve la position de l'ajutage (axe situé 16 cm au dessus du seuil de la vanne), le diamètre de l'ajutage à réaliser s'obtient à partir de la formule suivante :

$$Q = \mu S \sqrt{2gh} \quad \text{avec} \quad S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Dans le cas des ajutages, le coefficient de débit  $\mu$  est égal à :

$$\text{Coefficient de débit } \mu = 0,82$$

(Hydraulique générale et appliquée, p182 - Michel CARLIER)

On obtient dans ces conditions un diamètre de :

$$\text{Diamètre théorique de l'ajutage } D = 151,7 \text{ mm}$$

que l'on surdimensionnera légèrement afin d'assurer la conformité réglementaire

$$\text{Diamètre réel de l'ajutage } D = 160,0 \text{ mm}$$

ce qui place le fond de l'ajutage à une distance  $d$  du seuil de la vanne

$$\text{Distance du fond de l'ajutage au seuil de la vanne } d = 80,0 \text{ mm}$$

Or, comme on le peut le constater sur la photographie ci-dessous, le tablier est renforcé par une rangée de rivets qui occupe une bande inutilisable d'environ 70 mm de hauteur.



On vérifie bien que l'on empiète pas sur cette bande puisque le fond de l'ajutage est situé à 80 mm du fond de la vanne.



**Recommandations pratiques :**

Si, lors de la réalisation de l'ajutage, on constate que le perçage n'est pas réalisable à 160 mm du seuil de la vanne (on atteint la zone inutilisable), on sera amené à remonter l'axe de l'orifice. Etudions les conséquences sur la valeur du diamètre de cette diminution de la charge.

Distance de l'axe de l'ajutage au seuil de la vanne (en mm)	Charge (en m)	Diamètre théorique (en mm)	Diamètre théorique (en mm)
160	0,39	151,7	160
170	0,38	152,7	160
180	0,37	153,7	160
190	0,36	154,8	160
200	0,35	155,9	160

Ainsi, on percera un diamètre de 160 mm et il suffira de relever l'axe de l'orifice pour sortir le fond de l'ajutage de la zone inutilisable.

## Annexe 4 : Note de calcul « Orifice » - Exemple complété

### Conseils d'utilisation

**Objectif :** Cette note de calcul a pour objectif le dimensionnement des orifices délivrant un débit liquide.

Le débit transitant au travers d'un orifice est, d'une manière générale, calculé à partir de la charge hydraulique par la formule suivante :

$$Q = \mu S \sqrt{2gh}$$

Q : Débit ( $m^3.s^{-1}$ )

h : Charge (m)

S : Section de l'orifice ( $m^2$ )


g : accélération de la pesanteur ( $9,81 m.s^{-2}$ )

$\mu$  est un coefficient sans dimension inférieur à 1, appelé **coefficient de débit**, qui traduit l'influence des frottements, de la viscosité et du phénomène de contraction. Cette note de calcul a également pour but de préciser, en fonction des différentes configurations (forme et dimensions de l'orifice, charge hydraulique, régime hydraulique noyé ou dénoyé,...) la **variabilité de la valeur numérique du coefficient  $\mu$** .

Cette note de calcul peut être utilisée de deux façons différentes selon le besoin de l'utilisateur.

#### Cas 1 : Calculs de débits

Dans le cas où on souhaite, connaissant les caractéristiques géométriques du dispositif et la valeur de la charge hydraulique, **obtenir la valeur du débit** transitant par l'orifice, on utilisera le fichier de la manière suivante :

- On commence par renseigner les **caractéristiques principales du dispositif étudié**, en s'aidant si besoin de l'**aide théorique** (cliquer sur le point d'interrogation  Aide ). On notera ici que, d'une manière générale, **les cases à fond bleu sont modifiables par l'utilisateur. Les cases jaunes ne sont pas modifiables**, elles contiennent des formules qui se calculent automatiquement.

Bord de l'orifice	
Forme de l'orifice	
Conditions à l'aval	

Ces trois cases contiennent des menus déroulants qui guident le choix. Il ne faut donc rien écrire à l'intérieur.

- On renseigne ensuite les **caractéristiques géométriques chiffrées** du dispositif, en ne modifiant pas les cases à fond jaune.

Grandeur physique	Lettre	Valeur
Epaisseur de la paroi (m)	e	
Diamètre de l'orifice (m)	D	
Section de l'orifice ( $m^2$ )	S	
Cote à l'amont (m NGF)	$C_{amont}$	
Cote de l'axe de l'orifice (m NGF)	$C_{axe}$	
Cote à l'aval (m NGF)	$C_{aval}$	
Charge hydraulique (m)	h	
Accélération de la pesanteur ( $m.s^{-2}$ )	g	9,81
Coefficient de débit	$\mu$	
Débit ( $m^3.s^{-1}$ )	Q	

La donnée d'épaisseur n'est utile qu'à la vérification des conditions de validité. Elle est donc facultative puisqu'elle n'intervient pas directement dans le calcul du débit.

- La valeur du débit délivré apparaît alors dans la case correspondante. La tableau adjacent fournit des informations concernant la **validité du calcul effectué**. Il indique si l'on se trouve dans le domaine de conformité de la formule, mais également si la

valeur du coefficient de débit utilisée pour le calcul est une valeur précise ou une valeur par défaut.

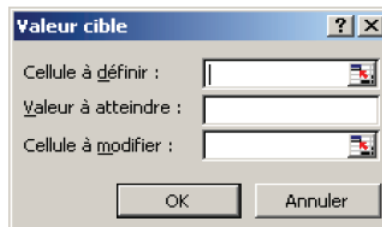
Conditions de validité de la formule	
Valeur par défaut pour $\mu$ - Données hors abaque	
$e < D / 2$	Orifice en mince paroi Orifice dans le domaine de validité
$D / h < 10\%$	OK

En effet, dans le cas des orifices circulaires et carrés, la consultation des ouvrages théoriques permet de préciser, grâce à des **abaques**, la valeur numérique des coefficients de débit, connaissant la valeur de la charge et une dimension géométrique caractéristique (le diamètre ou la longueur du côté). Les abaques sont fournis dans les onglets "Abaque\_Circulaire" et "Abaque\_Carré". On y trouve également un explication du principe de lecture automatique de ces abaques. Par contre, dans le cas des orifices rectangulaires, la valeur de  $\mu$  ne peut pas être précisée et on utilise une valeur par défaut.

