



Barrage de Villeneuve Saint-Germain

MISSION DE MAÎTRISE D'ŒUVRE POUR LA RENOVATION DU BARRAGE

ETUDES PRELIMINAIRES

ANNEXE N°4 - ÉTUDE DE FRANCHISSEMENT PISCICOLE

EAU & ENVIRONNEMENT PARIS

21/37 rue de Stalingrad
Le Baudran - Bat B - 3^{ème} étage
94742 Arcueil cedex
Tel. : +33 01 41 24 24 56
Fax : +33 01 41 24 29 39

VNF

SOMMAIRE

1.	DONNEES DE CONCEPTION	1
1.1.	ENJEUX PISCICOLES	1
1.1.1.	Espèces holobiotiques (vivant exclusivement en eaux douces)	1
1.1.2.	Espèces amphibiotiques (vivant alternativement en eau douce et en eau salée)	4
1.1.2.1.	ANGUILLE	4
1.1.2.2.	AUTRES ESPECES	4
1.1.3.	Objectifs définis pour les ouvrages en aval	4
1.1.4.	Aspect réglementaire	4
1.2.	IMPLICATIONS SUR LES DISPOSITIFS	5
1.2.1.	Montaison	5
1.2.2.	Avalaison	5
1.3.	HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE DU FRANCHISSEMENT PISCICOLE	6
1.3.1.	Stations hydrométriques de référence	6
1.3.2.	Régime des débits	6
1.3.3.	Débits classés	6
1.3.4.	Niveaux	9
1.3.5.	Implications sur les dispositifs	12
1.4.	CARACTERISTIQUES DU BARRAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT	13
1.4.1.	Configuration générale	13
1.4.2.	Parcellaire	13
1.4.3.	Contraintes environnementales	13
1.4.4.	Implications sur les dispositifs	14
2.	ESQUISSES DES DISPOSITIFS PROPOSES	15
2.1.	PASSE A BASSINS SUCCESSIFS	15
2.1.1.	Caractéristiques générales	15
2.1.2.	Descriptif du dispositif	16
2.1.2.1.	CLOISONS ET BASSINS COURANT	16
2.1.2.2.	ENTREE DE LA PASSE	16
2.1.2.3.	SORTIE DE LA PASSE	17
2.1.3.	Simulations de fonctionnement	17
2.1.3.1.	METHODOLOGIE	17
2.1.3.2.	RESULTATS	19
2.1.3.3.	CONCLUSIONS	25
2.1.4.	Mise en œuvre	25
2.2.	RAMPE A MACRO-RUGOSITES	25
2.2.1.	Caractéristiques générales	25
2.2.2.	Descriptif du dispositif	26
2.2.2.1.	CARACTERISTIQUES DE LA RAMPE	27
2.2.2.2.	ENTREE DE LA PASSE	30
2.2.2.3.	SORTIE DE LA PASSE	30
2.2.2.4.	BASSIN DE REPOS	30
2.2.3.	Simulations de fonctionnement	30
2.2.3.1.	METHODOLOGIE	30
2.2.3.2.	PLAGE DE FONCTIONNEMENT ET TIRANT D'EAU	30
2.2.3.3.	DEBIT	30
2.2.3.4.	VITESSES	31
2.2.3.5.	PUISSANCE DISSIPÉE VOLUMIQUE	32
2.2.3.6.	CONCLUSIONS	32
2.2.4.	Mise en œuvre	33

1. DONNEES DE CONCEPTION

1.1. ENJEUX PISCICOLES

1.1.1. Espèces holobiotiques (vivant exclusivement en eaux douces)

L'évolution naturelle longitudinale des caractéristiques naturelles des cours d'eau et des biocénoses qui y sont associées a amené plusieurs auteurs à proposer, à partir de quelques paramètres, différents systèmes de zonation écologique, facilitant la compréhension et la comparaison des systèmes aquatiques (notamment HUET, 1949 - ILLIES et BOTOSANEANU, 1963).

VERNEAUX (1973) par l'intermédiaire d'un modèle mathématique (l'analyse factorielle des correspondances) définit ainsi 10 niveaux écologiques à partir de la répartition de 224 espèces de poissons (35 espèces), d'insectes à larves aquatiques (Plécoptères : 45 espèces, Trichoptères : 104 espèces, Ephéméroptères : 40 espèces) et de 25 paramètres abiotiques. Ces niveaux typologiques théoriques (NTT de B0 à B9) caractérisent des associations potentielles d'espèces aux affinités écologiques voisines.

Dans la zone de projet, l'Aisne appartiennent au niveau théorique B7 à B8 (groupement à barbeau, épipotamon à mésopotamon). Les poissons d'eaux vives, comme le barbeau fluviatile, la vandoise, le spirin, le goujon ou le chevesne occupent naturellement une place centrale (B7), avec marginalisation par rapport aux niveaux plus apicaux des espèces de la zone à truites se marginalise, tandis qu'apparaissent les poissons typiques des eaux plutôt lentes et chaudes, comme le brochet, le gardon, la perche, la bouvière ou l'ablette qui tendent ensuite (B8) à dominer le peuplement. Ce niveau typologique correspond à une diversité ichtyologique maximale.

La canalisation accentue le caractère lent et chaud et favorise donc les espèces associés aux milieux de type B8, voire B9 (groupement à Brème).

De nombreuses espèces d'eaux douces présentent des comportements de migration, qui ont été parfaitement mis en évidence par les dispositifs de suivi équipant des passes à poissons.

Certaines de ces espèces ont des besoins migratoires très stricts, les trois types de milieux indispensables pour l'accomplissement de leur cycle (reproduction, production de juvéniles et grossissement pour la production de géniteurs) étant différents. La truite de rivière (reproduction et juvéniles sur les têtes de bassin et affluents, individus plus âgés dans le cours d'eau de largeur plus importante offrant plus de ressources d'habitat et de nourriture), le brochet (reproduction dans les zones inondables – prairies notamment, d'où les juvéniles doivent rejoindre le cours d'eau avant assèchement), ou encore le barbeau fluviatile constituent des exemples caractéristiques à ce titre.

A ces besoins migratoires parfaitement identifiés pour certaines espèces, s'ajoute la problématique plus générale du décroisement des populations pour toutes les espèces présentes.

Barrage de Villeneuve Saint-Germain
Mission de maîtrise d'œuvre pour la rénovation du barrage

HUET (1946 - 1949) Cat. piscicole	ILLIES (1953 - 1963) Cat. biocénotique	VERNEAUX (1973, 1981)	
		Biocénotypes	Types de milieux
Domaine non piscicole	Eucrénon	B0	Secteurs non ou peu piscicoles
	(Mésocrénon)	B1	Sources et ruisselets en altitude
Groupement à Truite (<i>Salmo fario</i>)	Hypocrénon	B2	Ruisseaux issus de sources d'altitude ou de nappe en pré-montagne et en forêt - Emissaires de tourbières et marais en altitude - Petites émergences du karst en altitude
	Epirhitron	B3	Ruisseaux montagnards - Emissaires de lacs et tourbières d'altitude - Emergences du karst Ruisseaux issus de sources de nappe en plaine
	(Mésorhitron)	B4	Petites rivières froides
Groupement à Ombre (<i>Thymallus thymallus</i>)	Métarhitron	B5	Suite des cours d'eau précédents Rivières de pré-montagne
	Hyporhitron	B6	Partie inférieure des systèmes précédents Rivières fraîches
Groupement à Barbeau (<i>Barbus fluviatilis</i>)	Epipotamon	B7	Cours d'eau de plaine aux eaux plus chaudes Suite des systèmes précédents
	(Mésopotamon)	B8	Grands cours d'eau de plaine
Groupement à Brème (<i>Abramis brama</i>)	Métopotamon	B9	Parties latérales des grands cours d'eau de plaine (bras morts, noues) Grands cours d'eau lents et chauds
Estuaires	Hypopotamon	Estuaires	

Espèces repères			Niveau typologique							
			B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Chabot	CHA	<i>Cottus gobio</i>								
Truite de rivière	TRF	<i>Salmo trutta fario</i>								
Vairon	VAI	<i>Phoxinus phoxinus</i>								
Loche franche	LOF	<i>Nemacheilus barbatulus</i>								
Ombre commun	OBR	<i>Thymallus thymallus</i>								
Hotu	HOT	<i>Chondrostoma nasus</i>								
Barbeau fluviatile	BAF	<i>Barbus barbus</i>								
Spirin	SPI	<i>Alburnoides bipunctatus</i>								
Vandoise	VAN	<i>Leuciscus leuciscus</i>								
Lote	LOT	<i>Lota lota</i>								
Goujon	GOU	<i>Gobio gobio</i>								
Chevesne	CHE	<i>Leuciscus cephalus</i>								
Bouvière	BOU	<i>Rhodeus sericeus</i>								
Grémille	GRE	<i>Gymnocephalus cernua</i>								
Perche	PER	<i>Perca fluviatilis</i>								
Gardon	GAR	<i>Rutilus rutilus</i>								
Brochet	BRO	<i>Esox lucius</i>								
Perche soleil	PES	<i>Lepomis gibbosus</i>								
Carpe commune	CCO	<i>Cyprinus carpio</i>								
Ablette	ABL	<i>Alburnus alburnus</i>								
Sandre	SAN	<i>Stizostedion lucioperca</i>								
Tanche	TAN	<i>Tinca tinca</i>								
Rotengle	ROT	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>								
Brème bordelière	BRB	<i>Blicca bjoerkna</i>								
Brème	BRE	<i>Abramis brama</i>								
Poisson-chat	PCH	<i>Ictalurus melas</i>								
Black bass à grande bouche	BBG	<i>Micropterus salmoides</i>								

Espèces centrales, abondance optimale

Espèces intermédiaires, abondance moyenne

Espèces marginales, abondance faible

1.1.2. Espèces amphibiotes (vivant alternativement en eau douce et en eau salée)

1.1.2.1. Anguille

L'anguille est le seul « grand migrateur » vivant alternativement en eaux douces et en eaux salées actuellement encore présent dans l'Aisne.

