



Syndicat Intercommunal du Bassin de la Fure

agence
de l'eau

rhône méditerranée & corse
2-4, allée de Lodz

69363 LYON Cedex 07

Tél. 04 72 71 26 00 - Fax 04 72 71 26 01

Débits de la Fure et niveaux du Lac de Paladru

Etude pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un nouveau règlement de gestion

Phase 2 – Prospectives et hypothèses de gestion



Agence de Grenoble
2, rue du Tour de l'Eau
38400 ST MARTIN D'HERES
Tél : 04 76 00 75 50
Fax : 04 76 00 75 69

Agence de Lyon
19, rue de la Villette
69425 LYON CEDEX 03
Tél : 04 37 91 20 50
Fax : 04 37 91 20 69



IDES Consultants
59, rue Perceval
73000 Chambéry
Tel : 04 79 62 60 77
Fax : 04 79 62 58 77

RGr0050/A17843/CLyZ070296

JD/FLA - XB - GBO

7/07/2009

Page : 1

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DU BASSIN DE LA FURE

Etude pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un nouveau règlement de gestion des débits de la Fure et du niveau du lac de Paladru

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport final	7/07/2009		JD/FLa		FLa		GBo	
		a						
		b						
		c						
		d						

Numéro de rapport :	RGr00050
Numéro d'affaire :	A17843
N° de contrat :	CGrZO70296
Domaine technique :	MN22
Mots clé du thésaurus	Bilan hydrologique, aménagement de cours d'eau, dérivation de cours d'eau, déversoir, protection contre les inondations; seuil ; vanne ; écrêtement de crue ; propagation de crue ; débit réservé ; hydraulique fluviale ; zone d'expansion de crue

BURGEAP
AGENCE DE GRENOBLE
2, rue du Tour de l'eau
F-38400 Saint Martin d'Hères

Téléphone : 33(0)4.76.00.75.50

Télécopie : 33(0)4.76.00.75.69

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 2

SOMMAIRE

1 - Rappel des orientations des documents de référence	8
1.1 La Directive Cadre Européenne sur l'Eau et le futur SDAGE 2009	8
1.2 La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques et le SDAGE 1996	12
1.3 Le Plan Départemental de Gestion des ressources Piscicoles	13
1.4 Le Contrat de Bassin Paladru-Fure	14
1.5 La gestion des risques naturels	15
1.6 Schéma départemental de la ressource en eau (DDAF Isère, 2007)	17
2 - Objectifs de la phase 2	18
2.1 Description des principaux objectifs	18
2.2 Enjeux du système Lac de Paladru-Fure	18
2.2.1 Exigences de niveau pour le Lac de Paladru	19
2.2.2 Exigences de débit pour la Fure	19
2.3 Synthèse des objectifs du futur protocole de gestion	21
3 - Propositions techniques de scénarii pour un nouveau protocole de gestion	22
3.1 Synthèse sur le règlement de 1866	22
3.2 Scénario 1 : application du projet de règlement de 1994	24
3.3 Scénario 2 : application d'une gestion « raisonnée » type 2004-2006	31
3.4 Scénario 3 : application d'un règlement basé sur des courbes guides	34
3.4.1 Scénario 3a : modèle prévisionniste	34
3.4.2 Scénario 3b : nouveau règlement	37
3.4.3 Scénario 3c : nouveau règlement avec saisonnalité	46
3.5 Scénario 4 : scénario 3c optimisé grâce à des aménagements futurs	50
3.6 Synthèse des scénarii	51
3.6.1 Tableaux récapitulatifs	51
3.6.2 Estimation du degré de satisfaction des usages et fonctionnalités	53
3.6.3 Pistes pour rééquilibrer l'usage hydroélectrique	55
3.6.4 Fiabilisation du protocole de gestion à retenir	55
4 - Propositions institutionnelles et juridiques	56
4.1 Eléments concernant les orientations pour une gestion globale de l'eau	57
4.2 Eléments concernant l'organisation en cas de situation de crise	59
4.3 Eléments concernant les orientations juridiques	60
4.3.1 Le régime juridique actuel	60
4.3.2 Observations sur le régime juridique applicable aux eaux non domaniales	61

4.3.3	La compétence du préfet en matière de réglementation	61
4.4	Trame pour un nouveau projet de règlement	62
4.4.1	Principes retenus	62
4.4.2	Trame d'arrêté	62

ANNEXES

- Annexe 1 - Modèle de prévision à 1 mois	72
- Annexe 2 - Tables des courbes guide, pré-crise et crise	75
- Annexe 3 - Détail des bilans hydrologiques	77
- Annexe 4 - Débits d'alimentation de la Fure d'après les différents règlements sur la période 2002-2006	80
- Annexe 5 - Détail des périodes de crise selon les différents règlements (période 1973-2006)	84
- Annexe 6 - Détail des périodes de hautes eaux selon les différents règlements (période 1973-2006)	86
- Annexe 7 - Détail des périodes de crue selon les différents règlements (période 1973-2006)	88
- Annexe 8 - Détail des périodes de frai selon les différents règlements (période 1973-2006)	90
- Annexe 9 - Débits mensuels de la Fure selon les différents règlements (période 1973-2006)	92

1 - Objet de l'étude

1.1 Contexte de l'étude

Les eaux du Lac de Paladru et de son cours d'eau émissaire la Fure font l'objet de nombreux usages de l'eau depuis plusieurs siècles : agriculture, industries, eau potable, et plus récemment, hydro-électricité, tourisme, et une prise en compte grandissante des milieux naturels. Les contraintes d'usages du lac s'expriment en terme de « niveau d'eau » ; les contraintes d'usage de la Fure s'expriment en terme de « débit » ; et pour ces deux milieux, la ressource est identique et doit être partagée.

Les débits en sortie du Lac de Paladru sont régulés par des vannes créées en 1865 et dont la mise en place a fait suite à des périodes d'étiage très sévères et à la crue de 1856, très dévastatrice pour la vallée de la Fure. La gestion des vannes est soumise par un règlement d'eau ancien datant de 1866, adapté aux usages de l'époque, et qui fixe le débit sortant en fonction du niveau du lac. Les vannes sont gérées encore aujourd'hui par le Syndicat de la Fure, créé par décret en 1865, et qui regroupe les propriétaires de droits d'eau sur la rivière. Le garde de ce syndicat actionne les vannes et note quotidiennement le niveau du lac et le débit restitué.

L'arrêté du 8 septembre 1866 précise en particulier les lois de restitution du débit à la Fure, en fonction du niveau du Lac de Paladru mesuré en cote NGF ou par rapport au niveau du déversoir.

Niveau du lac par rapport au déversoir	Débit ajusté
> - 10 cm	1 200 l/s
Entre -70 et -10 cm	800 l/s
Entre -170 cm et -70 cm	650 l/s
Entre -270 cm et -170 cm	500 l/s

L'abaissement du niveau du lac en dessous de la cote -2,70 m ne peut se faire d'après le règlement qu'en vertu d'un arrêté préfectoral spécifique lié à des circonstances exceptionnelles.

1.2 Problématique

La Fure et le lac de Paladru ont fait l'objet d'un contrat de bassin signé en 1997. Les acteurs locaux se sont alors engagés dans une démarche de gestion globale et concertée de la ressource en eau, et l'amélioration de la gestion quantitative de l'eau a été définie comme l'un des objectifs du contrat. Concrètement, cette gestion concertée n'est pas simple car les usages sont multiples et évolutifs, et la pérennité de la ressource n'est pas assurée compte tenu des risques d'évolution climatiques.

La situation actuelle n'est pas satisfaisante pour la totalité des usages et des milieux naturels. En effet, l'arrêté de 1866 et le règlement d'eau correspondant ne tiennent pas compte :

- De l'évolution des usages de l'eau, tant sur la Fure (abandon de l'agriculture, diminution des usages industriels, évolution des usages hydro-électriques, etc.) que sur le Lac (pêche, tourisme, baignade, etc.) ;
- Des modifications des modes d'utilisation des eaux (en particulier pour l'AEP et les eaux usées) ;
- De la mise en place en 1976 d'un siphon de soutirage des eaux du lac ;
- Du contexte technique, législatif et réglementaire actuel, en particulier pour la gestion et la protection de la ressource aquatique, et la gestion des risques hydrauliques ;

L'enjeu global est donc d'assurer une gestion quantitative concertée et équilibrée de l'eau, permettant de répondre à l'ensemble des usages, d'assurer un bon fonctionnement des milieux aquatiques ainsi que de protéger les biens et les personnes contre les crues. Cela suppose à la fois d'adapter les règles de gestion de la ressource, mais également de progresser sur l'appropriation de l'enjeu par les acteurs locaux.

Un premier dossier avait été réalisé en préalable au Contrat de Bassin Paladru-Fure (Etude SAFEGE, 1994). Cette étude avait permis l'élaboration d'un nouveau règlement sous forme d'un projet d'arrêté et prévoyait l'aménagement de stations hydrométriques destinées à suivre les mesures proposées. Le projet d'arrêté de 1994 n'a pas été entériné.

Les conditions climatiques sévères de l'été 2003 ont mis en exergue les conflits d'usage du bassin versant car le niveau trop bas du lac n'a plus permis l'alimentation de la Fure. Cette situation a conduit à réaffirmer la nécessité de mettre en place un nouveau règlement. Une Commission Locale de Suivi (CLS) a été créée le 16 octobre 2003 afin de définir des solutions de gestion durable, sous pilotage du SIVU de la Fure, aujourd'hui Syndicat Intercommunal du Bassin de la Fure (SIBF). Un comité technique regroupant la Sous-Préfecture de la Tour du Pin, la DDAF de l'Isère, la DDE de l'Isère, la DIREN Rhône Alpes, l'ONEMA, l'Agence de l'Eau RM&C, le Conseil Général de l'Isère, la Région Rhône Alpes et le SIBF a été constitué.

1.3 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de l'étude est d'aboutir à l'élaboration d'un projet de règlement, sur la base du projet de 1994, en tenant compte de l'évolution des usages et en intégrant les enjeux environnementaux et hydrauliques.

Plus précisément, l'étude a pour objectifs de :

- **Etablir un diagnostic partagé** par l'ensemble des acteurs et mis à jour pour toutes les fonctionnalités du bassin versant : usages de l'eau, milieux naturels, gestion des débits, risques hydrauliques ;
- **Etablir les besoins et niveaux de satisfactions** des différents usages et fonctionnalités naturelles du bassin versant ;
- **Elaborer un protocole**, issu d'un compromis entre les usages et les fonctionnalités naturelles, optimisant la gestion des débits de la Fure et du niveau du Lac ;
- **Formaliser un projet de règlement** devant être validé par la commission locale de suivi, avant approbation du Préfet ; ce règlement devra établir des règles de répartition entre les usagers, tout en assurant un bon fonctionnement des milieux aquatiques, en particulier pour les périodes d'étiage et éventuelles périodes de crise ;
- **Définir un programme d'actions** d'accompagnement pour la gestion de la ressource, la protection des biens et des personnes, la préservation des milieux aquatiques.

Aussi, l'étude est décomposée selon les phases suivantes :

- **PHASE 1 : Etat des lieux et diagnostic des enjeux**
 - Volet A : Partage de la ressource : phase d'analyse et d'actualisation des données sur les usages et les enjeux environnementaux ;
 - Volet B : Inondabilité : Etude hydraulique avec établissement des cartes d'aléas ;
- **PHASE 2 : Prospectives et hypothèses de gestion** : phase d'élaboration de scénarii comprenant l'évaluation des impacts et l'établissement du scénario optimal ;
- **PHASE 3 : Finalisation du protocole de gestion et du projet de règlement**, et établissement du programme d'actions d'accompagnement ;

Le présent rapport constitue le rapport de Phase 2.

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 7

2 - Rappel des orientations des documents de référence

2.1 La Directive Cadre Européenne sur l'Eau et le futur SDAGE 2009

La Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil de l'Union Européenne du 23 octobre 2000 (DCE) établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle vise à ce que les eaux superficielles et souterraines atteignent un bon état général dans un délai de 15 ans, soit en 2015, avec des reports d'échéance possibles en 2021 et 2027.

Ces objectifs seront atteints en réduisant ou en interdisant le rejet de certaines substances (principalement des métaux lourds, ou des substances chimiques de type hydrocarbures), mais également en restaurant la qualité physique des cours d'eau.

L'autorité compétente pour l'application des Directives est le Préfet coordinateur de bassin. Les instances de bassin conservent leurs responsabilités opérationnelles (programmes pluriannuels d'intervention des agences de l'eau) et leurs responsabilités planificatrices (élaboration des SDAGE). Le SDAGE devient le plan de gestion prévu par la Directive. Elaboré et adopté par le comité de bassin, il continue d'être approuvé par le préfet coordinateur de bassin. L'élaboration et l'adoption du programme de mesures, essentiellement de nature réglementaire dépendent soit du niveau national soit du préfet de bassin.

La Directive comporte 4 orientations majeures :

- l'objectif de « bon état écologique des masses d'eau »,
- la systématique de l'approche et de la gestion par bassin hydrographique (district hydrographique),
- l'unicité de la ressource en eau : eaux de surface et eaux souterraines,
- la prise en compte du recouvrement des coûts : « faire payer l'eau à son prix ».

La date d'échéance finale d'obtention de l'objectif général de bonne qualité des masses d'eau est octobre 2015, sauf si des raisons d'ordre technique ou économique justifient que cet objectif ne peut être atteint. Cet objectif de bonne qualité est en cours de traduction en France (Agences de l'Eau/DIREN) en termes physico-chimiques, biologiques et physiques, en utilisant le nouveau système d'évaluation de la qualité (SEQ). Au titre de la révision du SDAGE, il est prévu une révision des objectifs de qualité en 2008.

Les principales échéances fixées par la DCE sont :

- l'élaboration d'un état des lieux : un avant-projet d'état des lieux a été validé en juillet 2004 ;
- l'élaboration d'un plan de gestion d'ici 2009, qui fixera les objectifs à atteindre pour 2015. En France, le plan de gestion consistera en une modification et une approbation du SDAGE;
- l'élaboration d'un programme de mesures à définir d'ici 2009.

La DCE confirme et renforce les principes de la gestion de l'eau en France : gestion par bassin versant, gestion équilibrée de la ressource en eau et participation des acteurs. Elle va plus loin en introduisant trois notions majeures :

- la fixation d'objectifs de résultats environnementaux,
- la prise en compte des considérations socio-économiques,
- la participation du public.

Une masse d'eau est un tronçon de cours d'eau, ou un lac, un étang, une portion d'eau côtière, tout ou partie d'un ou plusieurs aquifères, d'une taille suffisante tout en présentant des caractéristiques biologiques et physico-chimiques homogènes. Tant du point de vue qualitatif que quantitatif, une masse d'eau comporte un objectif de gestion déterminé. La masse d'eau est donc à la fois l'unité de description du district et la maille d'analyse de l'atteinte ou non des objectifs fixés par la directive.

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 8

Le bassin versant de la Fure et du Lac de Paladru a été décomposé en 6 masses d'eau (commission géographique Isère-Drôme, automne 2007) :

- L81 – Le Lac de Paladru ; BE 2021
- 11303 : Le ruisseau du Pin ; BE 2021
- 12126 : Le Courbon ; BE 2021
- 323b – La Fure en amont de Rives ; BP 2021
- 323b – La Fure de Rives à Tullins ; BP 2021
- 323c – La Fure de Tullins à la confluence avec la Morge.