#### Cas 2 : Dimensionnements d'orifices

A l'inverse, dans le cas où l'on souhaite, connaissant la charge hydraulique et la valeur du débit à délivrer, **obtenir les caractéristiques géométriques du dispositif**, on utilisera le fichier de la manière suivante :

Pour obtenir ces données, on aura recours à l'outil "Valeur Cible" d'Excel : **Outils -> Valeur cible ...**



## Note de Calcul - Orifice

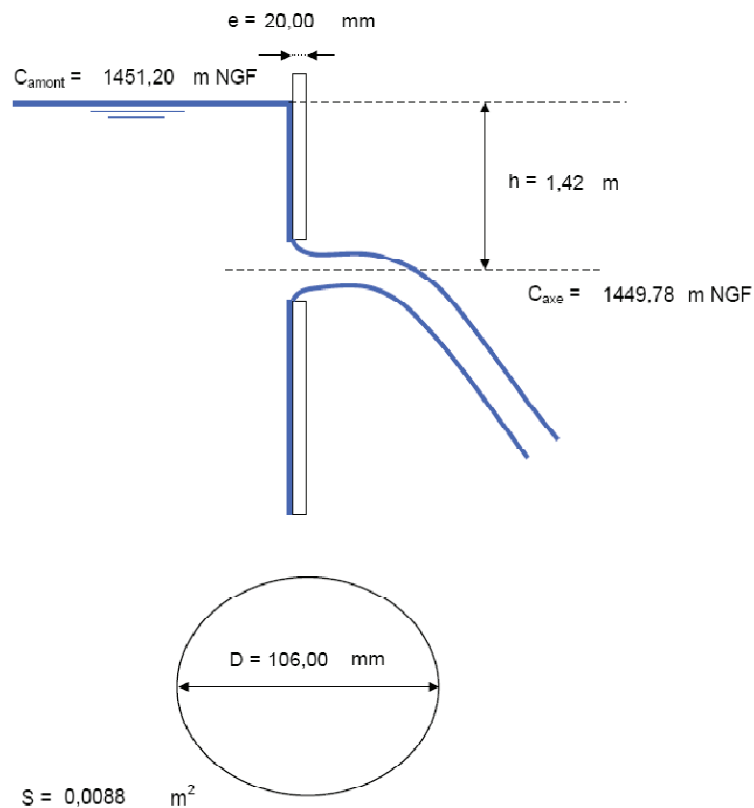
selon  
 M.CARLIER - *Hydraulique générale et appliquée*  
 A.LANCASTRE - *Hydraulique générale*

### Dimensionnement

Bord de l'orifice	Orifice à arêtes vives	<a href="#">?</a> Aide
Forme de l'orifice	Circulaire	
Conditions à l'aval	Dénoué	<a href="#">?</a> Aide

Grandeur physique	Lettre	Valeur
Épaisseur de la paroi (mm)	e	20,00
Diamètre de l'orifice (mm)	D	106,00
Section de l'orifice (m <sup>2</sup> )	S	0,0088
Cote à l'amont (m NGF)	C <sub>amont</sub>	1451,20
Cote de l'axe de l'orifice (m NGF)	C <sub>axe</sub>	1449,78
Charge hydraulique (m)	h	1,42
Accélération de la pesanteur (m.s <sup>-2</sup> )	g	9,81
Coefficient de débit	μ	0,5981
Débit (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )	Q	0,0279

Conditions de validité de la formule	
$e < D / 2$	Orifice en mince paroi Orifice dans le domaine de validité
$D / h < 10\%$	OK



**Coefficients de débit d'orifices verticaux circulaires avec contraction complète**

(Table 173 - Hydraulique Générale - A.Lancastre)

Charge (m)	Diamètre (mm)												
	6	9	12	15	21	30	36	45	60	120	180	240	300
0,12			0,637	0,631	0,624	0,618	0,612	0,606					
0,15		0,643	0,633	0,627	0,621	0,615	0,610	0,605	0,600	0,596	0,592		
0,30	0,644	0,631	0,623	0,617	0,612	0,608	0,605	0,603	0,600	0,598	0,595	0,593	0,591
0,60	0,632	0,621	0,614	0,610	0,607	0,604	0,601	0,600	0,599	0,599	0,597	0,596	0,595
0,90	0,627	0,617	0,611	0,606	0,604	0,603	0,601	0,600	0,599	0,599	0,598	0,597	0,597
1,20	0,623	0,614	0,609	0,605	0,603	0,602	0,600	0,599	0,599	0,598	0,597	0,597	0,596
1,50	0,621	0,613	0,608	0,605	0,603	0,601	0,599	0,599	0,598	0,598	0,597	0,596	0,596
3,00	0,611	0,606	0,603	0,601	0,599	0,598	0,598	0,597	0,597	0,597	0,596	0,596	0,595
6,00	0,601	0,600	0,599	0,598	0,597	0,596	0,596	0,596	0,596	0,596	0,596	0,595	0,594
15,00	0,596	0,596	0,595	0,595	0,594	0,594	0,594	0,594	0,594	0,594	0,594	0,593	0,593