Une raréfaction rapide et générale de l'anguille européenne est observée depuis 1980 environ dans l'ensemble de son aire de répartition, et l'espèce est considérée depuis 1998 comme « en dehors de ses limites biologiques ».

Les causes de la régression de l'espèce sont multiples : surpêche, notamment au stade alevin (civelles), obstacles à la montaison et mortalités à l'avalaison (turbines), sensibilité aux polluants (accumulation), parasitisme (*Anguillicola crassus*).

L'espèce fait l'objet du règlement (CE) N° 1100/2007 du conseil du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes.

L'espèce est considérée « en danger critique d'extinction » au niveau mondial et en France (liste rouge des espèces menacées en France, poissons d'eau douce de France métropolitaine, 2009).

L'anguille européenne a également été classée en 2008 en annexe II de la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.

1.1.2.2. Autres espèces

La qualité des eaux de l'estuaire de la Seine n'est plus limitante à la remontée des grands migrateurs depuis une dizaine d'années, et l'équipement en cours des barrages VNF de l'axe Seine – Oise – Aisne aval Villeneuve devrait permettre à nouveau la colonisation du bassin à moyen terme par les espèces qui en étaient disparues.

1.1.3. Objectifs définis pour les ouvrages en aval

Les six barrages de l'Aisne situés entre Villeneuve et la confluence avec l'Oise doivent être reconstruits dans le cadre d'un PPP.

Le programme performantiel fixe l'efficacité minimale pour les dispositifs de montaison devant équiper ces ouvrages à 90 % pour l'anguille, le brochet et l'aloise. Il indique par ailleurs que la conception des barrages puis leur exploitation doivent permettre l'avalaison de toutes les espèces sans risque de mortalité.

1.1.4. Aspect réglementaire

L'Aisne est inscrite au projet de classement en liste 2 au titre de l'art. L.241-17 du Code de l'Environnement.

Cette liste, actuellement en attente de publication, est celle des « cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux dans lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs. Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant ».

1.2. IMPLICATIONS SUR LES DISPOSITIFS

1.2.1. Montaison

Le barrage doit être équipé d'un dispositif de montaison « toutes espèces », ce qui ne peut être assuré que :

- soit par une passe à bassins successifs « toutes espèces » (jets de surface, faible dénivellation entre bassins, puissance dissipée volumique dans les bassins limitées, rugosités de fond),
- soit par une passe pseudo-naturelle adaptée à toutes les espèces, qui peut être du type rivière de contournement à très faible pente ou rampe à faible pente en enrochements ou macro-rugosités régulièrement répartis ou en rangées périodiques.

Parmi les espèces cibles, il convient de prendre en compte notamment les exigences particulières de l'anguille et de l'alose.

Pour l'anguille, la taille minimale des individus atteignant ce secteur de la Seine leur permet d'emprunter les dispositifs « toutes espèces », aussi bien de type pseudo-naturel (rivières de contournement ou rampes) que de type passes à bassins, sous réserve que le fond des bassins soit muni de rugosités (généralement pierres ou galets d'un diamètre de 0.10 à 0.40 m noyés à mi-hauteur dans le béton).

Les contraintes particulières vis-à-vis des aloses sont liées au comportement de l'espèce :

- dispositifs aussi larges que possible,
- vitesse en entrée de passe assez élevée,
- écoulements autant que possible en veines d'eau régulières à filets parallèles, en évitant tout à la fois les zones trop calmes (décrochements des parois par exemple) et a fortiori de recirculation, ainsi que les fortes turbulences qui constituent autant de risques de blocage de progression.

Le dispositif doit en outre être parfaitement fonctionnel en toutes saisons, et dans une très large gamme de débits, de manière à ce que la transparence du barrage soit assurée pendant au moins 90 % du temps.

1.2.2. Avalaison

Le barrage doit permettre l'avalaison de toutes les espèces sans risque de mortalité.

1.3. HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE DU FRANCHISSEMENT PISCICOLE

1.3.1. Stations hydrométriques de référence

Les débits au niveau du barrage peuvent être considérés comme équivalents à ceux de la station hydrométrique toute proche de Soissons, code H6501020.

Cette station, qui contrôle un bassin versant de 7350 km², est gérée par la DREAL Picardie. Elle a été mise en service en 1999, et la chronique des débits ne porte donc que sur 13 années.

Des séries de données complémentaires sont fournies par les stations plus éloignées de :

- Berry-au-Bac (totale), H6321010, 5230 km², 1967-1996,
- Trosly-Breuil, H6531011, 7940 km², 1991-2002.

1.3.2. Régime des débits

Le régime est de type pluvial, avec les basses eaux en fin de période estivale et les plus hautes eaux de janvier à mars.

Les débits sont assez contrastés, avec des débits moyens mensuels à Soissons variant de 22.3 m³/s en septembre à 111 m³/s en janvier.

1.3.3. Débits classés

La comparaison des courbes obtenues en 13 années à Soissons et l'extrapolation des données à plus long terme des stations de Berry-au-Bac et Trosly-Breuil ne montre pas différence significative, à l'exception de la gamme des plus faibles débits ($F < 0.10$), qui sont peu représentés dans la période disponible à Soissons

Les ordres de grandeur obtenus sont les suivants :

- Débit d'étiage habituel de l'ordre de 8 à 10 m³/s ($F = 0.10$, soit 36 jours par an en moyenne), pouvant toutefois chuter en dessous de 5 m³/s ($F = 0.001$, soit 4 jours par an en moyenne sur les données à long terme),
- Débit médian de 43. à 43.7 m³/s ($F = 0.50$),
- Débits caractéristiques de hautes eaux de 130 à 135 m³/s en fréquence 0.90 (36 jours par an en moyenne) et de 173 à 179 m³/s en fréquence 0.95 (18 jours par an en moyenne).

Barrage de Villeneuve Saint-Germain

Mission de maîtrise d'œuvre pour la rénovation du barrage

L'AISSNE à SOISSONS [LE MAIL (STATION US)]

Code station : H6501020

Bassin versant : 7350 km²

Producteur : DREAL Picardie

E-mail : Cyrille.Caffin@developpement-durable.gouv.fr

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1999 - 2012)

Calculées le 04/11/2012 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels)

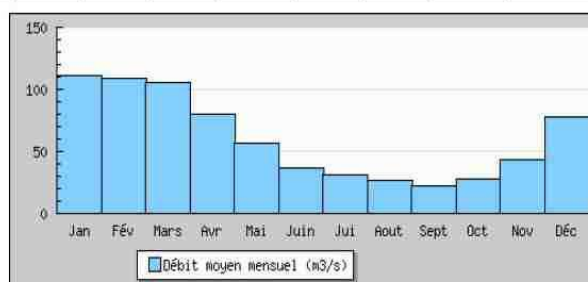
données calculées sur 14 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	111.0 #	109.0	106.0	80.40	56.70	37.20	30.80 #	26.30	22.30 #	27.30	43.20	78.00 !	60.50
Qsp (l/s/km2)	15.2 #	14.9	14.4	10.9	7.7	5.1	4.2 #	3.6	3.0 #	3.7	5.9	10.6 !	8.2
Lame d'eau (mm)	40 #	37	38	28	20	13	11 #	9	7 #	9	15	28 !	261

Qsp : débits spécifiques

Codes de validité :

- (espace) : valeur bonne
- ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
- # : valeur estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine



modules interannuels (loi de Gauss - octobre à septembre)

données calculées sur 14 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
60.50 [47.90;73.20]	débits (m3/s)	41.00 [23.00;53.00]	61.00 [48.00;79.00]	81.00 [68.00;98.00]

basses eaux (loi de Galton - janvier à décembre)

données calculées sur 14 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	15.00 [12.00;20.00]	16.00 [13.00;21.00]	19.00 [15.00;24.00]
quinquennale sèche	11.00 [7.700;13.00]	11.00 [8.300;14.00]	13.00 [9.500;16.00]

crues (loi de Gumbel - octobre à septembre)

données calculées sur 12 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	210.0 [180.0;240.0]	210.0 [180.0;250.0]
quinquennale	270.0 [240.0;340.0]	270.0 [240.0;350.0]
décennale	310.0 [270.0;410.0]	310.0 [270.0;420.0]
vicennale	350.0 [300.0;480.0]	350.0 [310.0;490.0]
cinquantennale	non calculé	[:]
centennale	non calculé	non calculé