Pour 3 de ces masses d'eau, les objectifs qui seront a priori retenus dans le futur SDAGE 2009 sont les suivants :

Masse d'eau	Nom	Désignation	Problèmes à traiter	Objectif
L81	Lac de Paladru	Naturelle	• Pollutions domestiques et industrielles (hors tox.) • Pollutions toxiques • Pesticides agricoles et non agricoles	Bon état en 2021 ou 2027
323a	Fure amont	MEFM ¹	• Pollutions domestiques et industrielles (hors tox.) • Pollutions toxiques • Gestion quantitative • Restauration physique	Bon potentiel en 2021 ou 2027
323b	Fure aval	MEFM	• Pollutions domestiques et industrielles (hors tox.) • Pollutions toxiques • Gestion quantitative • Restauration physique	Bon potentiel en 2021 ou 2027

*MEFM : Masse d'Eau Fortement Modifiée

A noter par ailleurs que les orientations fondamentales envisagées pour le futur SDAGE 2009 sont les suivantes :

- OF1 : privilégier la prévention et les interventions à la source
- OF 2 : concrétiser la mise en œuvre du principe de non-dégradation des milieux aquatiques
- OF 3 : intégrer les dimensions sociales et économiques
- OF 4 : organiser la synergie des acteurs
- OF 5 : lutter contre les pollutions et la protection de la santé
- OF 6 : préserver et re-développer les fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques
- OF 7 : atteindre l'équilibre quantitatif
- OF 8 : gérer les risques d'inondations

¹ MEFM : Masse d'Eau Fortement Modifiée

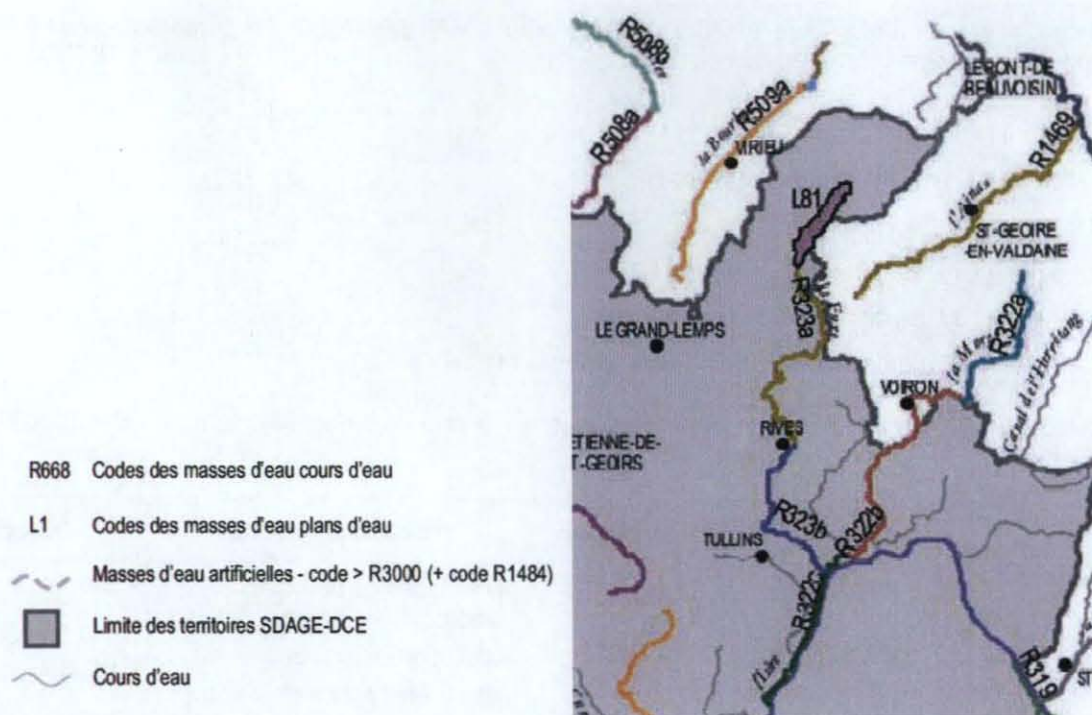


Figure 1 : SDAGE – Masses d'eau DCE du bassin versant de la Fure

Bassin Rhône-Méditerranée

Commission géographique - Isère - Drôme
(septembre - octobre 2007)

Objectifs d'état des masses d'eau superficielle

Masses d'eau cours d'eau	Atteinte du bon état *
— naturelle	● en 2015
- - - MEFM ou artificielle	● en 2021 ou 2027
Masses d'eau plans d'eau	
○ naturelle	● Objectif moins strict
□ artificielle	● Objectif à préciser
▽ MEFM	

* Conditions pour l'atteinte du bon état

● Masse d'eau naturelle	Bon état écologique et bon état chimique
● MEFM	Bon potentiel écologique et bon état chimique
● Masse d'eau artificielle	Bon potentiel écologique et bon état chimique



Tableau 1 : SDAGE – Objectifs DCE pour les masses d'eau de la Fure

Le 9ème programme 2007-2012 de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée a été adopté en décembre 2006 et est le premier programme de mise en œuvre de la directive européenne cadre communautaire. Il est de plus de 3 milliards d'euros sur 6 ans.

Ce programme prévoit notamment la définition d'objectifs phares à atteindre, l'ajustement des modalités d'intervention aux besoins du terrain, la recherche des solutions les plus efficaces, l'intensification des approches préventives plutôt que curatives, etc.

Il annonce un traitement concerté des problèmes et enjeux sur des territoires pertinents comme les bassins versants avec le soutien renforcé de l'agence de l'eau aux SAGE et aux contrats pluriannuels (contrats de rivière, ...). qui devrait se traduire par des accords cadres avec les grands partenaires institutionnels et de l'aménagement du territoire (département, région, organismes consulaires, organismes de recherche).

Pour donner de la visibilité au programme et afficher son exigence de résultats, l'Agence de l'eau a défini 14 objectifs phares qui constitueront un cadre pour l'évaluation des actions conduites d'ici à 2012, année de fin du programme :

- **La lutte contre la pollution**

- Mettre en conformité 100% des stations d'épuration de plus de 2 000 équivalents habitants
- Initier 45 démarches collectives visant à réduire les pollutions dispersées de nature industrielle
- Engager des actions de réduction des rejets toxiques sur 60 sites isolés prioritaires

- **Préserver et la gérer la ressource**

- Engager la restauration physique de 40 bassins prioritaires
- Initier des plans de gestion de la ressource et des étiages sur 100% des zones prioritaires et en faire adopter 1/3
- Mettre en œuvre un programme de réduction des prélèvements directs sur 20 zones prioritaires, en agissant à la fois sur l'offre et la demande
- Préserver les ressources stratégiques souterraines pour l'alimentation en eau potable par la délimitation de 100% d'entre elles et le soutien de premiers plans d'actions opérationnels
- Restaurer la qualité des eaux brutes dans au moins 40 bassins d'alimentation touchés par des pollutions diffuses
- Dans le cadre particulier des moyens accordés aux communes rurales, consacrer 1/3 des aides aux travaux de remise à niveau des ouvrages vétustes
- Restaurer et/ou préserver 10 000 ha de zones humides

- **Les interventions de soutien**

- Mettre en œuvre le réseau de contrôle opérationnel des masses d'eau risquant de ne pas atteindre le bon état et équiper 100% des bassins prioritaires pour le suivi de la ressource en eau
- Mettre en place dans chaque région une plateforme d'Education à l'Environnement pour un Développement Durable
- Favoriser l'émergence d'au moins 40 démarches de gestion locale sur les territoires orphelins prioritaires
- Engager 25 nouvelles procédures contractuelles sur les territoires prioritaires

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 11

2.2 La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques et le SDAGE 1996

Dans l'attente de l'approbation du futur SDAGE 2009, ce sont la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006 et le SDAGE approuvé en 1996 qui s'appliquent.

Après la loi sur l'eau de 1964 qui instaura le système des agences de l'eau, et celle de 1992 qui fit naître les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) et les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), la nouvelle loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 doit notamment permettre d'atteindre les objectifs fixés par la Directive Cadre Eau de l'Union Européenne, en particulier le bon état pour toutes les eaux d'ici 2015.

Les principales dispositions de la LEMA ont pour objet une gestion « équilibrée et durable de la ressource en eau » et « cette gestion prend en compte les adaptations nécessaires au changement climatique ». Le changement climatique risque en effet d'accentuer les phénomènes extrêmes, c'est à dire les crues et les étiages, ainsi que les risques qui en découlent pour la vie économique et l'équilibre des ressources en eau.

De nouveaux aménagements hydrauliques et l'entretien régulier des milieux aquatiques sont devenu un enjeu pour le respect des objectifs de la directive-cadre sur l'eau (DCE) et pour la prévention des inondations.

La LEMA permet les mesures suivantes :

- regroupement de l'ensemble des éléments nécessaires à l'instruction des dossiers « entretien des milieux aquatiques » dans des rubriques de la nomenclature « eau ».
- délivrance d'une autorisation pluriannuelle (cinq ans, voire plus) au titre de la loi sur l'eau pour un plan de gestion établi à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente. Ensuite, annuellement, un simple rapprochement du gestionnaire avec le service chargé de la police de l'eau sera suffisant pour caler les interventions annuelles.

Ce plan de gestion pourra faire l'objet d'adaptations, notamment pour prendre en compte des interventions ponctuelles non prévisibles rendues nécessaires à la suite d'une crue ou de tout autre événement naturel majeur, ainsi que toute opération s'intégrant dans un plan d'action et de prévention des inondations.

- organisation des structures maîtres d'ouvrage à la bonne échelle pour :
 - adapter l'aire géographique de compétence de la structure maître d'ouvrage aux enjeux et aux actions à mettre en œuvre (bassin versant), de façon à ce qu'elle ait la légitimité à agir sur un territoire donné, les moyens financiers adéquats et la possibilité de se doter de moyens en personnel.
 - inciter la création de structures maîtres d'ouvrages publiques (structures de coopération intercommunale, syndicats mixtes, EPTB, ...).
 - faciliter la mise en place de schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) (simplification des procédures, adaptation de leur contenu aux exigences de la directive cadre sur l'eau, enjeux décisionnels, tout ou partie d'un SAGE rendu opposable au tiers). Le bassin versant de la Fure fait partie du Territoire SAGE « Isère Aval ».

Enfin, après la loi n°2005-781 de programme fixant les orientations de la politique énergétique, adoptée le 13 juillet 2005, qui voulait tendre à la réduction de l'impact environnemental de la consommation énergétique, à l'optimisation de l'utilisation du potentiel hydraulique, et à faciliter des procédures pour autoriser à utiliser l'énergie hydraulique sur des ouvrages existants déjà autorisés au titre de la loi sur l'eau, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques :

- fait obligation à compter du 1er janvier 2014 au plus tard de la règle du 1/10^e du module pour le débit minimum biologique restitué dans les tronçons court-circuités ;
- assouplit la réglementation actuelle sur les « débits réservés » en offrant la possibilité de passer à la notion de « régime réservé » : possibilité de variations des valeurs du débit minimal à respecter dans les cours d'eau au droit d'un ouvrage au cours de l'année.
- permet d'appliquer un débit réservé inférieur sur les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau dits à « fonctionnement atypique » (exemple : secteurs de cours d'eau où les retenues hydroélectriques constituent une chaîne en cascade).

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 12

Le SDAGE Rhône Méditerranée Corse, adopté par le Comité de Bassin et approuvé par le Préfet Coordonnateur de Bassin le 20 décembre 1996, « fixe les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée ». Il est en vigueur jusqu'en 2009 avant d'être remplacé par le nouveau SDAGE.

Le SDAGE 1996 a fixé 10 orientations principales à prendre en compte pour la gestion des rivières :

- Poursuivre toujours et encore la lutte contre la pollution ;
- Garantir une qualité d'eau à la hauteur des exigences des usages ;
- Réaffirmer l'importance stratégique et la fragilité des eaux souterraines ;
- Mieux gérer avant d'investir ;
- Respecter le fonctionnement naturel des milieux ;
- Restaurer ou préserver les milieux aquatiques remarquables ;
- Restaurer d'urgence les milieux particulièrement dégradés ;
- S'investir plus efficacement dans la gestion des risques ;
- Penser la gestion de l'eau en terme d'aménagement du territoire ;
- Renforcer la gestion locale et concertée.

Les cartes du SDAGE, validé en 1996, décrivent le secteur d'étude selon plusieurs thématiques répertoriées dans le tableau ci-après. Le bassin versant de la Fure fait partie du Territoire SDAGE « Isère Aval ».

2.3 Le Plan Départemental de Gestion des ressources Piscicoles

Elaboré en 2002 par la Fédération Départementale de l'Isère ce document a permis d'établir, par bassin versant, une synthèse de l'état des peuplements piscicoles et plus globalement de la qualité piscicole des cours d'eau et des lacs du département.

La Fure a été classée en système perturbé suite à l'élaboration du Plan Départemental de Gestion des ressources Piscicoles (PDGP). Un plan des actions nécessaires a été établi de façon à atteindre les objectifs de restauration fixés selon le mode de gestion retenu (FDAAPPMA Isère, 2004) :

1. Amélioration de la qualité des eaux domestiques et industrielles ;
2. Passage au 1/10^{ème} du module pour les secteurs soumis au débit réservé et remise en cause de la gestion des vidanges de barrages sur l'aval de la Fure. Dans l'attente, respect des débits réservés réglementaires (article L432.5 du code de l'environnement) ;
3. Franchissement de 9 obstacles, déterminés prioritaires par l'étude du CSP en 1999.

Depuis l'élaboration du module d'actions cohérentes du PDGP, des améliorations se sont produites principalement au niveau de la qualité des eaux. L'assainissement des communes (STEP intercommunale du SIBF mise en service en septembre 2003) et l'amélioration du traitement des eaux de process des sites industriels (STEP Arjo Wiggins Renage mise en service en juin 2002) ont été bénéfiques pour la qualité des eaux de la Fure.

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 13

Tableau 2 : SDAGE – Description du bassin versant de la Fure

Thèmes	Description	Commentaires
Résumé	La Fure est un affluent de l'Isère particulièrement dégradé	
1. Qualité des eaux superficielles et sources de pollution	- La Fure est de qualité mauvaise en aval de Rives, médiocre à assez bonne en amont de Rives. Les affluents du lac sont qualité assez bonne - Absence d'eutrophisation sur la Fure, mais importante dans le Lac de Paladru	Mauvaise qualité due aux rejets dans la Fure des STEP de Renage et Tullins, aujourd'hui raccordées au réseau intercommunal, et aux rejets industriels de Arjo Rives, Arjo Charavines et Acieries de Bonpertuis Recalibrages, endiguements, ouvrages en travers, hydrologique influencée, etc.
2. Etat physique des milieux aquatiques superficiels	- Fonctionnement physique de la Fure perturbé par des causes multiples. - Prélèvements d'eau pour l'industrie	
3. Eaux souterraines	- Aquifères dans molasses du Bas-Dauphiné. Ressource non négligeable. - Nappe d'accompagnement de l'Isère en aval de Fures. Possibilités de pompage élevées	
4. Faune, flore et écosystème remarquables	- Espèces de poissons remarquables : Lavaret dans le Lac de Paladru, Chabot dans la Fure. - Zones de frayères dans le marais de Véronnière et sur la Fure en amont de Rives	
4bis. Protection et gestion des milieux	- APPB du Marais de Véronnière et des Roselières du Lac de Paladru - Rivière classée - Site inscrit du Lac de Paladru	
5. Thermalisme, tourisme, loisirs	- Tourisme d'été lié à l'eau sur la Lac de Paladru : baignade, canoë, voile - Population saisonnière à Charavines	
6. Risques naturels liés à l'eau	- Crues rapides en aval de Rives - Dispositif d'annonce de crue dans la vallée de l'Isère	Dispositif d'annonces des crues
7. Contexte institutionnel	Projet de Contrat de Bassin ; structures porteuses d'une démarche globale de gestion des milieux : SIVU de la Fure et SMLP	Contrat de Bassin ayant porté sur la période 1997-2002. SIVU transformé en SIBF en 2006 et SMLP dissous en 2007

Données issues du SDAGE approuvé en 1996.