**Principe du calcul :**

Pour une charge h et un diamètre D donné la détermination de la valeur du coefficient de débit correspondante va se faire par approximation linéaire. On commence par déterminer les grandeurs  $h_1$  et  $h_2$  puis  $D_1$  et  $D_2$  qui encadrent les valeurs de charge et de diamètre à étudier, de telle sorte que :

$$h_1 < h < h_2$$

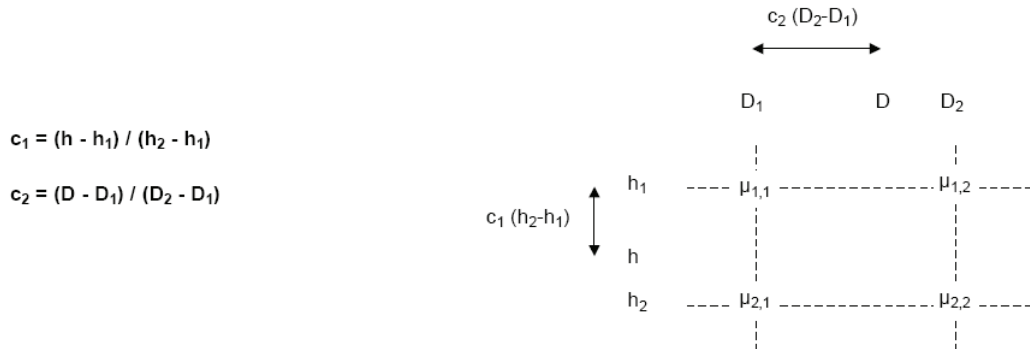
$$D_1 < D < D_2$$

$h_1$	1,20
$h_2$	1,50
$D_1$	60,00
$D_2$	120,00

Avertissement

**Impact sur les débits réservés de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques**  
*Mise en conformité des aménagements hydroélectriques de l'Unité de Production Sud-Ouest*

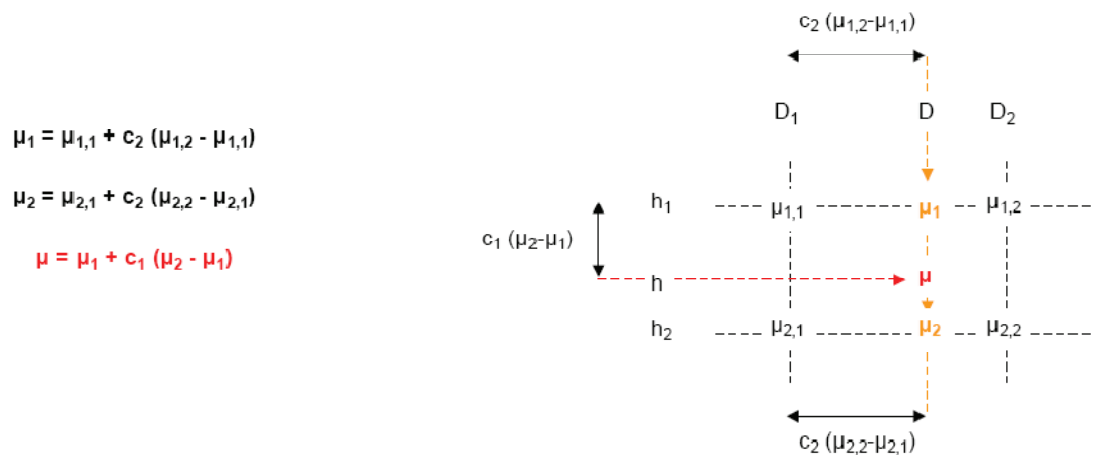
Les coefficients  $c_1$  et  $c_2$  sont des coefficients de pondération qui permettront de déterminer la valeur du coefficient de débit  $\mu$  à partir des valeurs des coefficients  $\mu_{1,1}$ ,  $\mu_{1,2}$ ,  $\mu_{2,1}$ ,  $\mu_{2,2}$  correspondant respectivement aux couples de données  $(h_1, D_1)$ ,  $(h_1, D_2)$ ,  $(h_2, D_1)$ ,  $(h_2, D_2)$ . Ils sont définis de la façon suivante :



$c_1$	0,733
$c_2$	0,767

$\mu_{1,1}$	0,599
$\mu_{1,2}$	0,598
$\mu_{2,1}$	0,598
$\mu_{2,2}$	0,598

On se rapporte alors par étapes grâce aux coefficients  $c_1$  et  $c_2$  à la valeur du coefficient de débit  $\mu$  par la démarche suivante :