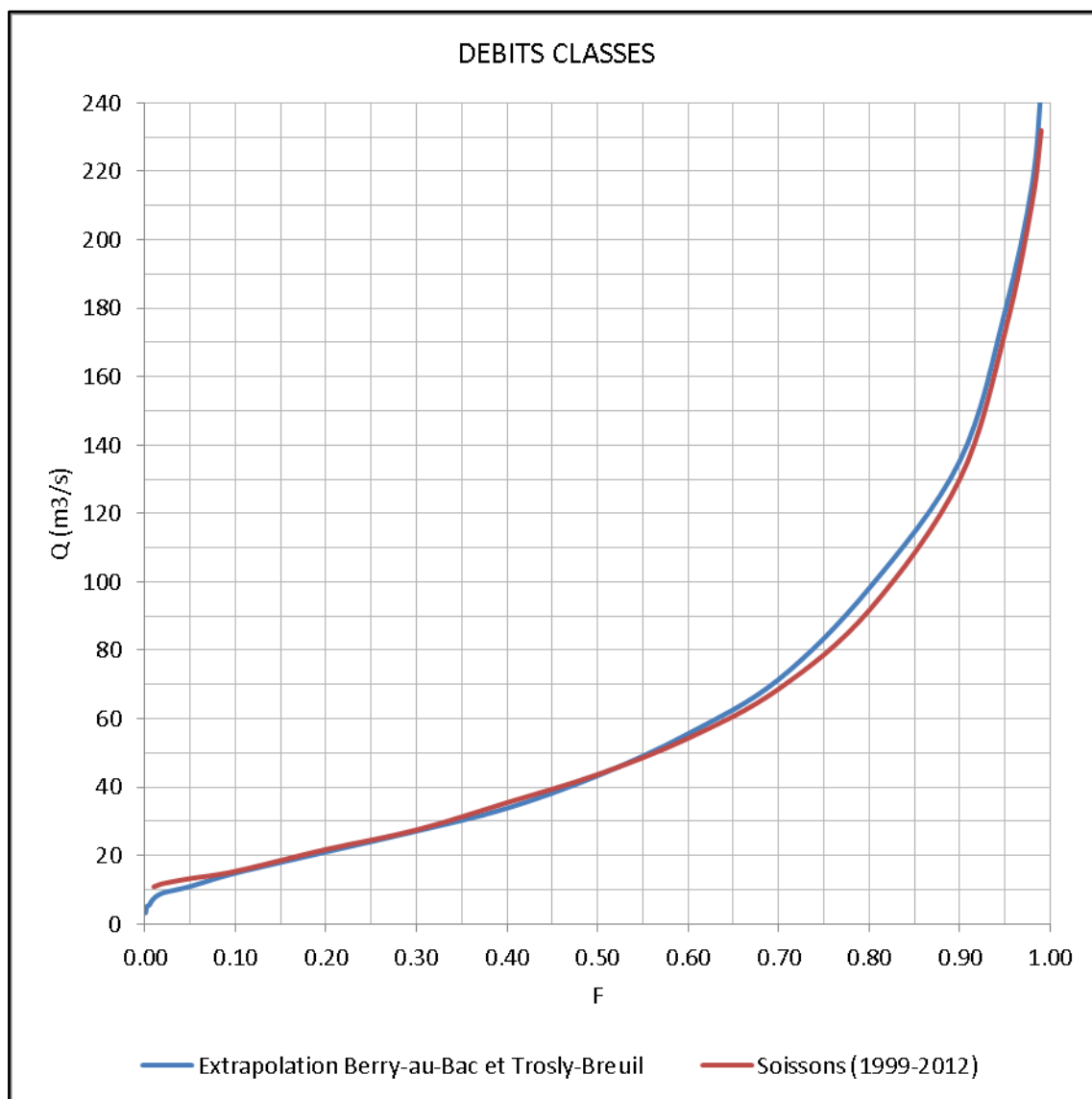
maximums connus (par la banque HYDRO)

hauteur maximale instantanée (mm)		
débit instantané maximal (m3/s)	379.0	27 mars 2001 17:08
débit journalier maximal (m3/s)	375.0	27 mars 2001

débits classés

données calculées sur 4736 jours

fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
débit (m3/s)	232.0	211.0	173.0	130.0	91.70	68.70	54.30	43.70	35.50	27.50	21.80	15.40	13.30	11.80	10.90



Les valeurs journalières récentes de débit seront obtenues à partir de la station de Soissons.

La courbe établie sur la base des séries plus longues à partir des stations de Berry-au-Bac et de Trosly-Breuil sera en revanche utilisée pour l'interprétation en débits classés, dans la mesure où elle est plus précise pour la gamme des débits les plus faibles ($F < 0.10$), tout en conduisant à des valeurs similaires à celle de Soissons pour les débits supérieurs ($F > 0.10$).

1.3.4. Niveaux

L'analyse des niveaux amont et aval est basée sur les valeurs journalières fournies par VNF, exploitées pour les deux années 2010 et 2011. Les données des années 1976 et 1993-1995 ont permis de vérifier la validité des résultats obtenus pour des années particulièrement sèches et humides.

L'analyse des niveaux aval montre que les cotes restent quasiment toujours comprises entre 39.40 et 39.65 pour tous les débits inférieurs à une fréquence 0.60 à 0.70, soit environ deux-tiers du temps.

Ce phénomène correspond à la tenue du bief par le barrage aval de Vauxrot, avec une pente quasi nulle jusqu'à une fréquence de 0.30 à 0.40, soit un tiers du temps. Au-delà, une légère pente hydraulique apparaît dans la boucle entre le barrage et la jonction avec la dérivation éclusée, qui se traduit par un léger relèvement des cotes les plus basses aux alentours de 39.50, mais ne modifie pas la limite haute de la plage des niveaux qui reste aux alentours de 39.65.

Au-delà des débits de fréquence 0.60 à 0.70, soit pendant un tiers du temps environ correspondant aux plus hautes eaux, le bief reprend une pente hydraulique et le niveau en aval du barrage de Villeneuve croît rapidement avec le débit de l'Aisne.

Le barrage de Vauxrot est actuellement un barrage manuel, dont les manœuvres ne peuvent être effectuées que par paliers, ce qui explique les cotes anormalement hautes ou basses qui peuvent parfois être observées, vraisemblablement lors des phases de variations brutales de débit.

Il soit être reconstruit et automatisé dans le cadre du PPP Aisne – Meuse, ce qui se traduira par une régulation plus fine et régulière du niveau. Les cotes de référence actuelles au barrage de Vauxrot sont de 39.35 pour CMin et 36.65 pour CMax, mais la plage de variation future sera plus faible. En revanche, le projet de contrat pour ce PPP mentionne que VNF pourra modifier les cotes de référence, dans une limite à fixer par les candidats, mais qui ne peut être inférieure à 0.10 m.

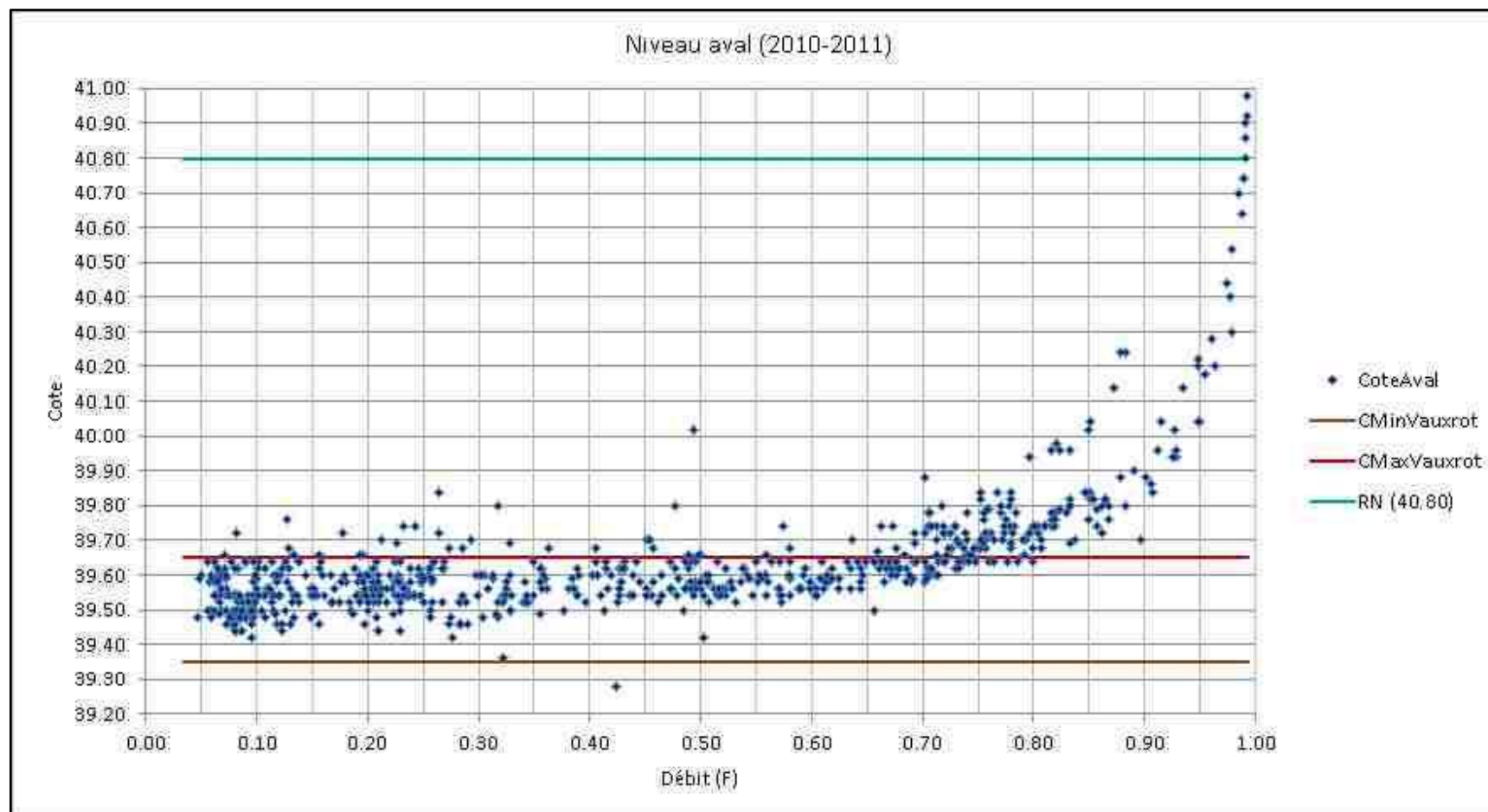
Compte tenu des contraintes importantes et du coût de surdimensionnement des ouvrages qu'entraîne cette clause, il est très improbable que des candidats s'engagent sur une possibilité de variation supérieure à ce minimum imposé.