2.4 Le Contrat de Bassin Paladru-Fure

Le SIVU de la Fure et le Syndicat Mixte du Lac de Paladru ont collaboré pour l'élaboration du Contrat de Bassin Paladru-Fure. Celui-ci, signé en 1997, comportait 3 volets. Le premier volet concernait l'assainissement et a conduit à la réalisation de collecteurs intercommunaux et à la station d'épuration intercommunale de la Fure, située à Tullins. Le second volet visait à la restauration et la mise en valeur du milieu aquatique. Le dernier volet, intitulé Entretien, Suivi, Gestion, a permis notamment la mise en place d'appareils de mesure des débits.

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 14

Le Contrat de Bassin Paladru-Fure a porté sur la période 1997-2002. Il a comporté les étapes suivantes :

- 08-oct-92 : Date avis favorable sur dossier préliminaire
- 13-janv-93 : Date création du Comité de Rivière
- 12-avr-97 : Date avis favorable sur dossier définitif
- 29-mai-97 : Date signature du Contrat
- 2002 : Date d'achèvement

2.5 La gestion des risques naturels

Compte tenu des événements d'inondations majeures qui se sont produit en France par le passé (Nîmes 1988, Vaison-la-Romaine 1992, Somme 2001, Gard 2002), la législation a fortement évolué ces dernières années pour prévenir et gérer les risques naturels.

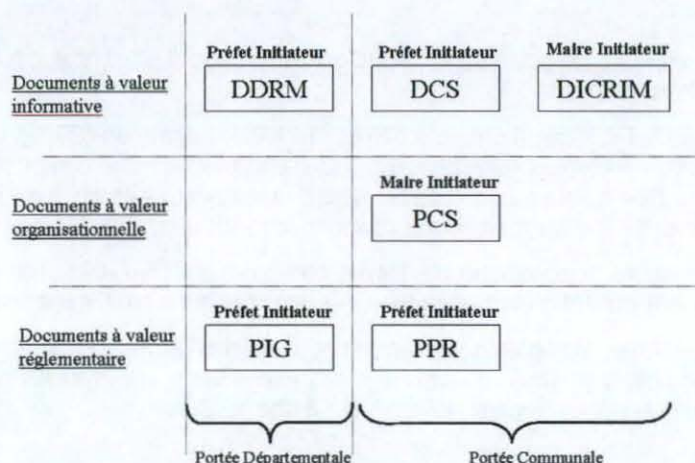


Figure 2 : Risques – Documents de prévention des risques

Les informations contenues dans le DDRM (Dossier Départemental des Risques Majeurs) sont portées à connaissance au Maire sous forme d'un **Dossier Communal Synthétique (DCS)** qui comprend une cartographie synthétique. Les Maires destinataires d'un DCS doivent établir et arrêter un **Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM)** - décret 90-918 du 11 octobre 1990. Ce document contient les données locales, départementales et nationales nécessaires à l'information des citoyens au titre du droit à l'information. Le document est librement accessible par toute personne en mairie.

Les Plans de Prévention des Risques (PPR) ont été mis en place par la loi Barnier du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement et son décret d'application du 5 octobre 1995. Les Plans de Prévention des Risques (PPR), ne concernent que les risques naturels (et non technologiques) et ont remplacé tous les documents qui préexistaient : PER (Plan d'Exposition aux Risques), PSS (Plan de Surfaces Submersibles), R.111-3 du code de l'urbanisme (périmètre de risques), PZSIF (Plans de Zones Sensibles aux Incendies de Forêts). Néanmoins, tous les documents existants ont juridiquement pris la valeur de PPR. La loi Barnier met en place un fonds de prévention des Risques Naturels Majeurs (le Fonds Barnier) qui est destiné à indemniser les expropriations, du fait d'une menace naturelle grave. En l'absence de PPR, il peut exister des cartes d'aléas sous différentes formes : carte d'aléa d'inondation, carte d'aléas multirisques. Ces documents font l'objet d'un porter-à-connaissance de la commune concernée et se retranscrivent dans les Plans Locaux d'Urbanisme ou Plan d'Occupation des Sols.

Avec la loi de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004, les communes détentrices d'un PPR ou d'un PPI approuvé doivent définir un **Plan Communal de Sauvegarde (PCS)**, mais un tel document peut aussi être élaboré sans PPR ou PPI en vigueur. Le plan communal de sauvegarde a pour objectif d'assurer l'information préventive et la protection de la population de la commune. Dans sa commune, le maire est responsable de l'organisation des secours de première urgence.

Pour cela, il peut mettre en œuvre un outil opérationnel, le plan communal de sauvegarde, qui :

- détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes,
- fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité,
- recense les moyens disponibles,
- définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population.

Le tableau suivant récapitule la situation des communes du bassin versant de la Fure. Les communes sont globalement peu dotées de documents de prévention et de gestion des risques naturels. Plus particulièrement :

- PPR : Aucune commune ne possède PPR. Seule la commune de Tullins est concernée par un PSS et une prescription de PPR datant de 2004 ;
- Carte d'aléas : seules les communes de Chirens (2000), Charavines (2005) et Tullins (2003) possèdent une carte d'aléas multirisques à l'échelle 1/5000-1/10000. Chirens a complété cette carte en 2006 pour l'aléa inondation. Ces communes ainsi que Biliu, Montferrat, Paladru, Le Pin et Valencogne ont vu la réalisation d'une carte d'aléas multirisques informative (1/25 000) ;
- DCS / DICRIM : seule la commune de Tullins possède un DCS (2005), qui n'a pas été retranscrit en DICRIM. Aucun PPR ou PPI n'étant approuvé, aucune commune n'a l'obligation de réaliser un PCS ;
- Toutes les communes du bassin versant sont sensibles à différents titres aux inondations : plus particulièrement Tullins (note 5) et dans une moindre mesure (Note 2) les communes du linéaire de la Fure : Charavines, Apprieu, Renage, Rives, Saint Blaise du Buis.

Tableau 3 : Documents communaux de prévention et gestion des risques

TERRITOIRES		CARTOGRAPHIES AVANT PPR				PPR	Sensibilités											INFORMATION PREVENTIVE				
N° INSEE	COMMUNES	Enjeux-Risques 1/25 000 ^e	Cartes d'aléas		PSS	PPR prescrit	Avalanche	Crues des torrents	Chutes de blocs	Glissement de terrain	Infrastr. livr	Effondrement	SENSIBILITE MULTIRISQUES	Inondation de plaine	Crue rapide de rivière	SENSIBILITE INONDATION	Séisme	Nbre arrêtés Canat	DCS	DICRIM	PCA ou PCS	PPI
			Carte aléas inondations 1/10 000e 1/5 000e	Carte aléas multirisques 1/10 000e 1/5 000e																		
38013	APPRIEU						0	0	0	2	2	0	2		2	2	1A					
38043	BILIEU	M					0	0	0	2	2	0	2		1	1	1B					
38082	CHARAVINES	M					0	2	0	2	2	0	4		2	2	1B					
38105	CHIRENS	M	mars-06	01/12/2000			0	2	0	2	2	0	4		2	2	1B					
38256	MONTFERRAT	M					0	0	0	2	2	0	2		1	1	1B					
38292	PALADRU	M					0	2	0	2	2	0	4		1	1	1B					
38305	LE PIN	M					0	2	0	2	2	0	4		1	1	1B					
38331	REALMONT						0	0	0	0	0	0	0		1	1	1B					
38332	RENAGE						0	0	0	0	0	0	0		2	2	1B					
38337	RIVES						0	0	0	0	0	0	0		2	2	1B					
38368	SI-BLAISE-DU-BUIS						0	0	0	0	0	0	0		2	2	1B					
38517	TULLINS	M		01/06/2003	13/01/1950	13/08/2004	0	3	0	3	3	0	6	2	3	5	1B		09/03/2005			
38520	VALENCOGNE	M					0	0	0	2	2	0	2		1	1	1B					

RGr0050/A17843/CLyZ070296

JD/FLA - XB - GBO

7/07/2009

Page : 16

2.6 Schéma départemental de la ressource en eau (DDAF Isère, 2007)

Le schéma départemental de la ressource en eau a pour objectif l'amélioration de la gestion quantitative de la ressource en eau et de ses usages à l'horizon 2015. Il vise également à connaître les relations entre l'évolution de la qualité de l'eau, la dégradation des différents milieux aquatiques et la gestion des prélèvements.

Notre périmètre d'étude est inclus dans le territoire « Fure-Morge-Paladru » défini dans le cadre du schéma départemental de la ressource en eau.

Les préconisations issues du schéma départemental sur notre territoire d'étude sont les suivantes :

- Pérennisation de la structure actuelle de gestion des niveaux du Lac de Paladru et des débits de la Fure ;
- Mise en œuvre éventuelle d'un schéma d'aménagement et de gestion des eaux sur le territoire « Fure-Morge-Paladru » ;
- Négociation du débit affecté à l'exutoire du Lac de Paladru et des prélèvements des industriels ;
- Amélioration de la connaissance de la ressource en eau (implantation de limnigraphes, piézomètres, développement d'études sur les eaux souterraines locales, continuité des diagnostics sur le Lac de Paladru).

3 - Objectifs de la phase 2

3.1 Description des principaux objectifs

Les grands objectifs de la phase 2 de la présente étude sont les suivants :

- Analyser les points forts et failles du règlement actuel de 1866 et du projet de règlement de 1994 ;
- Définir différents scénarii de gestion alternatifs permettant de répondre à l'ensemble des usages et fonctionnalités ;
- Confronter les scénarii de gestion à des cas réels, notamment à travers des simulations sur les années passées ;
- Analyser les incidences des scénarii de gestion sur les enjeux du Lac de Paladru et de la Fure ;
- Synthétiser les avantages et inconvénients des scénarii et fournir l'ensemble des éléments utiles pour l'aide à la décision du scénario à retenir.

3.2 Enjeux du système Lac de Paladru-Fure

Les enjeux du territoire d'étude ont été mis en évidence lors de la première phase de l'étude. Le diagnostic a montré que le partage de la ressource en eau présentait des enjeux à la fois sur le Lac de Paladru et sur le linéaire de la Fure et de ses affluents. Ces enjeux peuvent se décliner comme suit :

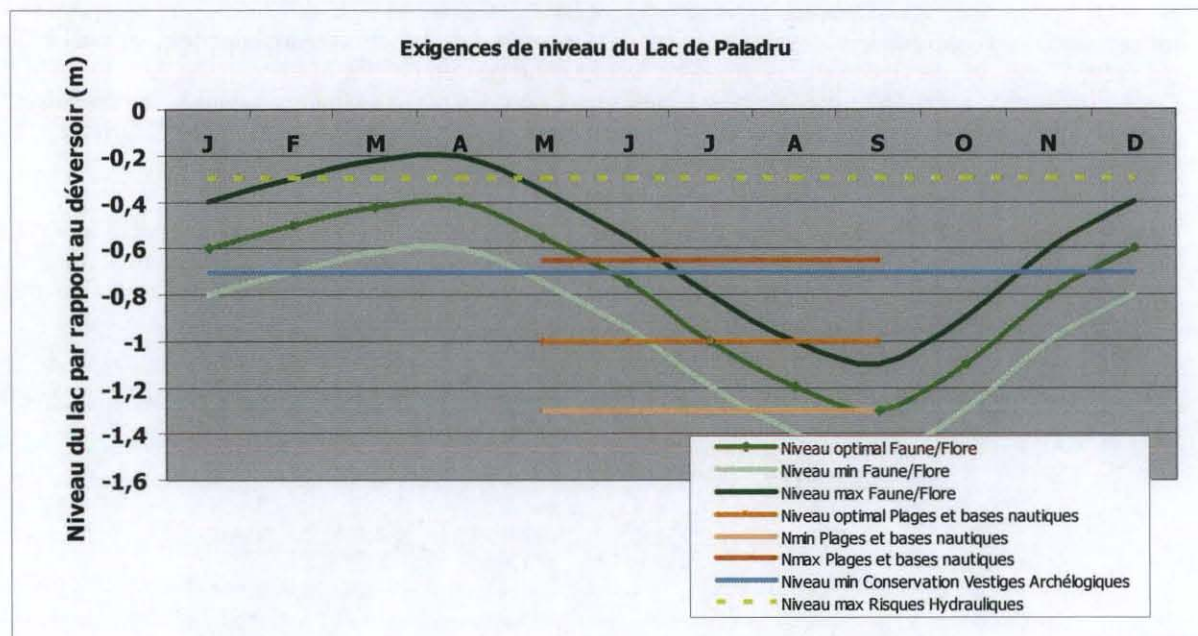
- Sur le Lac de Paladru :
 - Frai des espèces piscicoles,
 - Milieux naturels riverains représentés synthétiquement par les roselières,
 - Loisirs : plages et activités nautiques,
 - Culturel : fouilles archéologiques.
- Sur la Fure et ses affluents :
 - Process industriel,
 - Hydroélectricité,
 - Milieux naturels sur la Fure (milieux terrestres, milieux aquatiques, dilution des rejets),
 - Risques naturels sur la Fure (inondation, embâcles, pollutions accidentelles, captages AEP).

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 18

3.2.1 Exigences de niveau pour le Lac de Paladru

Les conditions optimales de niveaux du lac de Paladru et de débits de la Fure ont donc été analysées en fonction des besoins pour chacun des usages précédents. La courbe optimale des niveaux du Lac de Paladru retenue correspond à la courbe optimale pour la faune et la flore (cf figure ci-après).

Figure 3 : Exigences de niveau du Lac de Paladru



En effet, cette courbe, en sus de satisfaire les usages de la faune et la flore (fraie, roselières, etc.), permet également la satisfaction des usages touristiques (baignade, activités nautiques) et le maintien d'un niveau inférieur à -30 cm pour l'écrêtement des crues. Seule l'activité des fouilles archéologiques n'est pas compatible avec cette courbe optimale. Le niveau du lac doit idéalement se situer dans la tranche 0/-30 cm pour permettre les fouilles subaquatiques mais cette exigence de niveau sera levée en 2009, le chantier prenant fin. En outre, le lac ne doit pas se situer à un niveau inférieur à -0,7 m, pour assurer une conservation correcte des vestiges.

3.2.2 Exigences de débit pour la Fure

3.2.2.1 Conditions optimales pour le process industriel

Un débit de 300 l/s en sortie du Lac de Paladru permet de satisfaire l'ensemble des besoins des industriels tout en respectant le débit réservé actuel, égal au 1/40^{ème} du module, dans le tronçon de la Fure court-circuité. Pour le respect du débit réservé égal au 1/10^{ème} du module, débit réglementaire à partir de 2014, un débit de 400 l/s sera nécessaire à l'exutoire des vannes du lac de façon à satisfaire les besoins pour le process industriel et les milieux naturels.