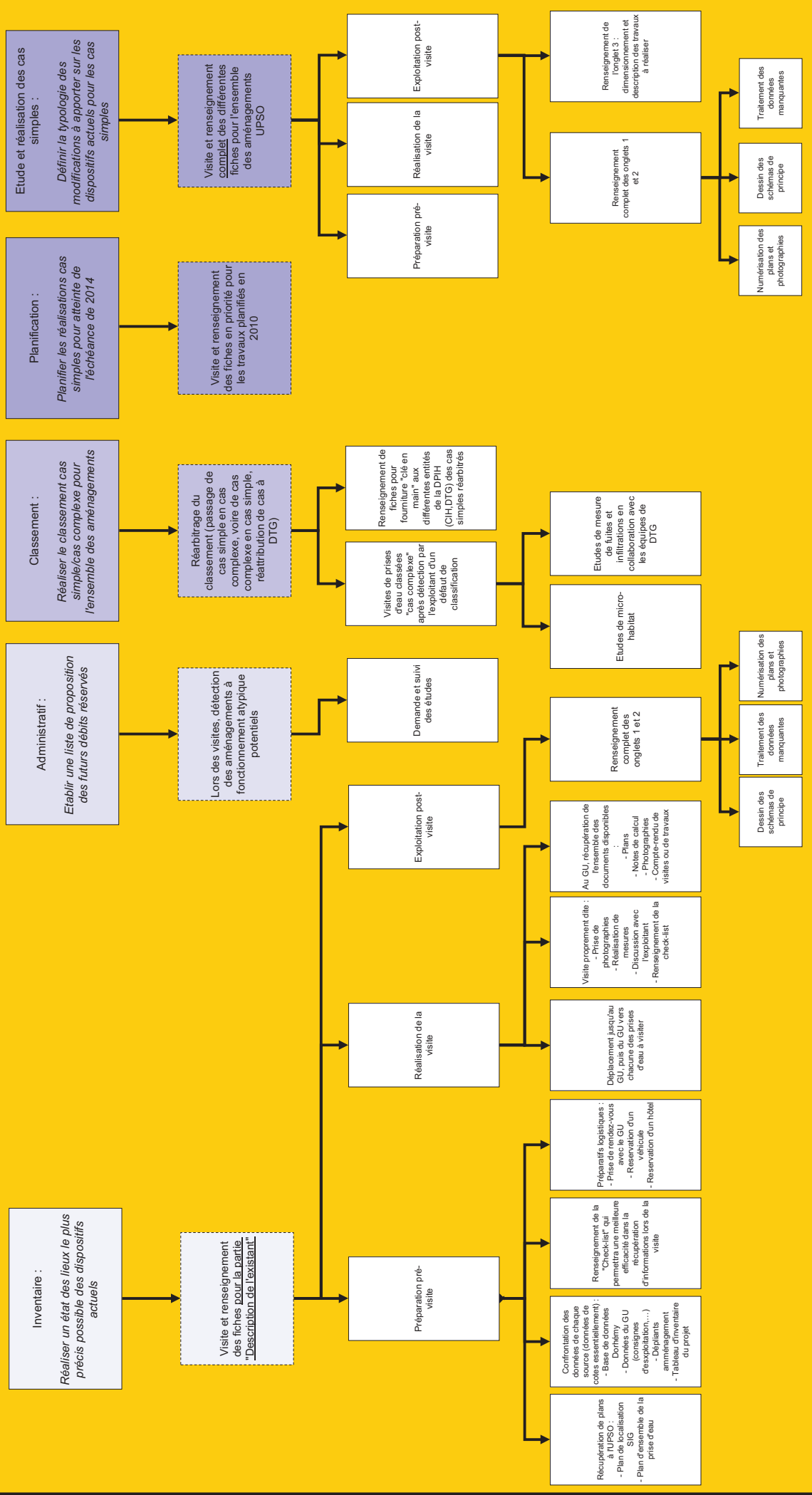
$\mu_1$	0,5982
$\mu_2$	0,5980

$\mu$	0,5981
-------	--------

***Annexe 5 : Organigramme des tâches***  
***Contribution au projet UPSO***

# Contribution au projet "Débits Réservés 2014" (Camille ALAVA - Avril à Décembre 2009)

## Contribution au projet UPSO

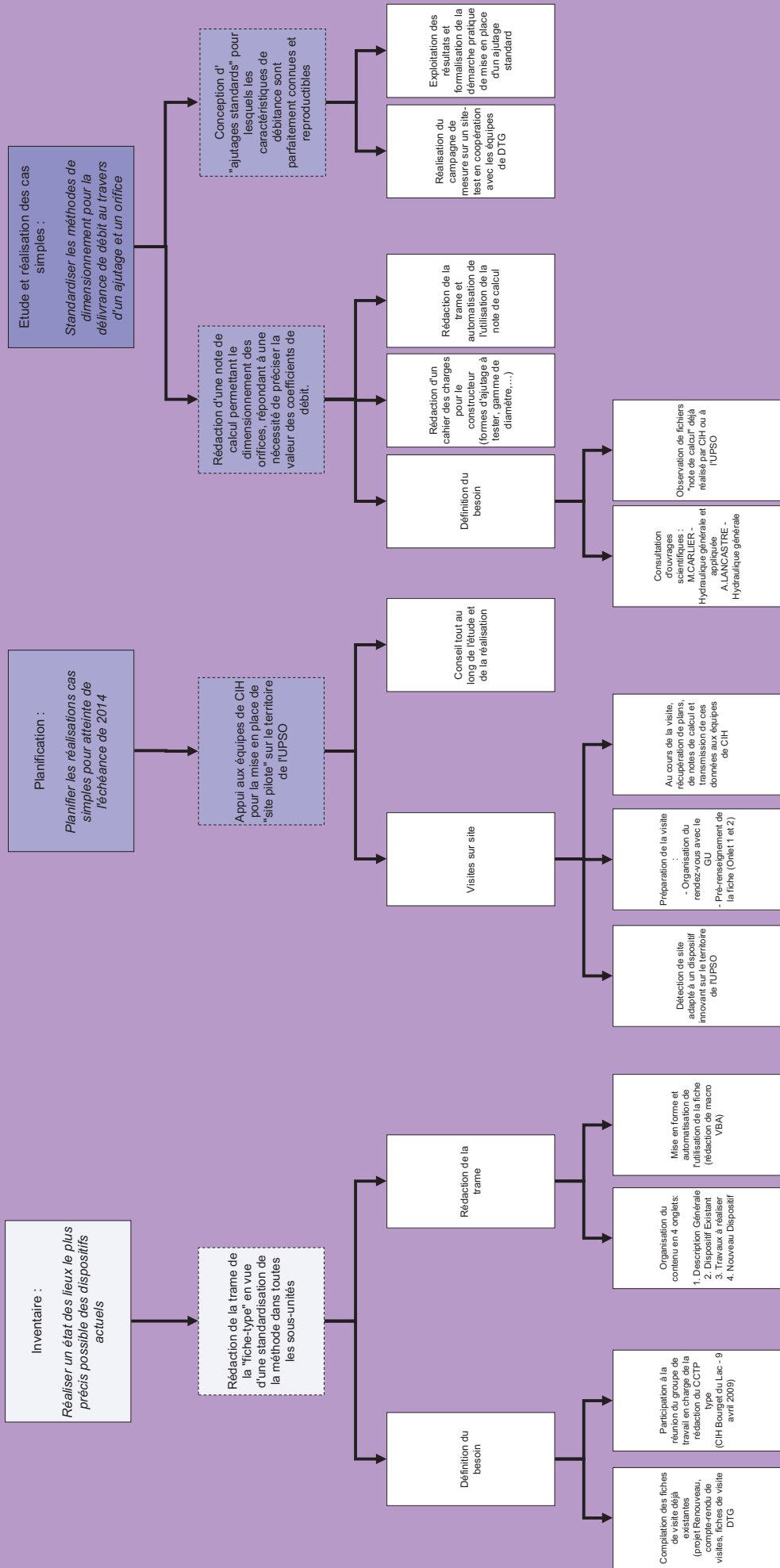




## ***Contribution au projet national***

# Contribution au projet "Débits Réservés 2014" (Camille ALAVA - Avril à Décembre 2009)

## Contribution au projet national



## ***Annexe 6 : Tableau de bord du projet***

**Planification - Gestion de Projet**  
**Tableau de bord du projet**

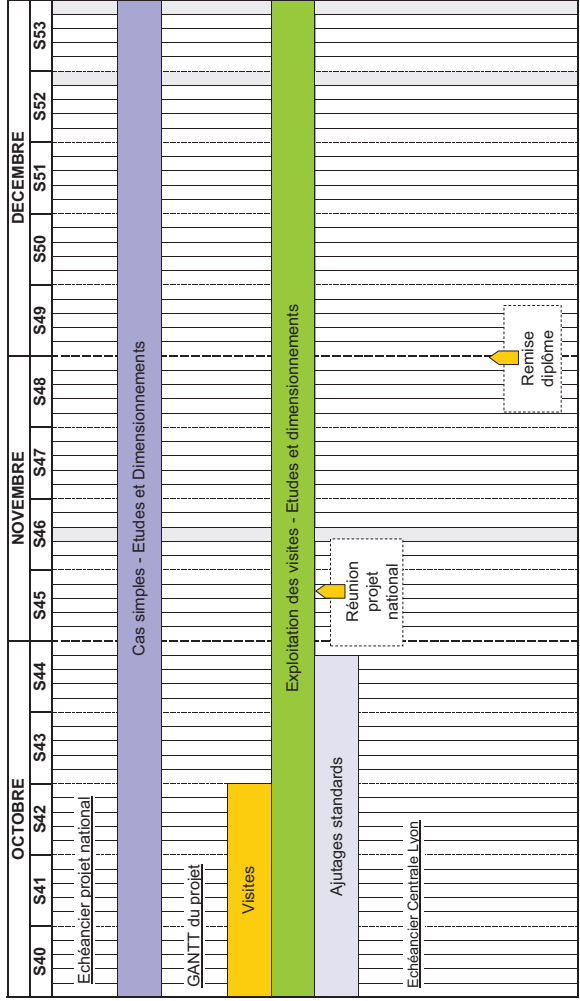
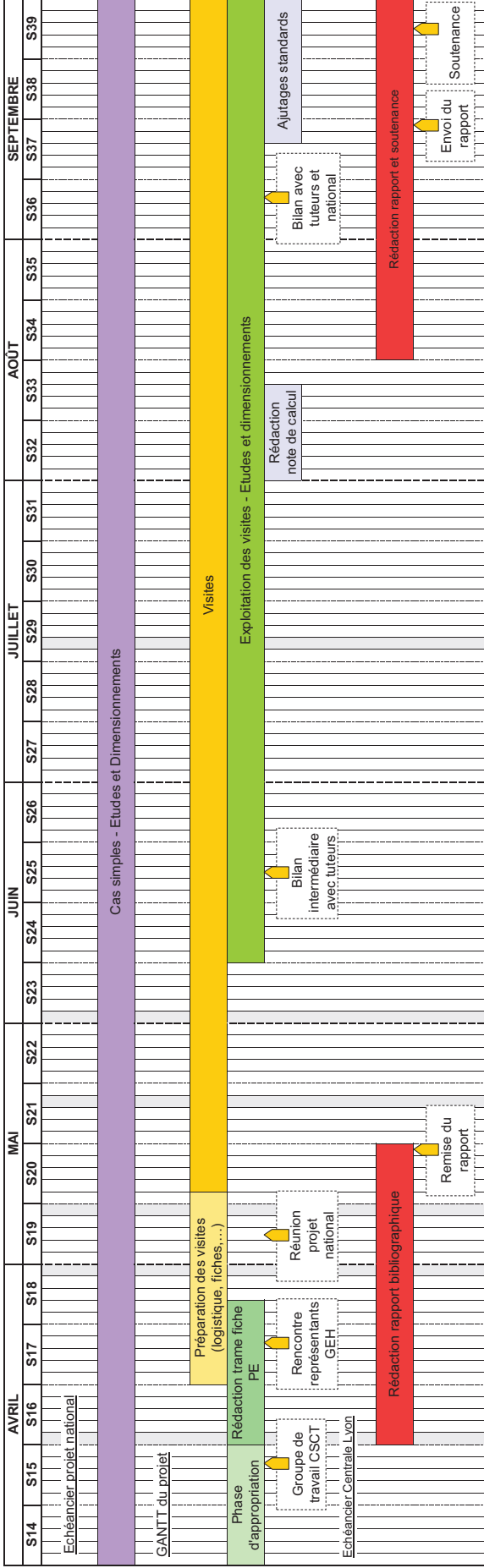
Cadre	Objectifs		Action	Indicateur de suivi d'action	Objectif	Durée unitaire de l'action	Avancement au 05/09/09	Analyse de risque		Mesures à prendre	
	Lot	Cible						Situation	Evolution		
Projet National	Inventaire	Réaliser un état des lieux le plus précis possible des dispositifs actuels	Rédaction de la trame de la "fiche type" en vue d'une standardisation de la méthode dans toutes les sous-unités	Validation lors des réunions du projet national	Trame validée après utilisation sur plusieurs cas concrets Reprise de l'utilisation de la fiche dans les différentes unités	10 jours	# La trame de la fiche, présentée lors de la réunion du projet national du 6 mai 2009, a été validée par l'ensemble des acteurs présents. Elle a également été validée par l'ensemble des représentants METE des GEH de l'UPSO lors de la réunion du 23 avril 2009 # La fiche répond aux besoins "cas simples" de l'UPSO # La trame, à quelques modifications près, est reprise et utilisée par le CIH, DTG Grenoble, l'UP Alpes et l'UP Med		↗		
	Planification	Planifier les réalisations cas simples pour atteindre de l'échéance de 2014	Appui aux équipes de CIH pour la mise en place de "site pilote" sur le territoire de l'UPSO	Avancement des actions	A échéance du 25/09/09 (fin du stage) : Mise en place d'un site pilote	1 jour	# Visite des sites de Savinhac et La Rouquette pour envisager un site pilote "vanne à membrane" # La prise de La Rouquette pourrait constituer un site pilote si le débit est le 1/20 <sup>ème</sup> # Rapprochement d'informations pour les sites de Naguilhes et de Riète		↘	# La Rouquette : Faire réaliser des mesures de débit (au sein du bac ou par capacité) pour voir si la conduite passe le 1/20 <sup>ème</sup> et prendre une décision en conséquence	