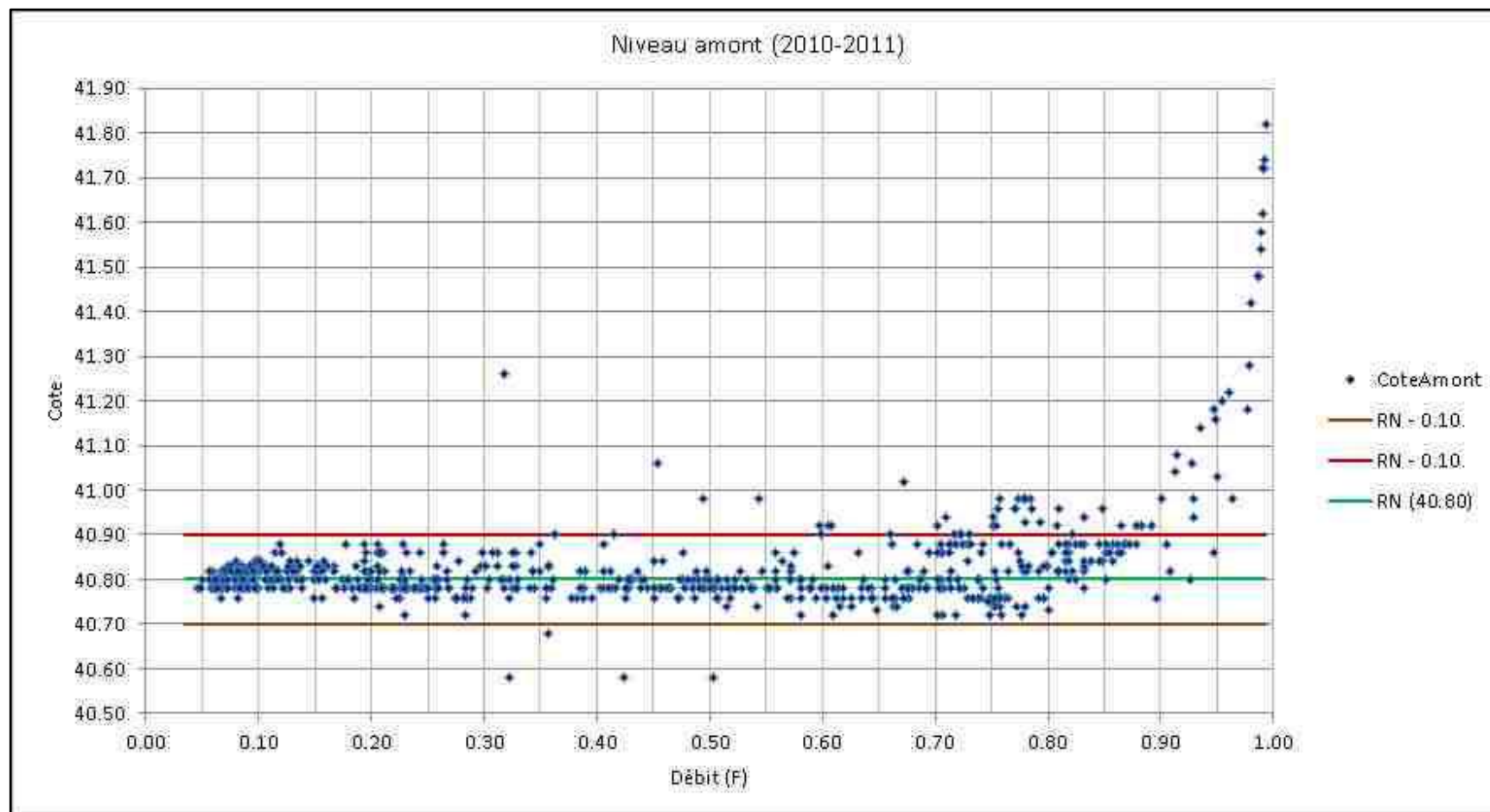
Il convient toutefois d'intégrer l'hypothèse d'une modification de la cote de retenue de Vauxrot, ce qui conduit à préconiser de retenir une cote minimale absolue en aval du barrage de 39.30, soit 0.10 m en dessous de la cote expérimentale actuellement observée, ce qui correspond aussi à la limite basse d'une plage de gestion de +/- 0.10 en cas d'abaissement du Cmax à Vauxrot de 0.10 m.

Pour les hautes eaux, la cote aval est déterminée quasi exclusivement par la pente hydraulique du bief, et ne sera donc pas modifiée par la reconstruction du barrage de Vauxrot.

Sur la base des valeurs expérimentales, l'ordre de grandeur des niveaux aval peut être estimé à :

- 39.80 pour le débit de fréquence 0.85,
- 39.90 pour le débit de fréquence 0.90,
- 41.10 pour le débit de fréquence 0.95.





1.3.5. Implications sur les dispositifs

Les débits classés permettent une première estimation des débits nécessaires en entrée de la passe de montaison.

L'ordre de grandeur du débit de calage est en effet couramment considéré comme devant représenter, vis-à-vis de l'attrait, de 1 % à 1.5 % des débits maxima en compétition.

Sur la base de 1 % des débits de fréquence 0.95 et 0.90, les valeurs ainsi obtenues sont de l'ordre de 1.3 à 1.7 m³/s.

Ces valeurs indicatives doivent toutefois être modulées en fonction de la courbe $C = f(Q)$ en aval du barrage (ennoisement) et du type de passe.

La retenue normale amont est de 40.80, avec un niveau en gestion courante compris entre 40.60 et 40.90.

La cote minimale absolue en aval retenue est 39.30 (soit 10 cm en dessous de la cote expérimentale actuelle) compte tenu des modifications pouvant intervenir dans la gestion du barrage de Vauxrot.

La chute maximale au barrage est donc de 40.90 – 39.30, soit 1.60 m.

Cette dénivellation s'inscrit dans la gamme courante de mise en œuvre des différents dispositifs de montaison identifiés comme possibles vis-à-vis des enjeux piscicoles (ouvrages « toutes espèces » de type bassins successifs ou pseudo-naturels).

En ordre de grandeur, l'emprise nécessaire aux différents types de dispositifs peut être estimé à :

- 100 m de longueur utile pour une rivière de contournement de 1.5 % de pente,
- 50 m de longueur utile pour une rampe à macro-rugosités de 3 % de pente,
- 25 m de longueur utile pour une passe à bassins de 6 % de pente.

L'avalaison peut par ailleurs s'effectuer sans problème par surverse sur les organes déversants du barrage, sous réserve d'un matelas d'eau suffisant en permanence au pied (étiage notamment) et de l'absence d'éléments susceptibles d'être heurtés par le poisson dans la zone de réception (enrochements, dispositifs de dissipation d'énergie, etc.)

Compte tenu de l'ennoisement du barrage à partir d'un débit de fréquence 0.60 à 0.70, le dispositif de montaison devra garder une bonne attractivité pour des cotes aval assez élevées.

1.4. CARACTERISTIQUES DU BARRAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT

1.4.1. Configuration générale

Le barrage actuel est un ouvrage en très forte surlargeur par rapport au lit amont et aval de l'Aisne, avec déversoir en chevron, ce qui permet de maximiser la capacité d'évacuation de l'ouvrage tout en reconcentrant les débits en aval.

Aval du barrage

Cette configuration génère deux conséquences vis-à-vis du comportement des poissons en aval :

- bien que générant en théorie un point de plus haute remontée à la pointe du chevron, celui-ci est peu significatif, la concentration recherchée des débits des deux passes en aval de ce point constituant une limite au-delà de laquelle la plupart des poissons ne remontent que difficilement.
- compte tenu de la forte surlargeur, les écoulements provenant des extrémités du barrage se trouvent rapidement « absorbés » par l'écoulement principal vers le centre lit

La position globale du barrage n'induit pas de rive significativement préférentielle pour la remontée des poissons en aval.

Il est supposé que les écoulements en aval du barrage pourront être répartis selon des règles de gestion des différentes bouchures en fonction des débits jusqu'à leur ouverture totale.

Amont du barrage

La forte surlargeur se traduit d'autre part en amont proche du barrage par des zones à très faibles vitesses, notamment en rive droite, qui constituent logiquement des zones de sédimentation.

1.4.2. Parcelaire

Au droit du barrage, les limites du domaine public fluvial se situent sensiblement au niveau des berges, sauf au niveau de la culée gauche, où le domaine public s'étend sur une douzaine de mètres de largeur au maximum, et sur une longueur d'une trentaine de mètres de part et d'autre de la culée.

VNF est uniquement propriétaire d'une bande de terrain d'environ 200 m de longueur et 20 m de largeur moyenne en rive droite au droit du barrage existant.

1.4.3. Contraintes environnementales

La rive droite s'inscrit dans un environnement typiquement industriel et fortement aménagé (protections, quais), où les enjeux environnementaux sont vraisemblablement extrêmement limités.

La rive gauche conserve au contraire un caractère assez naturel, avec une ripisylve continue sauf en amont immédiat de la culée du barrage.

1.4.4. Implications sur les dispositifs

Compte tenu des contraintes d'emprise et d'accès, la solution la plus favorable est une implantation du dispositif de montaison en rive droite au sein de la parcelle VNF, où les enjeux environnementaux sont aussi a priori les plus faibles. Le positionnement en berge est toujours préférable vis-à-vis des contraintes de maintenance et d'entretien.

L'attrait du dispositif devra être renforcé par une gestion adaptée des différentes bouchures du barrage en fonction des débits (écoulement préférentiel rive droite en basses eaux, et au contraire du côté opposé en fortes eaux).