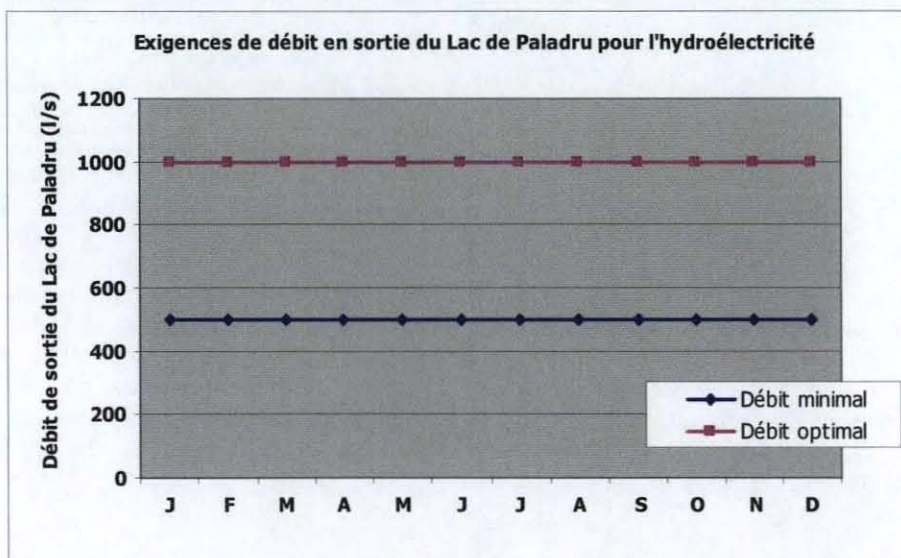
3.2.2.2 Conditions optimales pour l'hydroélectricité

La production hydroélectrique des microcentrales est maximale lorsque le débit turbiné correspond au débit d'équipement de l'installation. Ce débit d'équipement varie entre 1 et 4 m³/s selon les microcentrales.

Pour les producteurs d'électricité à titre privé, les débits d'équipement sont relativement faibles (1,5 m³/s au maximum). Pour les producteurs fournissant l'électricité à EDF, les débits équipés des installations sont plus forts (1 à 4 m³/s). Ces microcentraliers souhaitent avoir le débit le plus proche du débit équipé, car le rendement décroît rapidement avec le débit. Un débit en sortie du Lac de Paladru supérieur ou égal à 1 m³/s est optimal pour la production d'énergie hydroélectrique de l'ensemble des microcentrales le long de la Fure. Cette exigence de débit fort est privilégiée actuellement pour les microcentraliers durant la période hivernale, période durant laquelle le prix de vente du KWh est élevé (Tarifs 2007 : 8,146 c€/KWh du 1^{er} novembre au 31 mars contre 3,275 c€/KWh du 1^{er} avril au 31 octobre).

Toutes les microcentrales de la Fure peuvent fonctionner lorsque le débit est supérieur ou égal à 500 l/s au droit de chaque installation. Les campagnes de débit ont montré que le débit de la Fure a tendance à diminuer des vannes du lac jusqu'au pont du Bœuf. Le fonctionnement des microcentrales sur ce premier tronçon exige donc un débit supérieur à 500 l/s en sortie du Lac de Paladru.

Figure 4 : Exigences de débit à l'exutoire du Lac de Paladru pour l'hydroélectricité



3.2.2.3 Conditions optimales pour les milieux naturels de la Fure

Le respect des exigences des milieux naturels sur la Fure est essentiellement lié à la restitution du débit minimum biologique en aval des prises d'eau dans les tronçons court-circuités, et de ce fait, se trouve peu influencé par la gestion des débits en sortie du Lac de Paladru. Le travail de Phase 1 a montré que les débits réservés actuels (1/40^e du module) étaient insuffisants pour garantir un bon fonctionnement des milieux naturels, et que le bon potentiel ne pourrait être atteint qu'avec le passage au 1/10^e du module requis par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques pour le 01/01/2014 au plus tard.

On peut donc considérer, en l'état actuel des connaissances, que lorsque les débits nécessaires pour les usages industriels et hydroélectriques sont satisfaits (cf. valeurs précédentes) et que par ailleurs, les débits minimum biologiques sont satisfaits (ce qui sera vérifié en 2014), alors les exigences des milieux naturels sont satisfaites.

A noter que les actions liées aux débits minimum biologiques, franchissement de la faune, etc. sont traitées par ailleurs dans un programme d'accompagnement.

3.3 Synthèse des objectifs du futur protocole de gestion

L'objectif du futur protocole de gestion sera la satisfaction de l'ensemble des usages et fonctionnalités du Lac de Paladru et de la Fure. Cependant les exigences développées précédemment montrent que tous les usagers ne pourront être satisfaits parfaitement simultanément. La satisfaction des usages sera analysée en fonction de la fréquence à laquelle l'usage est satisfait.

Tableau 4 : Objectifs à atteindre pour le système Paladru Fure

Système	Enjeux	Objectifs à atteindre
Lac de Paladru	Frai du brochet	Niveau supérieur à -0,40 m pendant 6 semaines consécutives entre fin février et mi-avril
	Roselières	Niveau à -0,40 m à la fin du printemps et -1,30 m à la fin de l'été
	Activités nautiques	Niveau à -1,0 m entre mai et septembre
	Vestiges archéologiques	Niveau supérieur à -0,70 m
Fure	Milieux naturels de la Fure	Débit supérieur à 400 l/s pour respect du 1/10 ^{ème} du module dans les tronçons court-circuités
	Process industriel	Débit supérieur à 400 l/s pour respect des besoins des industriels et du débit réservé après 2014 (1/10 ^{ème} du module)
	Hydroélectricité	Débit supérieur à 500 l/s (Hypothèse : arrêt des microcentrales pour un débit inférieur à 500 l/s)
	Risques de crue	Niveau du lac maintenu en-dessous de la cote -0,30 m

Nota : les conditions de niveau du lac pour le frai sont variables selon les espèces piscicoles. Le frai du brochet est le plus exigeant en termes de niveau d'eau à atteindre, de période (fin février à mi-avril), et de durée (minimum 6 semaines) ; il peut donc être considéré que si le frai du brochet est satisfait, alors le frai des autres espèces l'est également, ou tout au moins est en condition favorable.

De même, nous avons considéré que la satisfaction des fonctionnalités des milieux naturels bordant le Lac de Paladru pouvait être analysée en grande partie à travers la satisfaction du frai du brochet. En effet, de hautes eaux au printemps sont favorables aux milieux naturels dont notamment les roselières ; reste ensuite à vérifier que les milieux naturels bénéficient de basses eaux en période automnale.

Pour ces raisons, nous rechercherons par la suite à satisfaire le frai de l'ensemble des espèces piscicoles et la santé des milieux naturels du Lac de Paladru à travers les exigences liées au frai du brochet.

4 - Propositions techniques de scénarii pour un nouveau protocole de gestion

Cette partie vise à proposer, dans le cadre d'un document de travail destiné à évoluer, différents scénarii de gestion des niveaux du Lac de Paladru et des débits de la Fure qui amèneront à retenir un protocole de gestion.

En préalable à la définition des scénarii de gestion répondant aux objectifs à atteindre pour le système Paladru-Fure, une synthèse des lacunes du règlement actuel, le règlement de 1866, a été menée pour confirmer la nécessité de le réviser.

A partir de l'analyse du règlement de 1866 et dans l'objectif de contrer les failles de celui-ci, nous avons pu définir 3 grands scénarii de gestion (le scénario 3 présentant plusieurs variantes). Les scénarii définis sont les suivants :

- Scénario 1 : application du projet de règlement de 1994
- Scénario 2 : application d'une gestion « raisonnée » similaire à celle pratiquée sur 2004-2006
- Scénario 3 : application d'un règlement permettant de suivre des courbes guides
 - Scénario 3a : modèle prévisionniste
 - Scénario 3b : nouveau règlement
 - Scénario 3c : nouveau règlement avec saisonnalité
- Scénario 4 : scénario 3c optimisé grâce à des aménagements futurs

4.1 Synthèse sur le règlement de 1866

Le règlement de 1866 est rappelé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Règlement de 1866

Niveau du Lac de Paladru	Débit en l/s
> -0,10 m	1200
de -0,10 à - 0,70 m	800
de - 0,70 à - 1,70 m	650
de - 1,70 à - 2,70 m	500

L'abaissement en dessous de la cote -2,70 m ne doit s'effectuer que dans des circonstances de sécheresse tout à fait exceptionnelles et en vertu d'un arrêté préfectoral spécifique. Les vannes peuvent en théorie fonctionner jusqu'à une cote de -3,70 m.

La synthèse des travaux réalisés en Phase 1 conduit aux conclusions générales suivantes :

- Le règlement de 1866 peut répondre aux usages et fonctionnalités de l'ensemble du bassin versant lorsque les conditions hydriques sont moyennes ou supérieures à la moyenne. En dehors de ces conditions, et a fortiori en période de sécheresse, le règlement conduit à un déséquilibre dans la satisfaction des usages car son application favorise les usages sur la Fure ;
- Au-delà du constat précédent, le règlement de 1866 ne permet pas de reconstituer la ressource en eau au niveau du Lac de Paladru. Cette lacune pénalise en premier lieu la fonctionnalité des milieux naturels

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 22

et les usages sur le lac, mais elle pénalise également les usages sur la Fure, qui manquent de « stock » et donc de visibilité.

Un tel constat peut être fait en particulier depuis 2003, année de sécheresse, car sur la période 2003-2008, la ressource en eau du lac ne s'est toujours pas reconstituée. Les niveaux du lac remontent rarement au-dessus de la cote -1.00 m/déversoir et chaque printemps laisse présager une période de crise sur la période estivale suivante.

D'un point de vue technique, ces constats s'expliquent par le fait que le règlement produit un déstockage rapide du lac en période sèche par l'absence de palier de débit intermédiaire entre -0,10 et -0,70 m puis entre -0,70 m et -1,70 m. Le déstockage du lac est encore rapide en dessous de -1,70 m du fait d'un débit fixé à 500 l/s, valeur élevée en période d'étiage sévère.

- Le règlement de 1866 ne permet pas de gérer et d'anticiper les risques hydrauliques dans la vallée de la Fure. Jusqu'à présent, on ne connaissait en effet pas le rôle quantifié que peut avoir le lac en cas de hautes eaux et de crue, ni les enjeux dans la vallée de la Fure ;
- Le règlement est simple de par sa définition et son application, mais il conduit a contrario à certaines incohérences en ne tenant pas compte de la « saisonnalité » : le règlement considère ainsi par exemple qu'une cote de -1.30 m a la même valeur au printemps et en automne, alors qu'une telle cote est satisfaisante pour les milieux naturels du lac en automne, mais elle ne l'est pas au printemps ; plus largement, ce point met en évidence que le règlement de 1866 ne tient pas suffisamment compte des enjeux liés aux milieux naturels et aux usages sur le Lac de Paladru
- Le règlement de 1866 ne permet pas de se placer en situation d'anticipation de situation de crise, d'une part, parce que dans l'état actuel ces situations de crises ne sont pas définies, et d'autre part, parce qu'il n'existe aucun outil permettant de les anticiper. C'est le cas pour des situations d'étiage sévères (été 2003), mais également pour des situations de hautes eaux et de crues pour la Fure (crue de novembre 2002).
- Le règlement de 1866 ne peut plus être appliqué strictement dans son intégralité car les ouvrages existants en amont des vannes (ouvrage RD50, pont-vanne) favorisent l'envasement du canal de la Fure et ne permettent plus de délivrer des débits en dessous d'une cote -3,00 m pouvant être relevé selon l'engravement (-1.70 m en 2003).

Au-delà de ce constat de non-faisabilité d'une application complète, le règlement n'est pas toujours, dans les faits, appliqué strictement. Ce constat, qui a pu être fait tout au moins sur certaines périodes d'étiage sévères ou de hautes eaux, montre que le règlement n'est pas satisfaisant en l'état.

Cette synthèse confirme la nécessité de réviser le règlement de 1866. Les points développés précédemment et les objectifs assignés au nouveau protocole ont servi de base à la définition de scénarii alternatifs de gestion de la ressource en eau au niveau des vannes de Charavines.

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 23

4.2 Scénario 1 : application du projet de règlement de 1994

Un nouveau règlement avait été développé en 1994 par SAFEGE lors de l'étude préalable au Contrat de Rivière. Ce règlement n'avait pas été adopté dans un premier temps, puis il avait été rediscuté lors de la crise de 2003, les partenaires évoquant alors la possibilité de l'appliquer pour améliorer la gestion des situations de crise.

Il nous a semblé important, en première étape, de vérifier dans quelle mesure le projet de règlement de 1994 pouvait répondre aux objectifs du nouveau protocole de gestion.

4.2.1.1 Définition du scénario 1

Dans le projet de règlement de 1994, les débits sont assujettis au niveau du Lac de Paladru de 2 façons différentes selon que la période est montante ou descendante.

La période montante débute entre octobre et février pour s'achever entre avril et juillet (hiver/printemps). La période descendante est définie comme la période complémentaire de la période montante (été/automne). Le changement de période est défini par une « variation continue et significative de l'ordre de 10 centimètres sur une quinzaine de jours ».

Le projet de règlement de 1994 est rappelé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Projet de règlement de 1994

Niveau du Lac de Paladru	Règlement 1994	
	Période Montante	Période Descendante
	l/s	l/s
> 0,15 m	2300	2300
de 0,15 à 0,10 m	1800	1800
de 0,10 à 0,05 m	1500	1500
de 0,05 à -0,05 m	1300	1300
de -0,05 à -0,10 m	1300	800
de -0,10 à -0,30 m	1000	800
de -0,30 à -0,80 m	800	800
de -0,80 à -1,70 m	600	600
<-1,70 m	500	500

Le règlement de 1994 prévoit la convocation exceptionnelle d'une commission de suivi par le Préfet lorsque le niveau du Lac de Paladru atteint la cote de -1,70 mètres par rapport au niveau du déversoir, et à chaque fois que ce dernier l'estime utile en regard des conditions climatiques.

4.2.1.2 Test du scénario 1

Afin d'étudier les points forts et faibles du scénario 1, nous avons effectué une analyse historique permettant de reconstituer les courbes de niveau du Lac de Paladru qu'on aurait obtenu suite à l'application du projet de règlement de 1994 sur la période 1973-2006. Le règlement de 1866 a également été analysé dans un but comparatif.

Rappel de la formule de recalculé des cotes du lac

Cette formule a été utilisée lors de la Phase 1 pour analyser les impacts des règlements de 1866 et du projet de 1994. Elle est reprise ici pour tester l'ensemble des scénarii.

Nous avons recalculé les cotes du lac en considérant un ajustement des débits à l'exutoire du Lac de Paladru conforme aux règlements. Pour cela, nous avons eu recours à la formule suivante :

$$Z'_j = Z'_{j-1} + (Z_j - Z_{j-1}) + (Q_j - Q'_j) * \frac{24 * 3600}{S}$$

Avec :

- Z' : cote du lac recalculée (m) ;
- Z : cote du lac observée (m) ;
- Q' : débit du règlement de 1994 (m³/s) ;
- Q : débit observé (m³/s) ;
- j : jour considéré ;
- $j-1$: veille du jour considéré ;
- S : superficie du Lac de Paladru (m²).

La hauteur calculée (Z'_j) fait intervenir les hauteurs constatées historiquement (Z_j et Z_{j-1}) intégrant les apports pluviaux et les pertes par évaporation.

Nous avons ainsi pu reconstituer l'ensemble des cotes du lac sur la période 1973-2006 en considérant l'application du règlement de 1866 et du projet de 1994 et ainsi de les comparer avec les cotes observées historiquement.