					A échéance du 31/12/09 (fin de la mission) : Le retour sur expérience permet de proposer des dispositifs de régulation innovants	3 jours	# Détection des PEs où une régulation se justifie (critère de rentabilité), mise en place de la régulation sur la prise de Lescun inférieur		↗		
	Etude et réalisation des cas simples	Standardiser les méthodes de dimensionnement pour la délivrance de débit au travers d'un ajoutage et un orifice	Rédaction d'une note de calcul permettant le dimensionnement des orifices, répondant à une nécessité de préciser la valeur des coefficients de débit.	Validation lors des réunions du projet national	Résultat de la campagne d'essai reproductible	Note de calcul validée par tuteur Diffusion au national	4 jours	La note de calcul est opérationnelle et utilisée pour optimiser les études de dimensionnement. Elle a été diffusée à l'ensemble des acteurs du projet national		↗	
Conception d'"ajutages standards" pour lesquels les caractéristiques de débitance sont parfaitement connues et reproductibles						Le retour sur expérience permet de proposer la mise en place d'ajutages standards sur les Pes de l'UPSO	6 jours	La gamme de débit sur laquelle les ajutages standards seront testés a été déterminée. Il reste à préciser les formes à tester et les spécifications techniques du cahier des charges qui sera fourni au constructeur		→	# La rédaction du cahier des charges devra être achevée avant fin octobre
Projet UPSO	Inventaire	Réaliser un état des lieux le plus précis possible des dispositifs actuels	Avant la visite : Confronter les différentes sources disponibles (tableau du projet avec documents UPSO, documents GU, bases de données nationales)	Nombre de fiche pré-remplies	A échéance du 25/09/09 (fin du stage) : 80 %	120 mn / PE	84%		↗		
					A échéance du 31/12/09 (fin de la mission) : 100 %	120 mn / PE	84%		↗		
					Pendant la visite : Récupération de plans et de notes de calcul, Relevés dimensionnels sur le terrain (cote, dimensions de l'organe de restitution), Prise de photographies	80 %	450 mn / PE	84%		↗	
						100 %					
	Après la visite : Renseignement de la "fiche-type"	Nombre de fiche renseignées pour la partie "Description de l'existant"	A échéance du 25/09/09 (fin du stage) : 25 %	210 mn / PE	15%		→	# Dans la seconde partie de la mission, le renseignement des fiches devra être la première priorité			