Compte tenu de la surlargeur au droit du barrage, il sera nécessaire :

- Que l'entrée (aval) de la passe, vis-à-vis de son attractivité, soit correctement dégagée, ce qui implique une rectification de la berge en aval sur une longueur importante (reprise sur terrains de la parcelle VNF, puis éventuellement du domaine public),
- Que la sortie (amont) ne se situe pas dans la zones à faible vitesse en amont proche du barrage vis-à-vis de l'entraînement des flottants et de l'entretien de la grille éventuelle de protection.

Parmi les types de dispositifs envisageables, la solution d'une rivière de contournement, de par sa longueur et le contexte antropique (parties bétonnées obligeant de toute manière à des soutènements) est a priori donc peu pertinente.

Il semble préférable de s'orienter vers un ouvrage plus compact, de type passe à bassins ou rampe à macro-rugosités.

2. ESQUISSES DES DISPOSITIFS PROPOSES

L'analyse des données conception conduit à préconiser un dispositif toutes espèces, d'un débit indicatif de 1.3 à 1.7 m³/s, implanté en rive droite dans l'emprise de la parcelle VNF.

Deux grands types de dispositifs peuvent répondre à ces exigences :

- Une passe à bassins successifs,
- Une rampe à macro-rugosités.

2.1. PASSE A BASSINS SUCCESSIFS

2.1.1. Caractéristiques générales

Dans la gamme des débits nécessaires en entrée de passe (de l'ordre de 1.3 à 1.7 m³/s), le type « passe à fentes verticales » (PFV) s'impose comme le plus approprié et le plus performant parmi les diverses passes à bassins successifs pour assurer la montaison « toutes espèces ».

Le débit à transiter exige une fente assez large, ce qui correspond aussi aux exigences de certaines espèces cibles, notamment l'aloise.

La solution proposée est donc une passe une fente verticale, transitant la totalité du débit.



Passe à une fente verticale.

2.1.2. Descriptif du dispositif

A ce stade d'étude, le dispositif est envisagé essentiellement du point de vue fonctionnel, et l'étude devra ultérieurement être complétée, notamment en ce qui concerne les aménagements complémentaires liés aux aspects accès et sécurité, ainsi que suivi éventuel d'efficacité.

2.1.2.1. Cloisons et bassins courant

La passe comporte 6 cloisons (hors entrée) à une fente de 0.45 m de largeur.

Les dimensions des bassins intègrent les résultats des recherches les plus récentes quant au passage notamment des petites espèces (WANG et al.; 2010).

AISNE	VILLENEUVE		
Fente	Bassins courants		
Largeur	Surface	Largeur	Longueur entre-axes
0.45	11.64	3.30	3.70
Ratio / largeur fente		7.3	8.2

Les fentes comportent une pelle de 0.10 m, et le fond des bassins est muni de rugosités facilitant le passage des espèces de fond, notamment des anguilles.

Les caractéristiques altimétriques des cloisons et des bassins sont résumées dans le tableau suivant.

AISNE	VILLENEUVE		ALTIMETRIE		
	Cote pelle	Arase cloison	Bassin aval cloison		
Cloison	fentes	(>=)	Cote amont	Cote aval	Cote moyenne
Sortie			38.65		
1	38.75	41.20	38.65	38.43	38.54
2	38.53	41.04	38.43	38.21	38.32
3	38.31	40.90	38.21	37.99	38.10
4	38.09	40.76	37.99	37.77	37.88
5	37.87	40.63	37.77	37.55	37.66
6	37.65	40.51	37.55		
7	Entrée	40.40			

2.1.2.2. Entrée de la passe

Le radier du bassin d'entrée est à la cote 37.55.

L'échancrure d'entrée a une largeur de 1.50 mètres pour une cote d'arase de 38.63. Elle est équipée d'une vanne effaçable de 0.66 m de hauteur.

AISNE	VILLENEUVE			ENTREE		
Cote	Largeur	Hauteur	Nombre	Hauteur	Réserve	Cote
échancrure	échancrure	Vanne	vantaux	vantail	fond	fond
38.63	1.50	0.66	1	0.66	0.42	37.55

En aval de cette vanne, des rainures permettent l'isolement de la passe du bief aval par les éléments de batardage de 1.50 m d'ouverture.

2.1.2.3. Sortie de la passe

Le radier du bassin de sortie est à la cote 38.65.

La sortie est équipée d'une vanne d'entrée et, en amont de cette vanne, d'une grille de 0.30 m d'entrefer de 3.30 m de largeur. La grille est disposée dans des rainures permettant, en tant que besoin, son remplacement par des éléments de batardage.

La sortie est protégée des flottants par un déflecteur de surface.

2.1.3. Simulations de fonctionnement

2.1.3.1. Méthodologie

Calculs

Les simulations sont effectuées par itérations successives sur la base des formules suivantes.

Dans les fentes, le débit est estimé par :

$$Q = C \cdot l \cdot h_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_1 - h_2)}$$

avec

l = largeur de la fente

h_1 = charge amont sur la fente

h_2 = charge aval sur la fente

Coefficient de débit C estimé à 0.775, d'après notamment WANG et al (2010) et LARINIER (comm. pers.) pour des ouvrages similaires à celui envisagé.

Dans les échancrures d'entrée, le débit est estimé par :

$$Q = C \cdot l \cdot h_1 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \cdot \left[1 - \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^n \right]^{0.385}$$

avec

l = largeur de l'échancrure

h_1 = charge amont sur l'échancrure

h_2 = charge aval sur l'échancrure

Coefficient de débit C estimé à 0.40 (d'après formule de Kindsvater et Carter)

Coefficient de Villemonte n estimé à 1.50 (déversoir rectangulaire avec contraction latérale)

Niveaux testés

Les simulations sont effectuées pour les niveaux suivants en aval :

- 39.30,
- 39.50,
- 39.70,
- 39.80,
- 39.90.

Les trois premiers niveaux correspondent aux cotes possibles de tenue du bief par le barrage de Vauxrot, soit la situation observée pendant environ deux tiers du temps. La cote de 39.50 correspond à la cote moyenne de retenue actuelle, tandis que les cotes 39.30 et 39.70 correspondent aux valeurs extrêmes susceptibles d'être atteintes, compte tenu d'un marnage de +/- 0.10 et d'une éventuelle modification des cotes de référence de 0.10.

Les cotes 39.80 et 39.90 correspondent aux plus hautes eaux, pour les débits respectivement de fréquence 0.85 et 0.90 environ.

Pour chacun de ces niveaux aval, le fonctionnement est testé pour des cotes amont de :

- 40.80 (cote moyenne),
- 40.90 (cote moyenne + 0.10),
- 40.70 (cote moyenne - 0.10).

Asservissement de la vanne d'entrée

Les simulations sont effectuées sur la base de la loi d'asservissement suivante.

Loi d'asservissement	
Cote aval	Cote entrée
< 39.30	38.63
39.30 à 39.90	$38.63 + ((\text{aval} - 39.30) * 1.10)$
>= 39.90	39.29

Le principe d'un asservissement uniquement sur la cote aval permet, connaissant les cotes aval et amont du barrage, de déterminer si la cote mesurée dans le bassin d'entrée est cohérente ou non. Hormis l'hypothèse d'une défectuosité des sondes de niveaux, toute incohérence traduit un dysfonctionnement manifeste de la passe, soit liée à l'asservissement de la vanne d'entrée, soit à l'obstruction d'une fente et/ou de la grille d'entrée réduisant le débit effectif dans la passe.

Cette stratégie d'instrumentation et d'asservissement permet donc de détecter les deux principales causes pouvant être à l'origine d'un dysfonctionnement.

2.1.3.2. Résultats

Cote aval minimale absolue 39.30 (étiage avec abaissement de la cote de retenue à Vauxrot)

La simulation effectuée dans les conditions de dénivellation maximale, pour un niveau amont de 40.90 (RN + 0.10) et un niveau aval de 39.30 (cote minimale actuelle -0.10), montre que :

- La dénivellation entre les bassins atteint au plus 0.24 m,
- La puissance dissipée volumique reste inférieure à 150 W/m³.

Même dans ces conditions extrêmes, la passe respecte largement les conditions habituellement retenues sur les cours d'eau français vis-à-vis du franchissement « toutes espèces ».

Pour la cote de retenue amont moyenne (40.80) les maxima observés sont de 0.22 m et 135 W/m³, et la passe présente donc des conditions de franchissement « confortables ».

Les conditions en entrée sont quasiment optimales, tant en ce qui concerne l'attrait que la franchissabilité de l'échancrure :

- Dénivellation de 0.20 m à 0.24 m au plus, avec 0.22 m pour le niveau amont moyen,
- Charges aval et amont respectivement de 0.75 m et 0.90 m environ soit un rapport de l'ordre de 0.75 (jet de surface parfaitement stable et tirant d'eau sur l'échancrure très « confortable »),
- Vitesse du jet voisine de 2 m/s,
- Débit de 1.4 à 1.6 m³/s environ, soit de l'ordre de 10 % de l'étiage habituel ($F = 0.10$) et encore 3.5 % du débit médian ($F = 0.50$).

Cotes aval de 39.50 et 39.70 (basses à moyennes eaux)

Ces conditions sont celles susceptibles d'être le plus fréquemment rencontrées, le niveau aval restant sous l'influence du barrage de Vauxrot pendant environ deux tiers du temps.