4.2.1.3 Incidences du scénario 1

Pour vérifier l'atteinte des objectifs retenus et décrits en partie 3.3, les incidences sur les usages et fonctionnalités du système Fure / Lac de Paladru ont été quantifiées en analysant l'évolution de 5 critères spécifiques à partir de simulations sur la période 1973-2006.

Lorsque l'incidence ne peut être quantifiée dans l'absolu, la fréquence d'apparition de l'incidence ou de la situation est déterminée.

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Période d'étiage : | Détermination de la fréquence des « périodes de crise » : % du temps où le niveau du lac se situe à un niveau inférieur à la courbe de crise ¹ |
| 2. Période de hautes eaux : | Détermination de la fréquence des périodes de hautes eaux du lac (% du temps où l'on se situe à un niveau supérieur à -0,30 m) |
| 3. Période de crues : | Détermination de la fréquence des périodes de crues du lac (% du temps où l'on se situe à un niveau supérieur à 0 m) |
| 4. Frai : | Détermination de la fréquence des années où le frai du brochet est possible (probabilité moyenne annuelle d'obtenir une année où le frai est possible). Le frai du brochet est possible lorsque le niveau est resté supérieur à -0,40 m pendant au moins 6 semaines consécutives sur la période fin février – mi avril. |
| 5. Hydroélectricité : | Détermination de l'impact sur la production énergétique et sur le chiffre d'affaire des activités |

¹ La définition des périodes de crise se réfère par anticipation aux courbes guides développées pour le scénario 3b (cf. définition paragraphe 4.4.2).

Incidences sur les usages du lac de Paladru

Le détail des fréquences des périodes de crise, de hautes eaux, de crue et la possibilité du frai du brochet pour chaque année, sur la période 1973-2006, figure en annexe 5,6, 7 et 8.

Tableau 7 : Incidences des règlements sur la fréquence des périodes de crise, de hautes eaux, de crue et de frai

Années	Historique	Règlement 1866	Projet 1994
% moyen période de CRISE ETIAGES	22%	21%	20%
% moyen période de HAUTES EAUX	28%	45%	35%
% moyen période de CRUE	13%	18%	16%
% FRAI possible	40%	60%	63%

Le tableau précédent montre que le projet de 1994 permet de réduire la fréquence des périodes de crise d'étiage de quelques pourcents (2% par rapport à l'historique) par rapport à la gestion historique ou celle résultant de l'application stricte du règlement de 1866. L'amélioration par rapport au règlement de 1866 existe pour des cas particulier comme celui de la sécheresse de 2003, mais elle n'est pas significative sur une longue période comme celle qui a été testée (1973-2006).

Le projet de 1994 permet de réduire la fréquence des hautes eaux du Lac de Paladru par rapport au règlement de 1866 (-10%), mais son application stricte n'améliorerait pas la situation par rapport à l'historique (+7%), car sur cette question le règlement de 1866 n'a pas été suivi strictement.

Le projet de 1994 permet d'obtenir une fréquence de réalisation du frai du brochet bien meilleure que celle observée historiquement (+23%) et légèrement supérieure au règlement de 1866 (+3%).

Enfin, la mise en œuvre du projet de 1994 augmente légèrement la fréquence des périodes de crue par rapport à la gestion historique (+3%).

Incidences sur les débits et usages de la Fure

- Incidence sur les débits d'alimentation de la Fure**

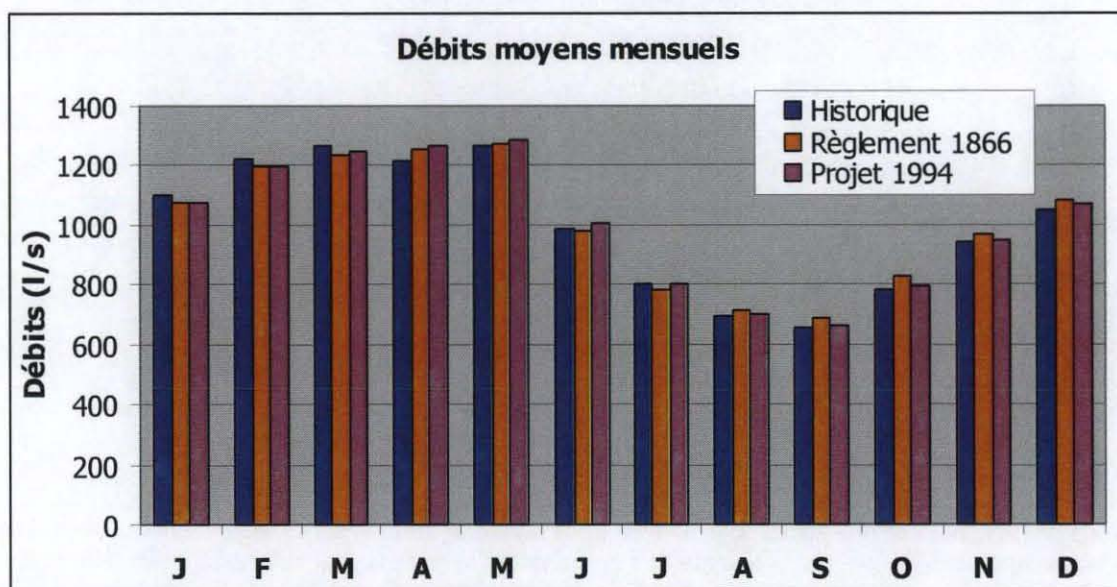
Afin d'évaluer les évolutions du débit d'alimentation de la Fure (perte ou gain) au cours des différentes périodes de l'année, une analyse a été menée sur la période 1973-2006.

Le détail des débits moyens mensuels historiques et d'après les différents règlements figure en annexe 9.

Tableau 8 : Débits moyens mensuels historiques et suite à l'application des différents règlements en l/s (période 1973-2006)

	Historique	Règlement 1866	Projet 1994
J	1101	1077	1076
F	1221	1195	1198
M	1268	1237	1247
A	1215	1251	1268
M	1266	1271	1287
J	989	979	1005
J	805	785	804
A	695	711	701
S	658	684	662
O	786	825	796
N	941	965	949
D	1051	1081	1066
Moyenne	1000	1005	1005

Figure 5 : Débits moyens mensuels historiques et suite à l'application des différents règlements en l/s (période 1973-2006)



Au vu des résultats du tableau ci-dessus, nous constatons que les débits mensuels issus de la gestion historique ou de l'application stricte du règlement de 1866 et du projet de 1994 sont très proches (écart d'au maximum 5%).

A noter que les volumes annuels (cf. ligne « moyenne ») sont équivalents à 0.5 % près, cet écart correspondant au degré de précision des calculs réalisés.

• Incidence sur l'hydroélectricité

Les prix d'achat de l'hydroélectricité évoluent selon les périodes de l'année. En 2007, ils étaient fixés à :

- 8,146 c€/KWh du 1^{er} novembre au 31 mars ;
- 3,275 c€/KWh du 1^{er} avril au 31 octobre.

En outre, il existe des primes à la régularité qui permettent de compléter les revenus.

Nous avons cherché à estimer l'impact de la mise en œuvre du projet de 1994 sur l'activité économique liée à l'hydroélectricité. Pour ce faire, nous avons considéré la production hydroélectrique d'une microcentrale fictive qui serait située à l'aval immédiat de l'exutoire des vannes du lac de Paladru.

Les valeurs absolues de production et de chiffre d'affaires de cette station microcentrale fictive sont estimées à titre indicatif et ne sont pas à considérer au premier degré. Il s'agit surtout d'analyser les évolutions relatives entre scénarii. A première approximation, ces évolutions peuvent être reprises directement pour chacune des microcentrales de l'ensemble du linéaire.

La puissance de cette microcentrale fictive est évaluée par la formule suivante :

$$P = \eta \cdot \rho g Q H$$

Avec :

- P : puissance de l'installation (W) ;
- η : rendement de la microcentrale, pris par hypothèse à 80% ;
- ρ : masse volumique de l'eau (1000 kg/m³) ;
- Q : débit exploité par la microcentrale (m³/s) ;
- H : hauteur de chute exploitée (m), pris par hypothèse à 3 m.

Le revenu généré par la revente de l'hydroélectricité est alors estimée par la formule suivante :

$$R = P \times t \times \text{pkWh}$$

Avec :

- R : revenu (Euros) ;
- P : puissance de l'installation (kW) ;
- t : durée d'exploitation (h) ;
- pkWh : prix de revente du kWh (Euros/kWh).

Nous avons considéré que l'ensemble du débit de la Fure était turbiné par la microcentrale. La variation relative du revenu généré par la revente de l'hydroélectricité entre la gestion résultant des différents règlements (1866, projet 1994) a été estimé à partir de la formule suivante :

$$\frac{dR}{R} = \sum_i \left(\frac{dQ}{Q_i} \right)_{t_i} \cdot t_i \cdot (\text{pkWh})_i$$

Avec :

- dR/R : variation relative du revenu généré par l'hydroélectricité ;
- $(dQ/Q)_i$: variation relative du débit Q sur la période t_i ;
- t_i : période considérée (h) ;
- $(\text{pkWh})_i$: prix de revente du kWh sur la période t_i .

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 28

La détermination de l'incidence du projet de 1994 sur l'activité économique liée à l'hydroélectricité s'est basée sur les éléments suivants :

- une analyse quantitative de l'énergie et des revenus qui auraient été tirés de cette activité sur la période 1973-2006, suite à l'application stricte du projet de 1994 ;
- une comparaison des résultats précédents à l'énergie hydroélectrique et aux revenus historiques sur cette même période.

L'analyse quantitative précédente nécessite les données suivantes pour la série de données historiques et celle reconstituée par simulation du projet de règlement de 1994 :

- Nombre de jours où il est possible de turbiner (débit de la Fure > 500 l/s) pour chaque mois des années 1973 à 2006 ;
- Débits moyens mensuels turbinés pour chaque mois des années 1973 à 2006.

Le tableau ci-après regroupe les résultats des moyennes mensuelles obtenues pour le « nombre de jours turbinés » et le « débit turbiné » suite à l'exploitation des mesures historiques et à la simulation du scénario 1 (projet de 1994). A partir de ces éléments, l'énergie moyenne produite mensuellement a pu être évaluée.

Nous avons considéré que le débit maximum turbinable était de 3 m³/s en hautes eaux et crues, le débit complémentaire ne participant pas à la production ; une telle valeur de débit à l'exutoire du Lac de Paladru garantie l'atteinte du débit d'équipement au droit de toutes les installations hydroélectriques de la Fure.

Tableau 9 : Incidence du projet de 1994 sur l'énergie produite (période 1973-2006)

	Nombre de jours moyens turbinés		Débit moyen turbiné (l/s)		Energie produite (kWh)		Delta Projet 1994 / Historique
	Historique	Projet 1994	Historique	Projet 1994	Historique	Projet 1994	
J	29	27	1058	1035	17611	15887	-10%
F	28	26	1190	1165	19123	17210	-10%
M	31	28	1247	1204	21848	19263	-12%
A	30	29	1194	1244	20000	20185	1%
M	30	31	1153	1179	19600	20661	5%
J	28	30	958	996	15052	16883	12%
J	28	29	765	801	11963	13007	9%
A	26	28	636	701	9199	11196	22%
S	25	26	606	663	8458	9770	16%
O	26	26	686	737	9904	10639	7%
N	26	24	833	852	12433	11709	-6%
D	27	25	981	1003	14876	13929	-6%
TOTAL	333	329	11307	11579	180066	180337	0%

Au vu des résultats précédents, nous constatons que l'application stricte du projet de 1994 sur la période 1973-2006 aurait conduit à une énergie hydroélectrique moyenne annuelle identique à celle produite historiquement. Une perte d'énergie produite est constatée sur la période s'étendant de novembre à mars (jusqu'à -12% en mars) et un gain sur la période avril-septembre (jusqu'à +22% en août).

Suite à l'analyse de l'impact du projet de 1994 sur l'énergie hydroélectrique produite, nous avons analysé l'incidence sur les revenus tirés de l'activité hydroélectrique en considérant les prix actuels de vente de l'hydroélectricité définis par période.

Le tableau ci-après présente les résultats obtenus pour le calcul de la variation des revenus moyens mensuels tirés de l'hydroélectricité pour le projet de 1994 par rapport à la gestion historique, ainsi que pour le règlement de 1866.

Tableau 10 : Impact des règlements sur les revenus tirés de l'hydroélectricité par rapport à la gestion historique (période 1973-2006)

Mois	Coût vente hydroélectricité (centimes d'Euros)	Impact Règlement 1866 sur revenus / Historique	Impact Projet 1994 sur revenus / Historique
J	8,146	-10%	-10%
F	8,146	-10%	-10%
M	8,146	-12%	-12%
A	3,275	0%	1%
M	3,275	4%	5%
J	3,275	4%	12%
J	3,275	5%	9%
A	3,275	22%	22%
S	3,275	16%	16%
O	3,275	10%	7%
N	8,146	-4%	-6%
D	8,146	-5%	-6%
TOTAL		-4%	-4%

Au vu des résultats précédents, les observations suivantes peuvent être formulées :

- L'application stricte du règlement de 1866 ou du projet de 1994 conduit à diminuer légèrement les revenus de l'hydroélectricité par rapport à la gestion historique (baisse de 4%) ; cette baisse du chiffre d'affaires, alors que la production énergétique n'est pas modifiée (cf. Tableau 9), s'explique par la différenciation des tarifs été/hiver : le règlement de 1994 amène à produire plus en période estivale, à une période où le tarif est moins avantageux ;
- La baisse des revenus est la plus importante durant la période hivernale (jusqu'à -12% en mars), période où le prix actuel de vente de l'hydroélectricité est le plus élevé ;
- Un gain des revenus est observé sur la période d'avril à octobre (jusqu'à +22% en août).

4.3 Scénario 2 : application d'une gestion « raisonnée » type 2004-2006

4.3.1.1 Définition du scénario 2

Suite à la situation de crise de l'été 2003 ayant conduit à l'assèchement du canal de la Fure, une gestion visant à préserver la ressource en eau du lac de Paladru a été mise en place jusqu'en 2006. Cette gestion « raisonnée » a permis d'éviter de nouvelles situations critiques avec des niveaux du lac très bas, situations qui auraient été rencontrées si le règlement de 1866 ou le projet de 1994 avaient été appliqués strictement. Les courbes d'évolution des niveaux et débits au cours de cette période sont présentées ci-dessous.