			A échéance du 31/12/09 (fin de la mission) : 100 %	210 mn / PE	15%		→	# Dans la seconde partie de la mission, le renseignement des fiches devra être la première priorité			
	Administratif	Etablir une liste de proposition des futurs débits réservés	Lors des visites, détection des aménagements à fonctionnement atypique potentiels	Nombre d'études de confirmation menées	A échéance du 25/09/09 (fin du stage) : Renseignement sur la démarche à mener et les acteurs à impliquer	-		Une rencontre avec le responsable METE national de la DPIH le 10 septembre 2009 permet de dégager la stratégie à adopter concernant le cas des cours d'eau à fonctionnement atypique		↗	
					A échéance du 31/12/09 (fin de la mission) : Validation par l'administration d'au moins deux cas atypiques	-		Un cas de fonctionnement atypique a été détecté pour la prise d'eau du lac de Poueyfau		→	# Dans l'attente des premières négociations, il est difficile de connaître les actions à engager. L'anticipation est cependant à privilégier
	Classement	Réaliser le classement cas simple/cas complexe pour l'ensemble des aménagements	Réarbitrage du classement (passage de cas simple en cas complexe, voire de cas complexe en cas simple, réattribution de cas à DTG)	Nombre de visites réalisées	A échéance du 25/09/09 (fin du stage) : Non anticipable	450 mn / PE	6				
					A échéance du 31/12/09 (fin de la mission) : Non anticipable	-					
Planification	Planifier les réalisations cas simples pour atteindre de l'échéance de 2014	Visite et renseignement des fiches en priorité pour les travaux planifiés en 2010	Nombre de fiches pour 2010 complètement renseignées (sur un total de 20)	A échéance du 25/09/09 (fin du stage) : 60 %	15 h / PE	55%		→	# Le renseignement des fiches planifiées pour 2010 se fera en priorité		
				A échéance du 31/12/09 (fin de la mission) : 100 %	15 h / PE	55%		→	# Le renseignement des fiches planifiées pour 2010 se fera en priorité		
Etude et réalisation des cas simples	Définir la typologie des modifications à apporter sur les dispositifs actuels pour les cas simples	Visite et renseignement des différentes fiches pour l'ensemble des aménagements UPSO	Nombre total de fiches renseignées	A échéance du 25/09/09 (fin du stage) : 60 % du total horaire (Se référer à l'indicateur de suivi global)	15 h / PE	64%		↗			
				A échéance du 31/12/09 (fin de la mission) : 100 % du total horaire (Se référer à l'indicateur de suivi global)	15 h / PE	64%		↗			