En fonction des cotes amont et aval, les valeurs caractéristiques sont :

- de 0.16 à 0.20 m pour la dénivellation maximale entre bassins,
- de 85 à 125 W/m³ pour la puissance dissipée volumique maximale dans les bassins,
- de 0.17 à 0.23 m pour la dénivellation en entrée, soit une vitesse toujours proche de 2 m/s,
- toujours plus de 0.60 pour le rapport des charges au niveau de l'échancrure d'entrée (jet de surface stable),
- de 1.2 à 1.5 m³/s pour le débit.

Ces conditions permettent un franchissement confortable toutes espèces et assurent un attrait optimal au dispositif.

Cotes aval de 39.80 et 39.90 (hautes eaux)

Dans ces conditions de hautes eaux, les dénivellations entre bassins et les puissances dissipées volumiques deviennent faible. La problématique est que le dispositif garde un attrait suffisant.

Pour une cote aval de 39.80, correspondant au débit de fréquence 0.85, soit 116 m³/s :

- la dénivellation en entrée est de 0.16 à 0.21 m, soit des vitesses de 1.8 à plus de 2 m/s,

- le débit de la passe est de 1.2 à 1.4 m³/s environ, soit plus de 1 % du débit total.

Pour une cote aval de 39.90, correspondant au débit de fréquence 0.90, soit 135 m³/s :

- la dénivellation en entrée reste de 0.16 à 0.21 m, soit des vitesses de 1.8 à plus de 2 m/s,
- le débit de la passe est de 1.1 à 1.3 m³/s environ, soit encore près de 1 % du débit total.

L'attractivité reste donc encore satisfaisante jusqu'au débit de fréquence 0.90 environ, avec une dénivellation résiduelle de 0.90 m par rapport à la cote moyenne amont.

Au-delà de cette fréquence, la cote aval croît rapidement, mais la cote amont commence également à dépasser sa plage de régulation habituelle.

La passe peut donc encore garder un attrait sensible tant que la dénivellation reste assez proche de 0.80 m, avec un débit de l'ordre de 1 m³/s, mais son fonctionnement ne peut plus être valablement prévu.

Barrage de Villeneuve Saint-Germain

Mission de maîtrise d'œuvre pour la rénovation du barrage

AISNE_VILL					Simul	1 - 1	Amont	40.80	Aval	39.30	Entrée	38.63
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.80	40.58	0.22	2.05	1.83	0.89	2.06	1.473	3125	2.04	23.07	135
2	40.58	40.37	0.22	2.05	1.84	0.90	2.06	1.473	3114	2.05	23.12	135
3	40.37	40.15	0.21	2.06	1.84	0.90	2.05	1.473	3100	2.05	23.19	134
4	40.15	39.94	0.21	2.06	1.85	0.90	2.05	1.473	3084	2.06	23.26	133
5	39.94	39.73	0.21	2.07	1.86	0.90	2.04	1.473	3065	2.07	23.35	131
6	39.73	39.52	0.21	2.08	1.87	0.90	2.03	1.473	3041	1.97	26.15	116
7	39.52	39.30	0.22	0.89	0.67	0.76	2.06	1.473	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	1 - 2	Amont	40.90	Aval	39.30	Entrée	38.63
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.90	40.68	0.22	2.15	1.93	0.90	2.10	1.572	3452	2.14	24.12	143
2	40.68	40.45	0.22	2.15	1.92	0.90	2.10	1.572	3464	2.13	24.06	144
3	40.45	40.23	0.23	2.14	1.92	0.89	2.10	1.572	3479	2.13	24.00	145
4	40.23	40.00	0.23	2.14	1.91	0.89	2.11	1.572	3498	2.12	23.92	146
5	40.00	39.77	0.23	2.13	1.90	0.89	2.12	1.572	3521	2.11	23.83	148
6	39.77	39.54	0.23	2.12	1.89	0.89	2.13	1.572	3549	1.99	26.45	134
7	39.54	39.30	0.24	0.91	0.67	0.74	2.17	1.572	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	1 - 3	Amont	40.70	Aval	39.30	Entrée	38.63
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.70	40.49	0.21	1.95	1.74	0.89	2.02	1.376	2815	1.95	22.03	128
2	40.49	40.29	0.21	1.96	1.76	0.89	2.01	1.376	2783	1.97	22.19	125
3	40.29	40.08	0.20	1.98	1.77	0.90	2.00	1.376	2744	1.98	22.38	123
4	40.08	39.88	0.20	1.99	1.79	0.90	1.98	1.376	2698	2.00	22.60	119
5	39.88	39.69	0.20	2.01	1.82	0.90	1.96	1.376	2644	2.03	22.87	116
6	39.69	39.49	0.19	2.04	1.84	0.91	1.94	1.376	2582	1.94	25.85	100
7	39.49	39.30	0.20	0.86	0.67	0.77	1.96	1.376	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	2 - 1	Amont	40.80	Aval	39.50	Entrée	38.85
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.80	40.60	0.20	2.05	1.85	0.90	1.96	1.400	2686	2.06	23.31	115
2	40.60	40.41	0.19	2.07	1.88	0.91	1.94	1.400	2623	2.09	23.64	111
3	40.41	40.23	0.19	2.10	1.92	0.91	1.91	1.400	2551	2.13	24.02	106
4	40.23	40.05	0.18	2.14	1.96	0.92	1.88	1.400	2470	2.17	24.48	101
5	40.05	39.87	0.17	2.18	2.00	0.92	1.84	1.400	2380	2.21	25.01	95
6	39.87	39.71	0.17	2.22	2.06	0.93	1.80	1.400	2281	2.16	28.69	79
7	39.71	39.50	0.21	0.86	0.65	0.76	2.03	1.400	Bief aval			

Barrage de Villeneuve Saint-Germain

Mission de maîtrise d'œuvre pour la rénovation du barrage

AISNE_VILL					Simul	2 - 2	Amont	40.90	Aval	39.50	Entrée	38.85
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.90	40.70	0.20	2.15	1.95	0.91	2.00	1.500	3000	2.16	24.34	123
2	40.70	40.50	0.20	2.17	1.97	0.91	1.99	1.500	2955	2.18	24.56	120
3	40.50	40.30	0.20	2.19	1.99	0.91	1.97	1.500	2904	2.20	24.81	117
4	40.30	40.10	0.19	2.21	2.01	0.91	1.95	1.500	2845	2.22	25.11	113
5	40.10	39.92	0.19	2.23	2.05	0.92	1.92	1.500	2777	2.26	25.47	109
6	39.92	39.73	0.18	2.27	2.08	0.92	1.90	1.500	2701	2.18	29.00	93
7	39.73	39.50	0.23	0.88	0.65	0.74	2.14	1.500	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	2 - 3	Amont	40.70	Aval	39.50	Entrée	38.85
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.70	40.51	0.19	1.95	1.76	0.90	1.91	1.302	2387	1.97	22.28	107
2	40.51	40.33	0.18	1.98	1.80	0.91	1.88	1.302	2308	2.01	22.72	102
3	40.33	40.16	0.17	2.02	1.85	0.91	1.85	1.302	2219	2.06	23.24	95
4	40.16	39.99	0.17	2.07	1.90	0.92	1.80	1.302	2120	2.11	23.85	89
5	39.99	39.84	0.16	2.12	1.97	0.93	1.76	1.302	2014	2.18	24.56	82
6	39.84	39.69	0.15	2.19	2.04	0.93	1.71	1.302	1901	2.14	28.39	67
7	39.69	39.50	0.19	0.84	0.65	0.78	1.91	1.302	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	3 - 1	Amont	40.80	Aval	39.70	Entrée	39.07
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.80	40.63	0.17	2.05	1.88	0.92	1.84	1.312	2210	2.09	23.58	94
2	40.63	40.46	0.16	2.10	1.93	0.92	1.79	1.312	2109	2.14	24.21	87
3	40.46	40.31	0.16	2.15	2.00	0.93	1.75	1.312	2001	2.21	24.94	80
4	40.31	40.16	0.15	2.22	2.07	0.93	1.70	1.312	1886	2.28	25.77	73
5	40.16	40.03	0.14	2.29	2.16	0.94	1.64	1.312	1767	2.37	26.70	66
6	40.03	39.90	0.13	2.38	2.25	0.95	1.58	1.312	1646	2.35	31.20	53
7	39.90	39.70	0.20	0.83	0.63	0.76	1.96	1.312	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	3 - 2	Amont	40.90	Aval	39.70	Entrée	39.07
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.90	40.72	0.18	2.15	1.97	0.92	1.88	1.413	2509	2.18	24.60	102
2	40.72	40.54	0.17	2.19	2.01	0.92	1.85	1.413	2421	2.22	25.11	96
3	40.54	40.38	0.17	2.23	2.07	0.92	1.81	1.413	2323	2.28	25.70	90
4	40.38	40.22	0.16	2.29	2.13	0.93	1.77	1.413	2218	2.34	26.38	84
5	40.22	40.06	0.15	2.35	2.19	0.94	1.73	1.413	2106	2.40	27.15	78
6	40.06	39.92	0.14	2.41	2.27	0.94	1.68	1.413	1989	2.37	31.52	63
7	39.92	39.70	0.22	0.85	0.63	0.74	2.08	1.413	Bief aval			