Figure 6 : Evolution des niveaux du Lac de Paladru et débit de la Fure au cours de l'année 2004

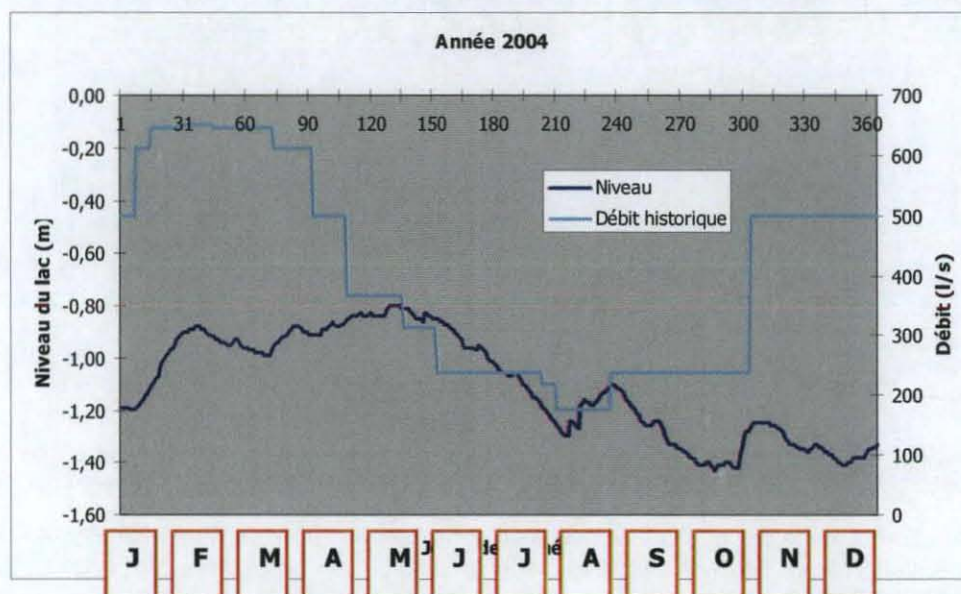


Figure 7 : Evolution des niveaux du Lac de Paladru et débit de la Fure au cours de l'année 2005

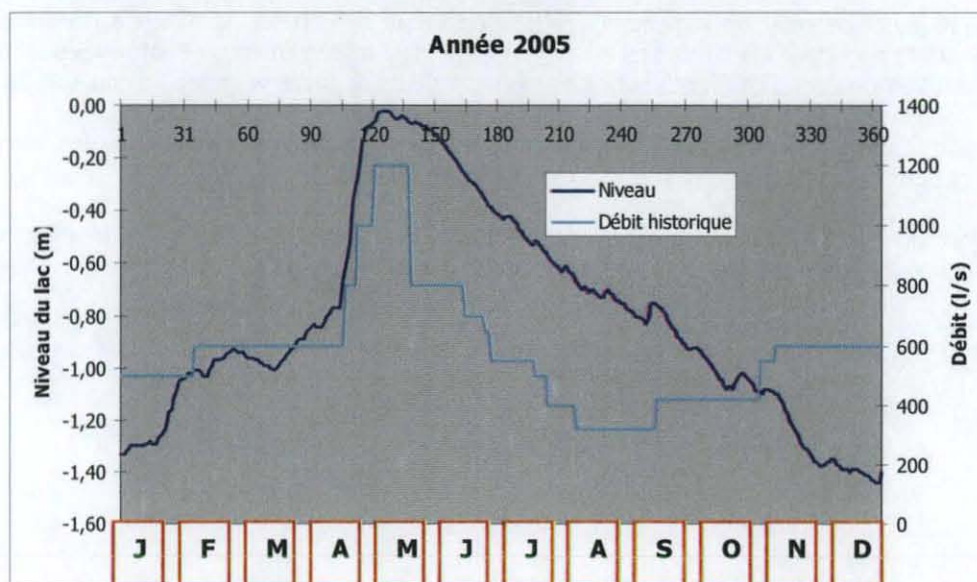
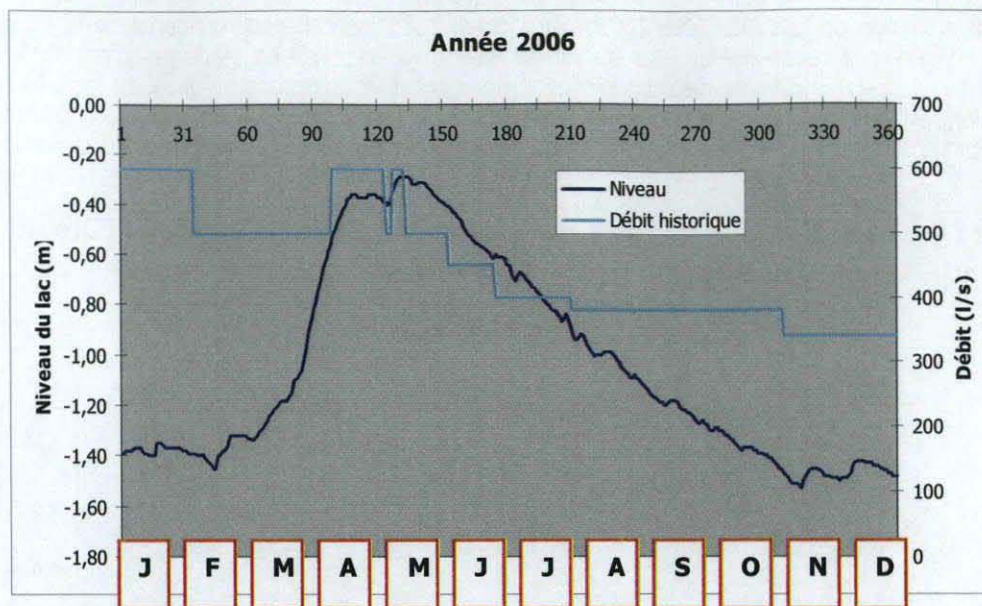


Figure 8 : Evolution des niveaux du Lac de Paladru et débit de la Fure au cours de l'année 2006



L'analyse des figures précédentes montre que les ajustements suivants ont été réalisés sur la période 2004-2006 :

- Restitution de débits relativement élevés au cours de la période hivernale (500 à 650 l/s) malgré des niveaux assez bas du Lac de Paladru ($< -1,20$ m au 1^{er} janvier des années 2004, 2005 et 2006) ;
- Réduction drastique des débits d'alimentation de la Fure au cours de la période estivale afin d'éviter une baisse de la réserve pouvant mettre en péril l'alimentation du canal de la Fure (jusqu'à 200 l/s au cours de l'été 2004) ;
- Bénéfice d'une hausse des niveaux du lac de Paladru au cours des périodes printanières des années 2005 et 2006 grâce à des épisodes pluviométriques conséquents.

Nous avons tenté de caler un règlement unique permettant de corrélérer au mieux à l'évolution des niveaux observés sur la période 2004-2006. Les essais de calage d'un tel règlement se sont révélés infructueux du fait de la restitution de débits différents pour des mêmes valeurs de niveaux de lac au cours de la période 2004-2006.

Le scénario 2 correspond en réalité à la mise en œuvre d'une gestion « intuitive » des niveaux du lac de Paladru et des débits de la Fure basée sur l'expérience et l'observation.

Nous avons donc conclu qu'il n'était pas possible, tout au moins avec des arguments simples, de formaliser la gestion appliquée sur la période 2004-2006 par un règlement figé.

4.3.1.2 Incidences du scénario 2

Le scénario 2 se basant sur une gestion « intuitive » des niveaux du lac de Paladru nécessite une connaissance approfondie du fonctionnement du bassin versant et du système Lac de Paladru – Fure.

Elle est possible si elle est confiée à une personne physique ou morale expérimentée, mais elle est difficile transposable dans un système où un équilibre objectif entre les usages est recherchée. Les incidences d'une telle gestion seraient les suivantes :

- Enjeux hydroélectriques privilégiés en période de déficit hydrique aux dépens des enjeux du Lac de Paladru (roselières, frai du brochet) en fin d'hiver et début de printemps (février-avril) ;
- Atteintes potentielles aux usages industriels des eaux de la Fure et aux milieux de la rivière par des réductions drastiques de débit (jusqu'à 200 l/s observés en 2004) au cours de l'été dans l'objectif de répondre aux usages du lac à cette période (baignade, activités nautiques) et de ne pas couper l'alimentation du canal de la Fure ;
- Atteintes fortes aux enjeux du Lac de Paladru et de la Fure dans le cas de situations météorologiques exceptionnelles (sécheresse, crue). La gestion, tout « raisonnée » soit-elle, ne permet pas d'anticiper et de répondre à des situations de crise d'étiage ;
- En cas de hautes eaux, la gestion raisonnée peut permettre de gérer une crise et d'anticiper des crues sur la Fure, mais l'absence de ligne directrice peut conduire également à l'absence d'intervention.

4.4 Scénario 3 : application d'un règlement basé sur des courbes guides

4.4.1 Scénario 3a : modèle prévisionniste

La volonté de satisfaire au mieux les exigences de l'hydrosystème Fure / Lac de Paladru et d'améliorer les outils d'anticipation, nous amène à envisager un modèle prévisionniste pour la gestion du niveau du Lac de Paladru et du débit de la Fure.

Le scénario de gestion serait alors uniquement basé sur ce modèle prévisionniste basé sur le suivi d'une courbe guide des niveaux du Lac de Paladru.

4.4.1.1 Données existantes

SAFEGE a réalisé un travail pour l'élaboration d'un modèle de prévision du comportement du Lac de Paladru sur des pas de temps de 1 mois (SAFEGE, 1995)

L'objectif du modèle est d'expliquer le niveau du début du mois M+1 en fonction du niveau du début du mois M, de la pluie totale cumulée et de l'ouverture des vannes au cours du mois M. La relation entre les différentes variables est la suivante :

$$N(M+1) = a.N(M) + b.P(M) + c.D(M) + d \quad (1)$$

Avec :

- $N(M)$: niveau du lac au début du mois M (m) ;
- $N(M+1)$: niveau du lac au début du mois M+1 (m) ;
- $P(M)$: pluie totale cumulée au cours du mois M (mm) ;
- $D(M)$: déstockage résultant de l'ouverture des vannes sur le mois M (m);
- a, b, c et d : coefficients de régression.

Les coefficients a, b, c et d de la relation (1) ont été déduits par régression linéaire multiple sur 25 années d'observation (1960 à 1962 et 1973 à 1994). Ces coefficients figurent dans un tableau en annexe 1.

4.4.1.2 Définition du scénario 3a

Le scénario 3a se base sur l'exploitation du modèle de prévision réalisé par SAFEGE en 1995 et la considération d'une courbe guide des niveaux du Lac de Paladru correspondant à la courbe optimale définie au paragraphe 3 - Objectifs de la phase 2.

A partir de la courbe guide, il est possible de fixer au début du mois M, l'objectif de niveau à atteindre au mois M+1. A partir de la relation (1) définie dans le paragraphe précédent, nous pouvons calculer le débit à ajuster aux vannes du lac, terme $D(M)$, une fois le terme de pluviométrie $P(M)$ estimé.

L'estimation de ce terme peut se baser sur les principes suivants :

- Si $N(M+1) < N(M)$: terme $P(M)$ correspondant à la pluviométrie moyenne du mois M;
- Si $N(M+1) > N(M)$: terme $P(M)$ correspondant à une pluviométrie du mois M pour une situation décennale sèche (probabilité de 10% au non dépassement);

L'estimation du terme de pluviométrie basée sur les principes précédents permet d'adopter une gestion des niveaux sécuritaire vis-à-vis d'un déstockage trop important du lac.

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 34

4.4.1.3 Test du scénario 3a

Le modèle de prévision a été testé sur les années passées (2003 à 2006). L'analyse historique sur les dernières années montre que :

- L'application du modèle de prévision permet de s'approcher de la courbe guide des niveaux du lac (delta de 20 cm en moyenne);
- Le modèle de prévision est plus favorable au respect de la courbe guide que le règlement actuel (règlement de 1866).

Figure 9 : Application du modèle à 1 mois pour l'année 2003

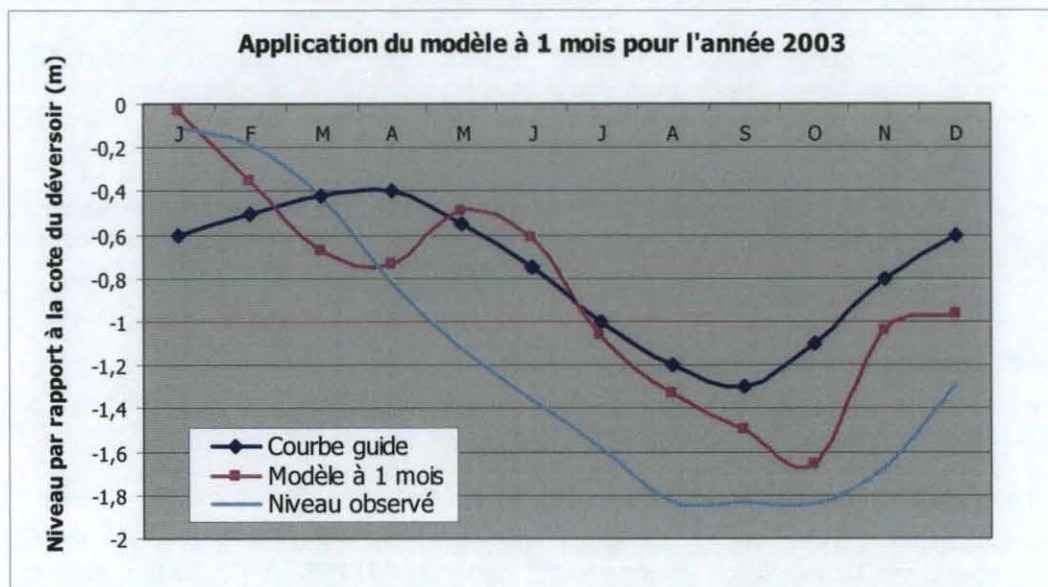
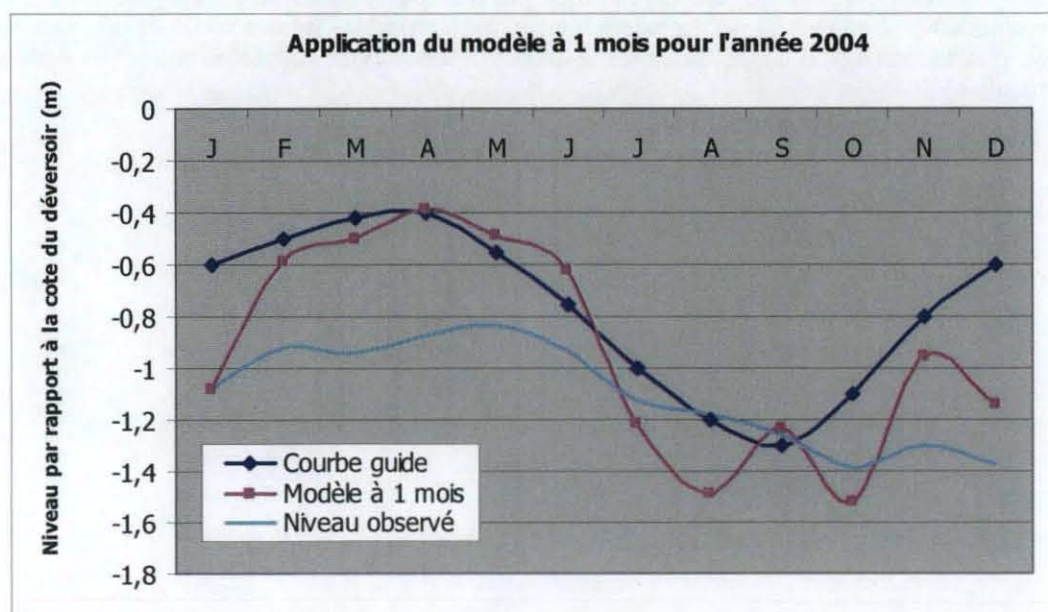


Figure 10 : Application du modèle à 1 mois pour l'année 2004



Les figures des années 2005 et 2006 sont présentées en annexe 1.

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 35

4.4.1.4 Incidences du scénario 3a

Les principales incidences du scénario 3a sont les suivantes :

- Le scénario 3a basé sur un modèle de prévision à 1 mois et la considération d'une courbe guide des niveaux du lac ont un impact positif vis-à-vis des enjeux liés au Lac de Paladru (faune, flore, activités nautiques) et pour le respect d'une revanche de sécurité pour les risques hydrauliques le long de la Fure.
- A contrario, le scénario 3a a un impact négatif sur les usages de la Fure (process industriel, hydroélectricité) du fait de l'instabilité des débits d'alimentation de la Fure à ajuster, phénomène s'expliquant par la difficulté d'une estimation précise de la pluviométrie. En effet, l'analyse sur les années passées montre que les débits de la Fure à ajuster pour respecter la courbe guide fluctuent de manière très importante d'un mois à l'autre : de 400 l/s à 2000 l/s.