**Indicateur de suivi global** : Une estimation globale de l'avancement du projet peut-être donnée par le suivi de la réalisation des visites et du renseignement des fiches. Sachant que le nombre total de prises d'eau à visiter est de 78 et en réalisant un chiffre temporel de chaque étape de la réalisation, on peut réaliser le suivi présenté dans le tableau ci-dessous :

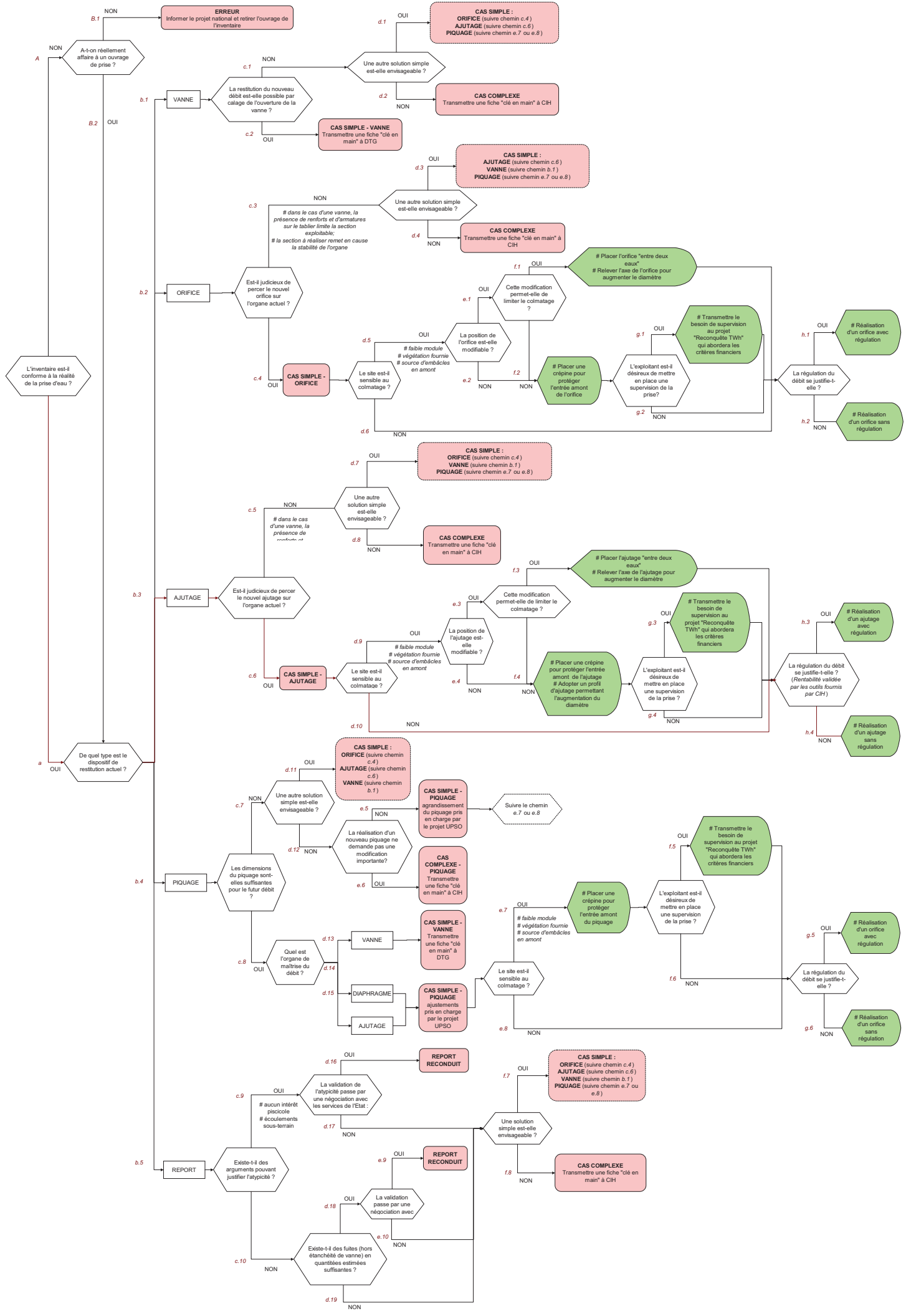
	Chiffrage		Réalisation			
	Action	Durée (en mn par PE)	Nombre de PE	Pourcentage	Durée totale (en mn)	
Préparation pré-visite	Récupération de plans	20	66	84%	7920	A comparer à Total horaire pour l'ensemble du projet
	Confrontation des sources	20				
	Renseignement de la "check-list"	40				
	Préparatifs logistiques	40				
	<b>Total "fiches préremplies"</b>	<b>120</b>				
Réalisation de la visite	Déplacement	360	66	84%	29700	
	Visite proprement dite	30				
	Récupération de plans au GU	60				
	<b>Total "visites réalisées"</b>	<b>450</b>				
Exploitation post-visite	Dessins et schémas	90	32	41%	6720	
	Traitement des données manquantes	60				
	Numerisation des plans	60				
	<b>Total : "Partie Description de l'existant remplie"</b>	<b>210</b>				
	Renseignement de l'onglet 3	120	12	15%	1440	
	<b>Total (mn par PE)</b>	<b>900</b>			<b>45780</b>	<b>71100</b>
	<b>Total (h par PE)</b>	<b>15</b>			<b>763</b>	<b>1185</b>
			<b>Pourcentage du total horaire</b>	<b>64%</b>		