Barrage de Villeneuve Saint-Germain

Mission de maîtrise d'œuvre pour la rénovation du barrage

AISNE_VILL					Simul	3 - 3	Amont	40.70	Aval	39.70	Entrée	39.07
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.70	40.54	0.16	1.95	1.79	0.92	1.78	1.212	1926	2.00	22.56	85
2	40.54	40.39	0.15	2.01	1.86	0.92	1.73	1.212	1817	2.07	23.32	78
3	40.39	40.24	0.14	2.08	1.93	0.93	1.68	1.212	1701	2.14	24.19	70
4	40.24	40.11	0.13	2.15	2.02	0.94	1.62	1.212	1581	2.23	25.17	63
5	40.11	39.99	0.12	2.24	2.12	0.95	1.55	1.212	1461	2.33	26.27	56
6	39.99	39.87	0.11	2.34	2.22	0.95	1.49	1.212	1342	2.32	30.88	43
7	39.87	39.70	0.17	0.80	0.63	0.78	1.84	1.212	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	4 - 1	Amont	40.80	Aval	39.80	Entrée	39.18
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.80	40.64	0.16	2.05	1.89	0.92	1.77	1.262	1966	2.10	23.72	83
2	40.64	40.49	0.15	2.11	1.96	0.93	1.71	1.262	1854	2.17	24.52	76
3	40.49	40.35	0.14	2.18	2.04	0.94	1.66	1.262	1736	2.25	25.42	68
4	40.35	40.22	0.13	2.26	2.13	0.94	1.60	1.262	1616	2.34	26.43	61
5	40.22	40.10	0.12	2.35	2.23	0.95	1.54	1.262	1495	2.44	27.55	54
6	40.10	39.99	0.11	2.45	2.34	0.95	1.48	1.262	1376	2.44	32.41	42
7	39.99	39.80	0.19	0.81	0.62	0.77	1.93	1.262	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	4 - 2	Amont	40.90	Aval	39.80	Entrée	39.18
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.90	40.73	0.17	2.15	1.98	0.92	1.82	1.364	2256	2.19	24.74	91
2	40.73	40.57	0.16	2.20	2.04	0.93	1.78	1.364	2152	2.25	25.41	85
3	40.57	40.42	0.15	2.26	2.11	0.93	1.73	1.364	2040	2.32	26.17	78
4	40.42	40.27	0.14	2.33	2.18	0.94	1.68	1.364	1924	2.39	27.03	71
5	40.27	40.14	0.13	2.40	2.27	0.94	1.63	1.364	1804	2.48	27.99	64
6	40.14	40.01	0.13	2.49	2.36	0.95	1.57	1.364	1683	2.46	32.74	51
7	40.01	39.80	0.21	0.83	0.62	0.74	2.05	1.364	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	4 - 3	Amont	40.70	Aval	39.80	Entrée	39.18
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.70	40.55	0.15	1.95	1.80	0.92	1.71	1.160	1689	2.01	22.71	74
2	40.55	40.41	0.14	2.02	1.88	0.93	1.65	1.160	1571	2.09	23.64	66
3	40.41	40.29	0.13	2.10	1.98	0.94	1.58	1.160	1451	2.19	24.68	59
4	40.29	40.17	0.12	2.20	2.08	0.95	1.52	1.160	1332	2.29	25.84	52
5	40.17	40.06	0.11	2.30	2.19	0.95	1.45	1.160	1215	2.40	27.12	45
6	40.06	39.97	0.10	2.41	2.32	0.96	1.38	1.160	1104	2.42	32.10	34
7	39.97	39.80	0.16	0.79	0.62	0.79	1.80	1.160	Bief aval			

Barrage de Villeneuve Saint-Germain
Mission de maîtrise d'œuvre pour la rénovation du barrage

AISNE_VILL					Simul	5 - 1	Amont	40.80	Aval	39.90	Entrée	39.29
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.80	40.66	0.14	2.05	1.91	0.93	1.69	1.206	1715	2.12	23.88	72
2	40.66	40.52	0.13	2.13	1.99	0.94	1.63	1.206	1596	2.20	24.84	64
3	40.52	40.40	0.12	2.21	2.09	0.94	1.56	1.206	1475	2.30	25.92	57
4	40.40	40.28	0.11	2.31	2.19	0.95	1.50	1.206	1356	2.40	27.10	50
5	40.28	40.18	0.10	2.41	2.31	0.96	1.43	1.206	1240	2.52	28.41	44
6	40.18	40.08	0.10	2.53	2.43	0.96	1.37	1.206	1129	2.53	33.63	34
7	40.08	39.90	0.18	0.79	0.61	0.77	1.88	1.206	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	5 - 2	Amont	40.90	Aval	39.90	Entrée	39.29
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.90	40.74	0.16	2.15	1.99	0.93	1.75	1.310	1998	2.20	24.89	80
2	40.74	40.60	0.15	2.21	2.07	0.93	1.70	1.310	1884	2.28	25.72	73
3	40.60	40.46	0.14	2.29	2.15	0.94	1.64	1.310	1765	2.36	26.65	66
4	40.46	40.33	0.13	2.37	2.24	0.95	1.58	1.310	1644	2.45	27.69	59
5	40.33	40.21	0.12	2.46	2.34	0.95	1.53	1.310	1523	2.55	28.84	53
6	40.21	40.10	0.11	2.56	2.45	0.96	1.46	1.310	1405	2.55	33.95	41
7	40.10	39.90	0.21	0.81	0.61	0.75	2.01	1.310	Bief aval			

AISNE_VILL					Simul	5 - 3	Amont	40.70	Aval	39.90	Entrée	39.29
Cloison	Amont	Aval	Déniv	Ch amont	Ch aval	Rapp ch	Vitesse	Débit	Puiss	TirEau	Volume	PDV
1	40.70	40.57	0.13	1.95	1.82	0.93	1.62	1.103	1452	2.03	22.87	63
2	40.57	40.44	0.12	2.04	1.91	0.94	1.55	1.103	1332	2.12	23.97	56
3	40.44	40.33	0.11	2.13	2.02	0.95	1.48	1.103	1213	2.23	25.18	48
4	40.33	40.23	0.10	2.24	2.14	0.95	1.41	1.103	1099	2.35	26.52	41
5	40.23	40.14	0.09	2.36	2.27	0.96	1.34	1.103	992	2.48	27.97	35
6	40.14	40.06	0.08	2.49	2.41	0.97	1.27	1.103	892	2.51	33.29	27
7	40.06	39.90	0.16	0.77	0.61	0.80	1.75	1.103	Bief aval			

2.1.3.3. Conclusions

La passe présente des conditions « confortables » pour le franchissement toutes espèces et un attrait satisfaisant dans toute la gamme des débits correspondant à des niveaux aval compris entre 39.30 et 39.90, soit du niveau minimal absolu (y compris dans l'hypothèse d'un abaissement de la cote de gestion de 10 cm à Vauxrot) jusqu'au débit de fréquence 0.90 environ.

2.1.4. Mise en œuvre

Les possibilités de mise en œuvre sont illustrées pour chaque scénario sur le cahier de plan joint en annexe du rapport d'étude. Ces esquisses devront être affinées en fonction des bouchures retenues et des conditions hydrodynamiques en résultant, aussi bien en ce qui concerne l'entrée (attractivité) que la sortie (limitation de l'aspiration des flottants et facilité de nettoyage de la grille impliquant un courant tangentiel significatif).

2.2. RAMPE A MACRO-RUGOSITES

2.2.1. Caractéristiques générales

Les rampes à macro-rugosités constituent un compromis en termes d'emprise entre les rivières de contournement au sens strict et les ouvrages compacts de type passes à bassins.

Bien qu'encore peu utilisée en France, sont très courantes dans d'autres pays, comme les Etats-Unis ou l'Australie. Elles peuvent être installées tout aussi bien :

- comme « rivière de contournement »,
- sur une partie seulement de la largeur d'un obstacle,
- sur toute la largeur d'un obstacle.

Deux types peuvent être distingués, en fonction de la manière dont l'énergie est dissipée :

- dans des pseudo-bassins formés par des enrochements disposés en rangées périodiques,
- par des enrochements ou blocs régulièrement répartis sur un lit rugueux.

En fonction des contraintes locales, leur mise en œuvre peut être déclinée sous forme d'un aménagement à très forte naturalité et/ou essentiellement technique.

Pour autant que ces dispositifs aient jusqu'alors été essentiellement conçus sur des bases empiriques, les essais hydrauliques désormais réalisés ont permis d'établir les formules hydrauliques applicables aux enrochements régulièrement répartis et en rangées périodiques (LARINIER et al., 2006).

La comparaison de ces différentes solutions dans le cadre des études de modernisation des barrages de l'Yonne (étude réalisée pour VNF par ARTELIA et P.PARIS, 2011) a montré que la solution de blocs béton régulièrement répartis constituait le dispositif le plus adapté aux ouvrages de navigation, dans des gammes de débits et de dénivellations comparables à celles du barrage de Beaulieu.

Cette technique permet notamment un écartement maximal des blocs, ce qui la rend beaucoup moins sujette au blocage des flottants et embâcles divers que tous les autres dispositifs de montaison.

Ce point est particulièrement important dans le cas d'un ouvrage isolé, dont la surveillance quotidienne doit s'effectuer depuis un local de commande déporté.

La solution proposée est donc une rampe à macro-rugosité (RMR) basée sur des blocs bétons régulièrement répartis.



Rampe à macro-rugosités (RMR), blocs béton régulièrement répartis

2.2.2. Descriptif du dispositif

L'esquisse repose sur l'hypothèse d'un niveau aval minimal absolu de 58.60, sans connaissance de la courbe aval $C=f(Q)$.

En tant que besoin, ce pré dimensionnement devra donc être affiné ultérieurement sur la base des valeurs expérimentales issues des relevés réguliers des niveaux à effectuer par VNF.

A ce stade d'étude, le dispositif est envisagé essentiellement du point de vue fonctionnel, et l'étude devra ultérieurement être complétée, notamment en ce qui concerne les aménagements complémentaires liés aux aspects accès et sécurité ainsi qu'au suivi éventuel d'efficacité.