Cette analyse montre que l'application du scénario 3b tel que présenté ci-dessus privilégie la satisfaction des usages liés au lac de Paladru aux dépens des usages liés à la Fure. C'est donc une situation inversée par rapport au règlement de 1866 qui a tendance, notamment en période de déficit hydrique, à favoriser les usages sur la Fure.

Le scénario 3a n'est donc pas acceptable en l'état. Cependant, le principe de posséder un outil prédictif est intéressant et pourrait être couplé avec un scénario plus satisfaisant en termes de répartition de la ressource en eau.

4.4.1.5 Amélioration possibles au scénario 3a

Des améliorations pourraient être apportées au scénario 3a dans l'objectif d'une meilleure prédiction des niveaux du Lac de Paladru.

Les améliorations suivantes pourraient être menées :

- Actualisation des coefficients de corrélation intervenant dans le modèle de prévision établi par SAFEGE. Les coefficients de corrélation datent en effet de l'étude SAFEGE (1995). Cette actualisation nécessite d'établir une corrélation sur une série de données (précipitations, niveaux du lac, débit d'alimentation de la Fure) intégrant les dernières années non incluses dans l'analyse SAFEGE (1995 à aujourd'hui) ;
- Etablissement d'un modèle de prévision à un pas de temps inférieur à 1 mois (ex : 1 à 2 semaines). La réalisation d'un tel modèle nécessiterait d'établir des corrélations sur des séries de données possédant un tel pas de temps d'où un travail de saisie important des données pluviométriques (données journalières requises).

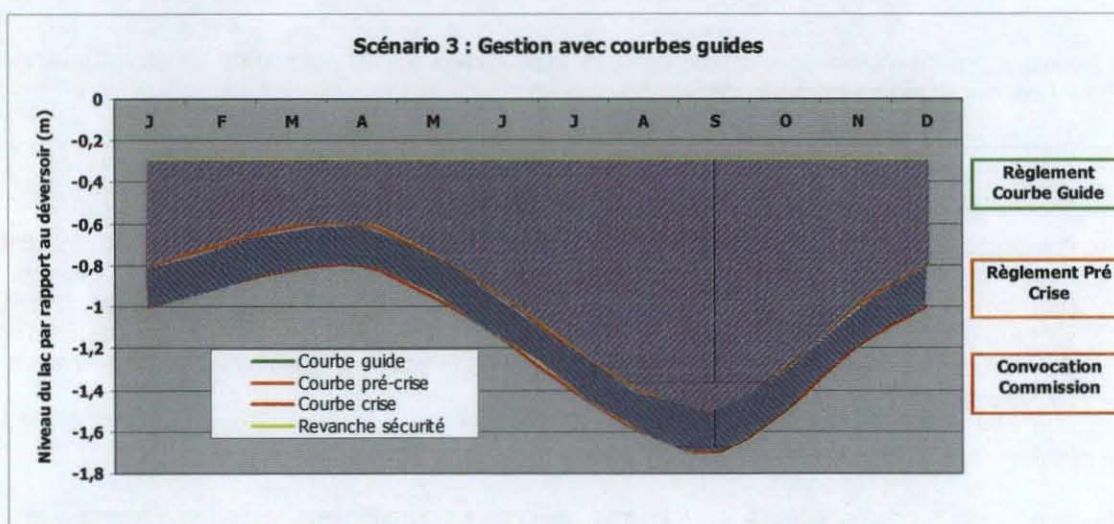
4.4.2 Scénario 3b : nouveau règlement

Le scénario 3b se base sur les principes suivants :

- La définition de 3 courbes appelées « guide », « pré-crise » et « crise » caractérisant des situations respectives d'optimum, d'alerte et de crise vis-à-vis de la satisfaction des niveaux du Lac de Paladru au regard des enjeux ;
- L'application de 2 règlements différents selon la situation du niveau du lac par rapport aux courbes définies précédemment. Ces règlements permettent de suivre au plus près les courbes guides et de respecter les exigences de débits liées aux usages sur la Fure (industriels, hydroélectricité, milieux naturels)
- La convocation d'une commission d'alerte lorsque l'on se situe en dessous de la courbe de crise.

La figure ci-dessous présente l'évolution des courbes « guide », de « pré-crise » et de « crise » au cours de l'année ainsi que les zones dans lesquelles les différents règlements s'appliquent.

Figure 11 : Gestion avec courbes guide, pré-crise et crise



Etablissement des courbes guide, pré crise et crise

La courbe guide correspond à la courbe optimale des niveaux du Lac de Paladru pour la faune et la flore permettant également la satisfaction des usages touristiques (baignade, activités nautiques) et le maintien d'un niveau inférieur à -30 cm pour l'écrêtement des crues (cf paragraphe 3.2.1).

Les courbes de pré-crise et de crise sont fixées par rapport aux exigences de niveau minimal pour les différents usages. Ces exigences varient avec les saisons :

- Fin d'hiver et début du printemps : exigence d'un niveau minimal pour la santé des roselières et le frai ;
- Fin d'été : exigence d'un niveau minimal pour assurer alimentation de la Fure (dépendant de l'ampleur de l'envasement du canal d'alimentation de la Fure).

Nous avons fait l'hypothèse de niveaux de pré-crise et de crise respectivement égaux à -0,6 et -0,8 m au début du printemps et égaux à -1,5 et -1,7 m en fin d'été (la valeur de -1,7 m correspond au niveau d'envasement du canal de la Fure lors de l'été 2003). Les niveaux seront à caler au plus juste en fonction des investigations complémentaires menées (topographie de l'implantation des roselières, etc.) et des principes retenus pour la gestion de l'envasement du canal de la Fure. Les valeurs des courbes « guide », « pré-crise » et « crise » retenues figurent en annexe 2.

RGr0050/A17843/CLyZ070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 37

Choix et ajustement des règlements

Le choix des nouveaux règlements s'est basé sur l'analyse du règlement de 1866 et des modifications apportées par le projet de 1994. Les principes suivants ont été retenus :

- Maintien du palier à -0,30 m du projet de 1994 correspondant à la valeur de revanche de sécurité préconisée pour l'écêtement des crues (cf paragraphe 3.2.1) ;
- Maintien du palier à -1,30 m du projet de 1994 mais passage de 1300 à 1500 l/ s pour des niveaux supérieurs (> -0,20 m) afin d'assurer un déstockage du lac plus rapide en période de hautes eaux ;
- Création de paliers intermédiaires à -0,70 m et -1,30 m avec ajustement de débits plus faibles que ceux des règlements existants pour limiter le déstockage du lac en période de basses eaux.

Sur la base de ces principes, 2 règlements ont été définis : le premier pour être applicable au cours d'une année hydrologique moyenne et le second plus adapté aux périodes de faible pluviométrie. Les valeurs de débits pour chaque palier ont été ajustées de façon à respecter les bilans hydrologiques suivants :

- Ajustement du règlement « courbe guide » pour respecter le bilan d'une année moyenne en suivant la courbe guide ;
- Ajustement du règlement « courbe pré-crise » pour respecter le bilan d'une année quinquennale sèche en suivant la courbe de pré-crise
- Ajustement de la courbe « crise » pour respecter le bilan d'une année décennale sèche.

Remarque :

Pour chaque bilan hydrologique, une marge de sécurité a été maintenue (de l'ordre de 10%). Cette marge se caractérise par un delta du bilan hydrologique positif, c'est-à-dire que les termes d'entrée (pluviométrie) sont supérieurs aux termes de sortie (alimentation de la Fure, évaporation, captage d'eaux souterraines). Le maintien d'une telle marge de sécurité permet de s'affranchir des erreurs d'estimation des différents termes du bilan et permet d'anticiper un éventuel dérèglement à venir des caractéristiques climatologiques.

Le détail des bilans hydrologiques figure en annexe 3.

Les règlements « courbe guide » et « courbe pré-crise » figurent dans le tableau ci-après, ainsi que le règlement de 1866 et le projet de 1994.

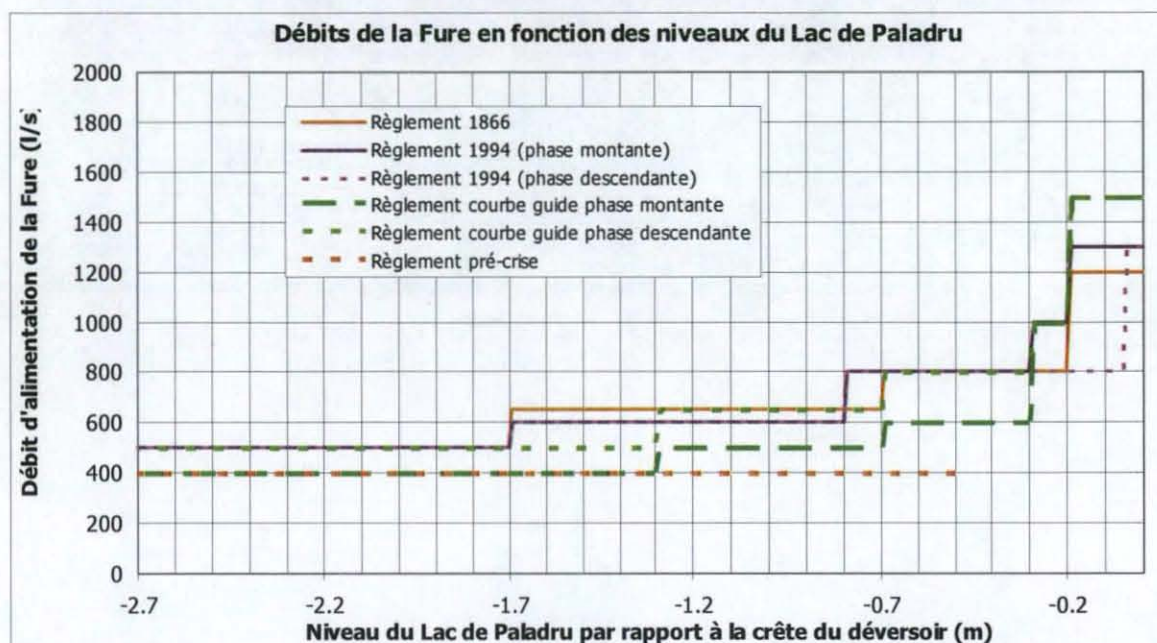
- Le règlement « pré-crise » consiste à ajuster un débit de 400 l/s dès lors qu'on se situe en deçà de la courbe de pré-crise afin de reconstituer au plus vite la réserve.
- Le règlement de « crise » pourrait être issu d'une convocation de la commission d'alerte. Par la suite, nous avons retenu par hypothèse que le débit devait être calé à 300 l/s pour sortir de la situation de crise.

RGr0050/A17843/CLy2070296	
JD/FLA - XB - GBO	
7/07/2009	Page : 38

Tableau 11 : Proposition de nouveaux règlements

Niveau par rapport à la crête du déversoir (m)	1866	Phase montante 1994	Phase descendante 1994	Règlement courbe guide	Règlement courbe pré-crise
0,00	1200	1300	1300	1500	
-0,04	1200	1300	1300	1500	
-0,05	1200	1300	800	1500	
-0,09	1200	1300	800	1500	
-0,10	800	1000	800	1500	
-0,19	800	1000	800	1500	
-0,20	800	1000	800	1000	
-0,29	800	1000	800	1000	
-0,30	800	800	800	800	
-0,49	800	800	800	800	
-0,50	800	800	800	800	400
-0,69	800	800	800	800	400
-0,70	650	800	800	650	400
-0,79	650	800	800	650	400
-0,80	650	600	600	650	400
-1,29	650	600	600	650	400
-1,30	650	600	600	500	400
-1,69	650	600	600	500	400
-1,70	500	500	500	500	400
-2,70	500	500	500	500	400

Figure 12 : Evolution du débit de la Fure en fonction du niveau du lac pour les différents règlements



4.4.2.1 Test du scénario 3b

Afin de vérifier la validité des règlements proposés, nous avons effectué une analyse historique permettant de reconstituer les courbes de niveau du Lac de Paladru qu'on aurait obtenu suite à l'application du scénario 3b sur la période 1973-2006.

Courbes du niveau du Lac de Paladru de 2002 à 2006

Ci-dessous sont présentées quelques courbes d'évolution du niveau du lac d'après les différents règlements sur la période 2002-2006. Pour le scénario 3b, nous avons considéré un débit d'alimentation de la Fure de 300 l/s lorsqu'on se situe en situation de crise, valeur correspondant au débit minimum pour la satisfaction des usages industriels et le respect du débit réservé actuel (1/40^{ème} du module).

Figure 13 : Cotes du lac de Paladru historiques et recalculées d'après les règlements pour l'année 2002

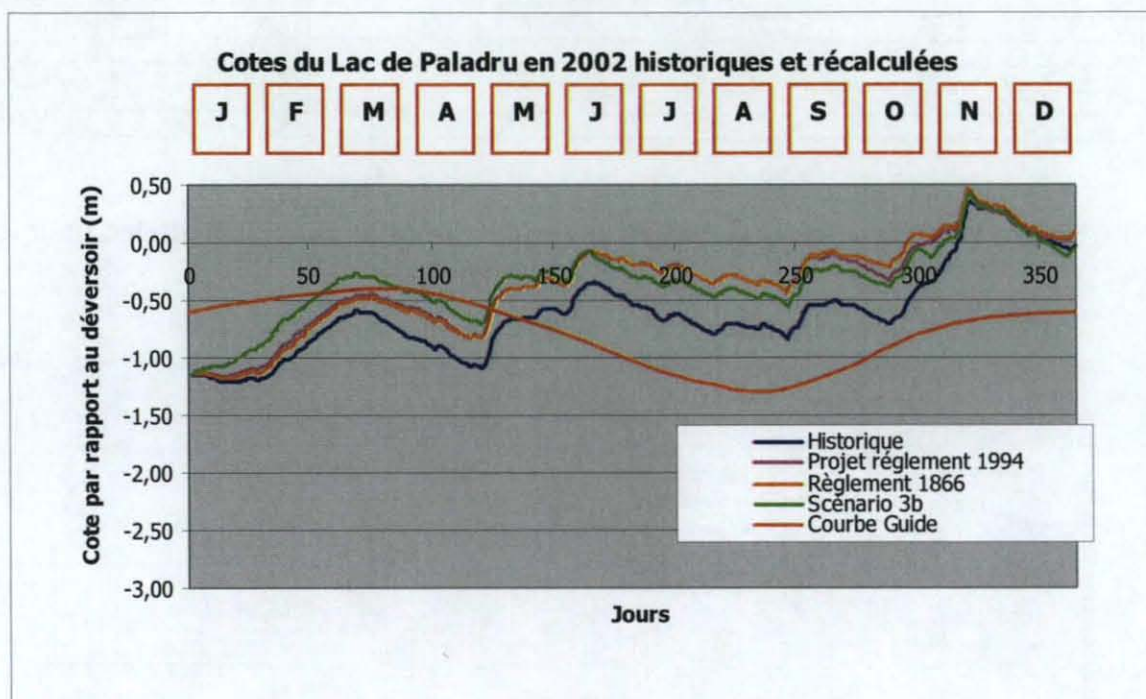


Figure 14 : Cotes du lac de Paladru historiques et recalculées d'après les règlements pour l'année 2003