***Annexe 7 : Diagramme GANTT du projet***

**Planification - Gestion de Projet**  
Diagramme GANTT du projet

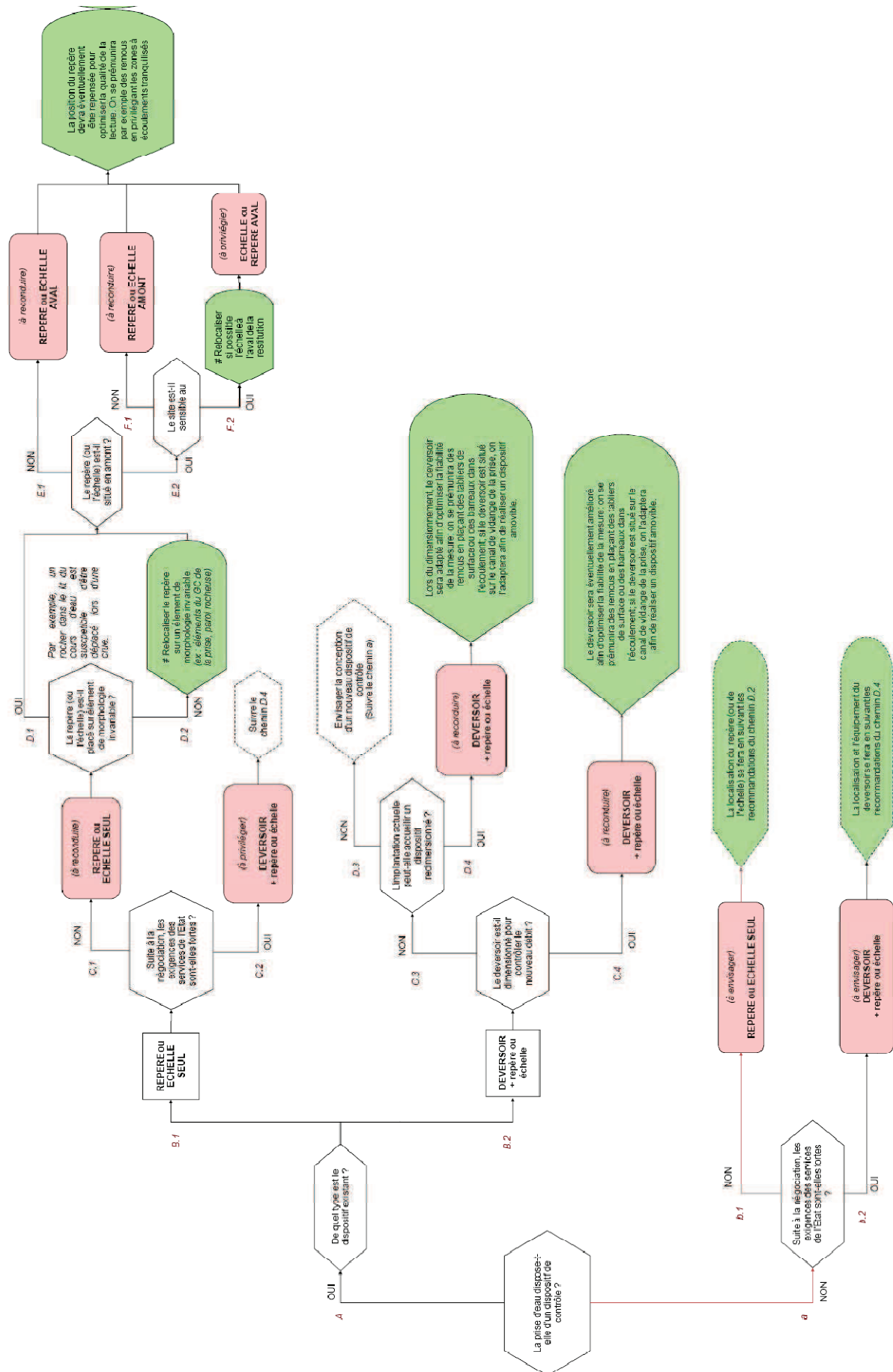


***Annexe 8 : Logigrammes de choix***  
***Choix du dispositif de restitution***

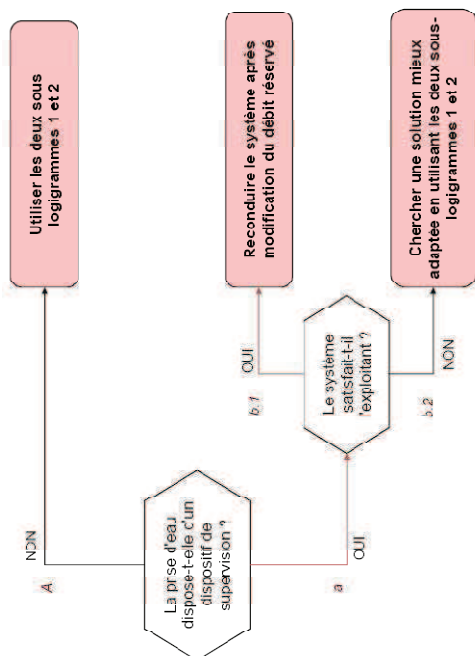




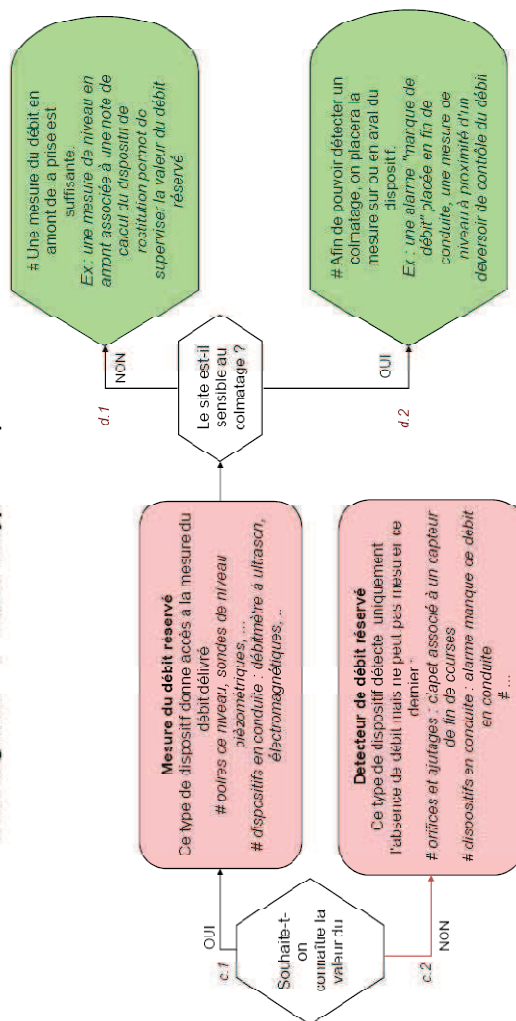
## Choix du dispositif de contrôle



## Choix du dispositif de supervision



Sous-logigramme 1 - Choix du type de capteur



Sous-logigramme 2 - Choix du type de retransmission