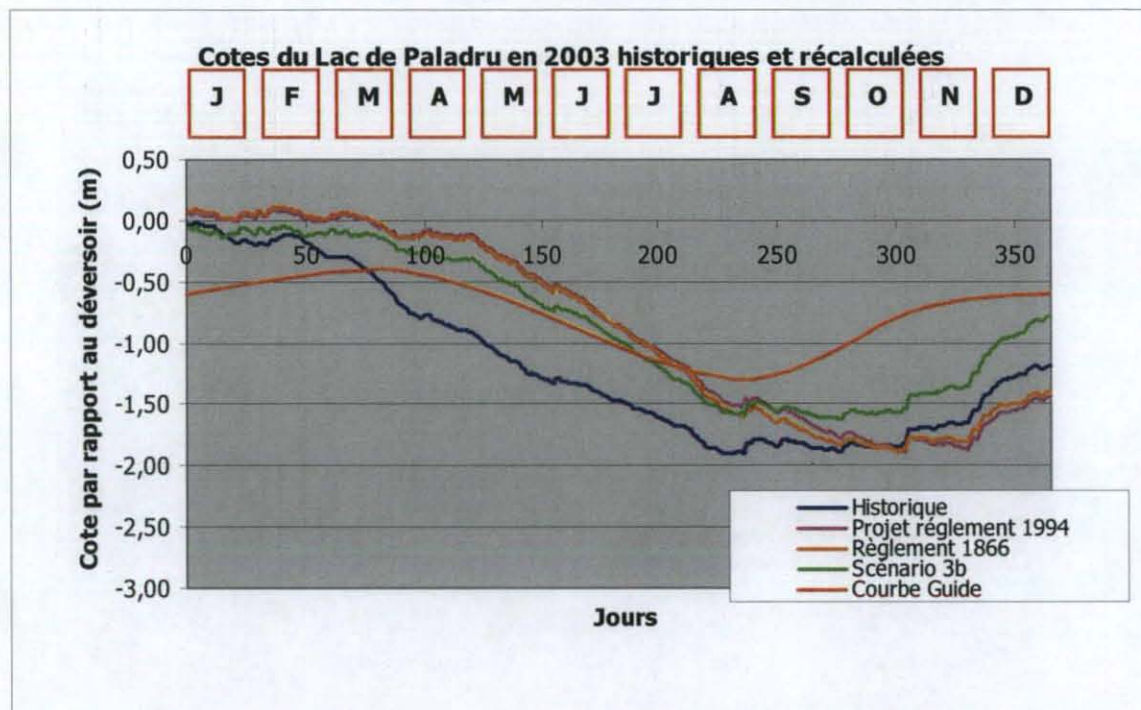


Figure 15 : Cotes du lac de Paladru historiques et recalculées d'après les règlements pour l'année 2004

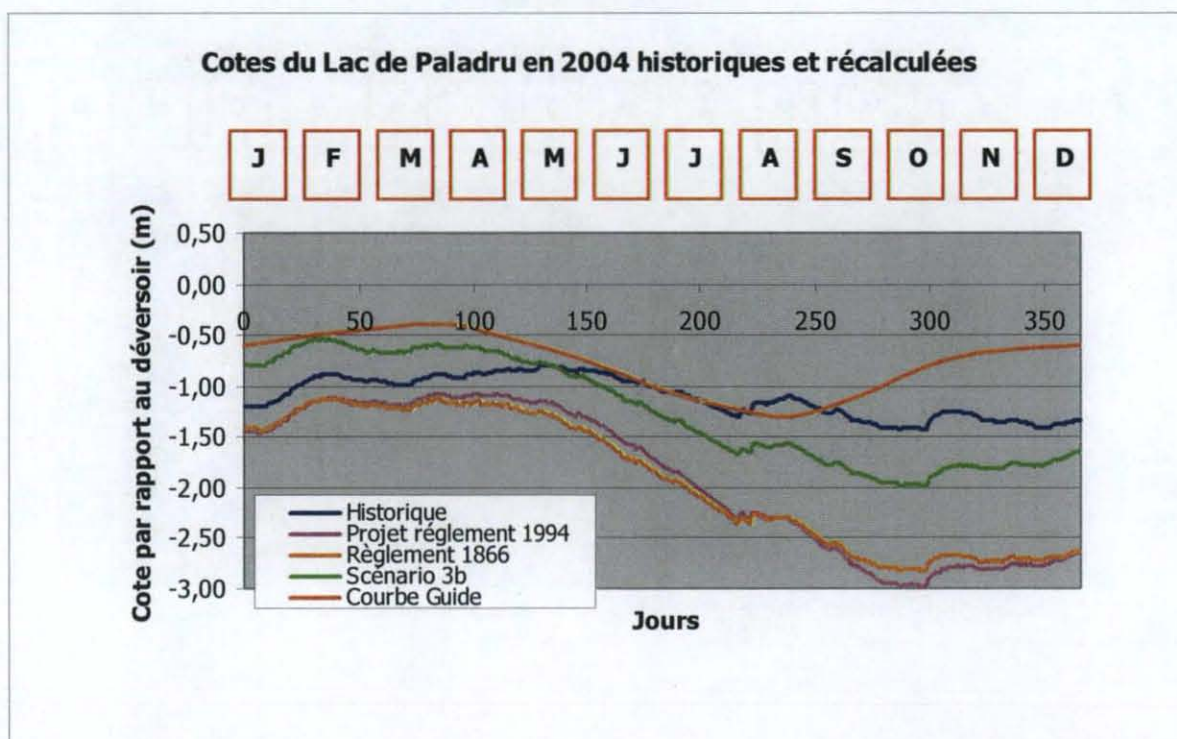


Figure 16 : Cotes du lac de Paladru historiques et recalculées d'après les règlements pour l'année 2005

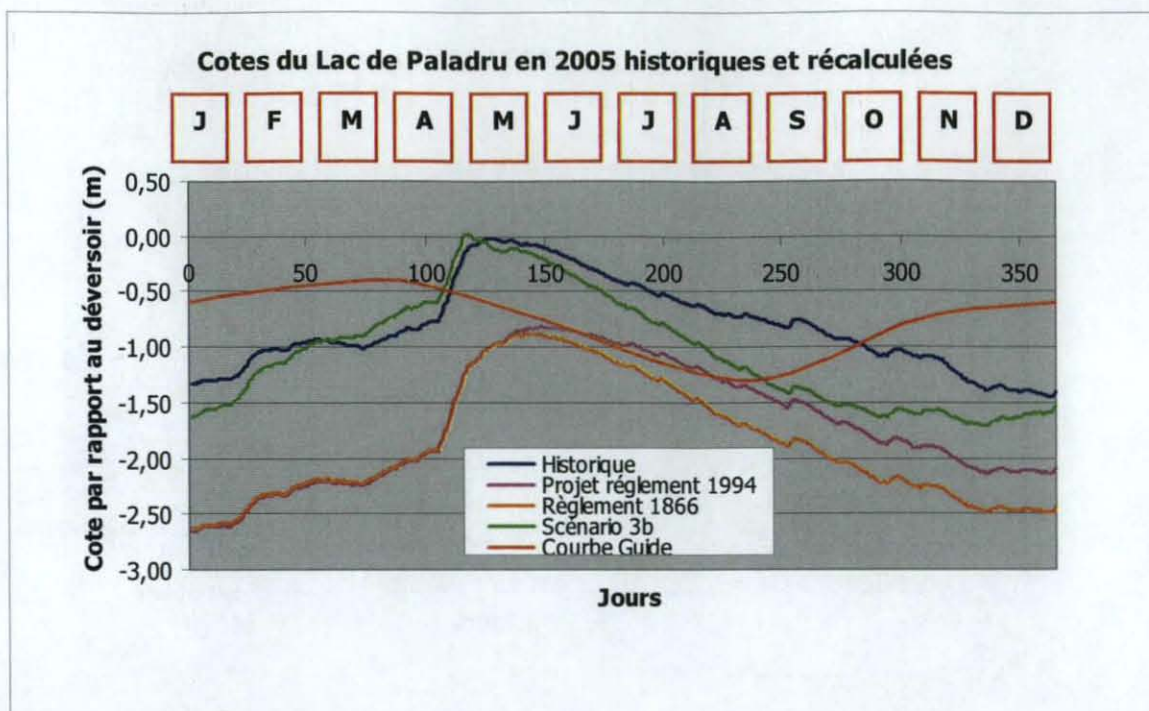
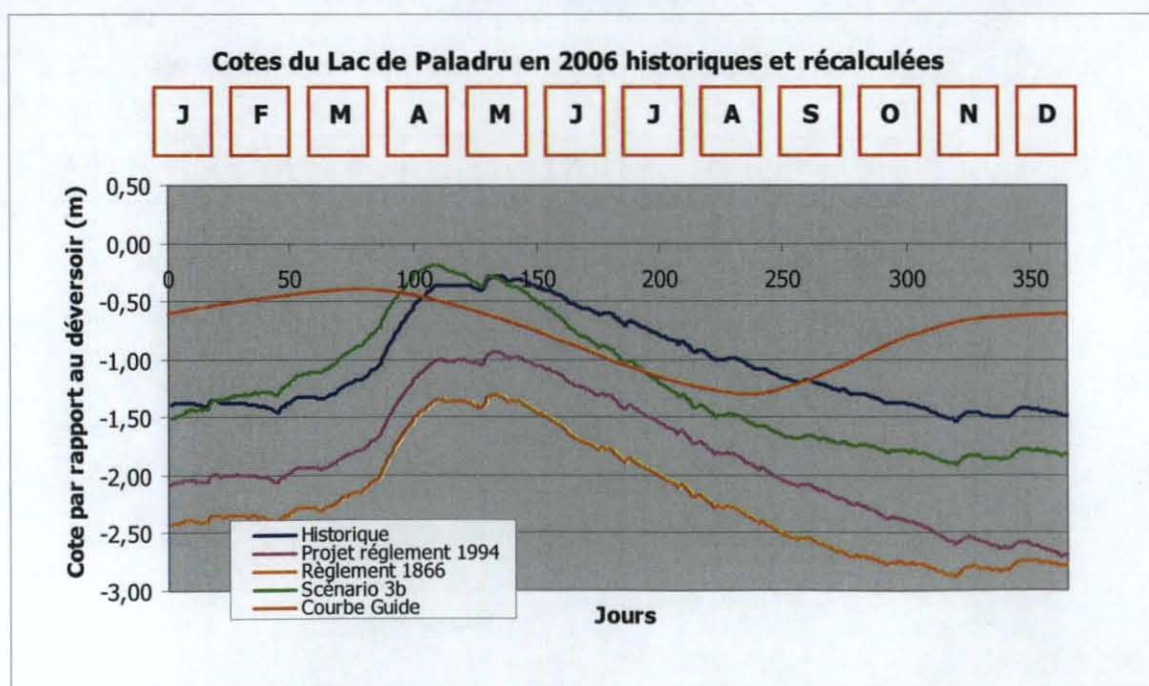


Figure 17 : Cotes du lac de Paladru historiques et recalculées d'après les règlements pour l'année 2006



L'évolution des débits d'alimentation de la Fure selon les différents règlements sur la même période figure en annexe 4.

Au vu des graphiques précédents, les commentaires suivants peuvent être formulés :

- L'application du scénario 3b aurait conduit à une crue de même ampleur que la crue historique en novembre 2002, mais le niveau du lac aurait été maintenu plus bas avant l'événement qu'en cas d'application du règlement du 1866 ou du projet de 1994 ;
- L'assèchement du canal de la Fure aurait été évité lors de l'été 2003 suite à la mise en œuvre du scénario 3b (cote minimale à -1,60 m) ;
- Lors de la période 2004-2006, l'application du scénario 3b conduit à des niveaux du Lac de Paladru relativement proche des niveaux historiques obtenus par la gestion « raisonnée » (scénario 2), niveaux bien supérieurs à ceux résultant de l'application strict du règlement de 1866 et du projet de 1994.

4.4.2.2 Incidences du scénario 3b

Pour vérifier l'atteinte des objectifs retenus et décrits en partie 3.3, les incidences sur les usages et fonctionnalités du système Fure / Lac de Paladru ont été quantifiées en analysant l'évolution de 5 critères spécifiques définis pour le scénario 1, à partir de simulations sur la période 1973-2006.

Incidences sur les usages du lac de Paladru

Tableau 12 : Incidences des règlements sur la fréquence des périodes de crise, de hautes eaux, de crue et de frai

Années	Historique	Règlement 1866	Projet 1994	Scénario 3b
% moyen période de CRISE ETIAGES	22%	21%	20%	11%
% moyen période de HAUTES EAUX	28%	45%	35%	36%
% moyen période de CRUE	13%	18%	16%	12%
% FRAI possible	40%	60%	63%	63%

Le détail des fréquences des périodes de crise, de hautes eaux, de crue et la possibilité du frai du brochet pour chaque année, sur la période 1973-2006, figure en annexe 5, 6, 7 et 8.

Le tableau précédent montre que le scénario 3b permet de réduire la fréquence des périodes de crise de moitié (22% à 11%) par rapport à la gestion historique ou celle résultant de l'application stricte des règlements de 1866 ou du projet de 1994.

En outre, le scénario 3b conduit à une fréquence des hautes eaux du Lac de Paladru supérieure à la gestion historique (+8%), équivalente au projet de 1994 (+1%) et inférieure au règlement de 1866 (-9%). L'augmentation de la fréquence des hautes eaux pour le scénario 3b a un impact positif sur le frai du brochet. La probabilité annuelle que le frai du brochet soit possible atteint 63% avec le scénario 3b, celle-ci étant de 40% historiquement et de l'ordre de 60% avec les autres règlements.

Enfin, la mise en œuvre du scénario 3b entraîne une fréquence des crues équivalente à la gestion historique (-1%) et 6 % inférieure à la gestion du règlement de 1866.

Incidences sur les débits et usages de la Fure

• Incidence sur les débits d'alimentation de la Fure

Afin d'évaluer les évolutions du débit d'alimentation de la Fure (perte ou gain) au cours des différentes périodes de l'année, une analyse a été menée sur la période 1973-2006.

Le détail des débits moyens mensuels historiques et d'après les différents règlements figure en annexe 9.

Tableau 13 : Débits moyens mensuels historiques et suite à l'application des différents règlements en l/s (période 1973-2006)

	Historique	Règlement 1866	Projet 1994	Scénario 3b
J	1101	1077	1076	1054
F	1221	1195	1198	1210
M	1268	1237	1247	1278
A	1215	1251	1268	1320
M	1266	1271	1287	1346
J	989	979	1005	1023
J	805	785	804	805
A	695	711	701	698
S	658	684	662	630
O	786	825	796	743
N	941	965	949	871
D	1051	1081	1066	1042
Moyenne	1000	1005	1005	1002

Au vu des résultats du tableau ci-dessus, les commentaires suivants peuvent être formulés :

- Les débits moyens d'alimentation de la Fure au cours des mois de février, juillet et août résultant de l'application du scénario 3b sont équivalents aux débits historiques et déduits des règlements existants (écart de l'ordre de 1%) ;
- De mars à juin, les débits résultants du scénario 3b sont plus élevés que les débits historiques et ceux des règlements existants (jusqu'à +6%) ;
- De septembre à janvier, les débits résultants du scénario 3b sont inférieurs aux débits historiques et résultant des règlements existants (jusqu'à -8%) ;
- Les écarts des moyennes annuels (0.5 % au maximum), s'expliquant par la sensibilité des calculs mis en œuvre, peuvent être considérés comme négligeables.