2.2.2.1. Caractéristiques de la rampe

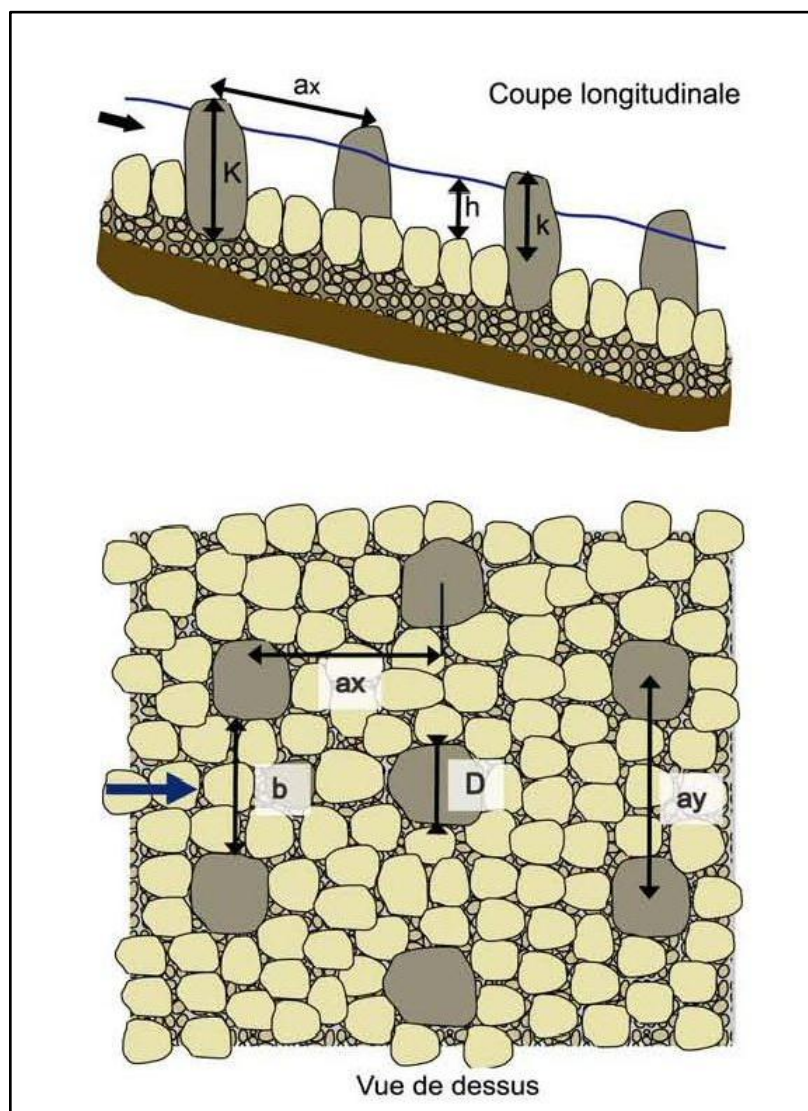
Caractéristiques générales :

- Largeur : 3.30 m
- Blocs : 0.40 m (face amont) x 0.20 m (face aval) x 0.30 (épaisseur) x 0.90 m (hauteur utile),
- Mode d'arrangement : rangées alternées de trois et de deux blocs en quinconce,
- Espace libre entre les faces amont des blocs : 1.05 m
- Pente : 0.05 m entre deux rangées distantes de 1.65 m, soit 3.03 %
- Coursier petits en enrochements (très forte rugosité),
- Un bassin de repos intermédiaire entre deux volées de 23 et 9 rangées de blocs.

Valeurs caractéristiques des paramètres, notation selon LARINIER et al., 2006 :

- $a_x = 1.65$ m (espacement longitudinal entre blocs, d'axe à axe)
- $a_y = 1.45$ m (espacement latéral entre blocs, d'axe à axe)
- $b = 1.05$ m (largeur de passage libre entre les blocs)
- $D = 0.40$ m (largeur face à l'écoulement des blocs)
- $k = 0.90$ m (hauteur utile des blocs)
- $C = 0.067$ (concentration des blocs = $D^2/(a_x * a_y)$)
- $I = 0.0306$ (pente du coursier)

Le calage altimétrique est détaillé dans le tableau suivant.



RMR, schéma de principe et notations (d'après LARINIER et al., 2006).

Barrage de Villeneuve Saint-Germain

Mission de maîtrise d'œuvre pour la rénovation du barrage

AISNE	VILLENEUVE				Delta max
Rang	Zcoursier	BR	Distance	DZCoursier	entre BR
Bassin de sortie	39.10				
1	40.00		0	0.00	
2	39.95		1.65	-0.05	
3	39.90		3.30	-0.10	
4	39.85		4.95	-0.15	
5	39.80		6.60	-0.20	
6	39.75		8.25	-0.25	
7	39.70		9.90	-0.30	
8	39.65		11.55	-0.35	
9	39.60		13.20	-0.40	0.40
Bassin de repos	38.70	3.30			
10	39.60		16.50	-0.40	
11	39.55		18.15	-0.45	
12	39.50		19.80	-0.50	
13	39.45		21.45	-0.55	
14	39.40		23.10	-0.60	
15	39.35		24.75	-0.65	
16	39.30		26.40	-0.70	
17	39.25		28.05	-0.75	
18	39.20		29.70	-0.80	
19	39.15		31.35	-0.85	
20	39.10		33.00	-0.90	
21	39.05		34.65	-0.95	
22	39.00		36.30	-1.00	
23	38.95		37.95	-1.05	
24	38.90		39.60	-1.10	
25	38.85		41.25	-1.15	
26	38.80		42.90	-1.20	
27	38.75		44.55	-1.25	
28	38.70		46.20	-1.30	
29	38.65		47.85	-1.35	
30	38.60		49.50	-1.40	
31	38.55		51.15	-1.45	
32	38.50		52.80	-1.50	1.10
Entrée	38.47	1.00	53.80	-1.53	

2.2.2.2. Entrée de la passe

L'entrée de la rampe est à la cote 38.47, soit 0.83 m du niveau minimal absolu (39.30).

Elle est équipée de rainures permettant l'isolement de la passe du bief aval par les éléments de batardage de 3.30 m d'ouverture.

2.2.2.3. Sortie de la passe

La tête du coursier de la rampe (rang de blocs le plus amont) est à la cote 40.00, soit 0.80 m en dessous de la RN (40.80).

En amont de cette rangée de blocs, un bassin approfondi à la cote 39.10 assure la sortie des poissons vers le bief amont, avec une prise d'eau implantée tangentiellement à l'axe d'écoulement et protégée par un déflecteur de surface.

L'entrée hydraulique ne comporte aucune grille, mais le pertuis sont munis de rainures pour mise en place d'éléments de batardage de 3.30 m d'ouverture identiques à ceux de l'entrée permettant l'arrêt d'alimentation de la passe jusqu'à la cote d'arase des ouvrage.

2.2.2.4. Bassin de repos

Le bassin de repos est obtenu par un approfondissement du coursier de 0.90 m. Deux doubles blocs sont implantés en quinconce en aval de la rangée située en amont du bassin de repos afin d'assurer une tranquillisation optimale dans le bassin.

Outre son rôle de « repos », ce bassin permet également aux poissons de s'y réfugier lors de la mise à sec de la rampe.

2.2.3. Simulations de fonctionnement

2.2.3.1. Méthodologie

Les équations utilisées sont issues de LARINIER et al., 2006, enrochements régulièrement répartis, face plane.

2.2.3.2. Plage de fonctionnement et tirant d'eau

Le tirant d'eau dans la passe est équivalent à la charge sur la tête du coursier correspondant au rang de plots le plus amont, soit :

- 0.80 m pour la RN (40.80),
- 0.70 à 0.90 m pour RN +/- 0.10 m (40.70 à 40.90).

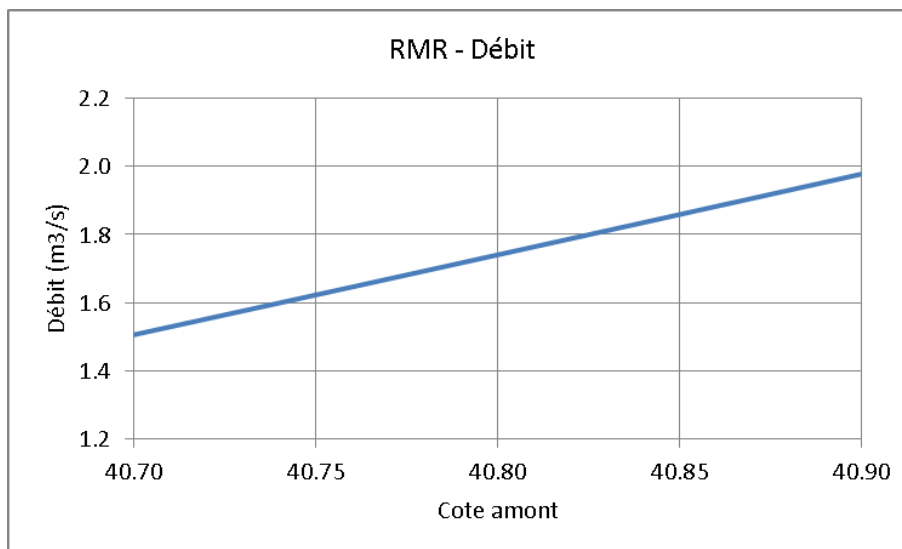
Le tirant d'eau atteinte pour RN + 0.10 m correspond à la hauteur utile des blocs, ce qui permet d'éviter le blocage des embâcles lors des fortes crues pour lesquelles le niveau habituel de régulation est dépassé, sachant que la rampe reste néanmoins hydrauliquement fonctionnelle jusqu'à un tirant d'eau proche de 1.00 m.

2.2.3.3. Débit

Le débit de la rampe n'est fonction que de la cote amont. Il varie de 1.5 m³/s pour une cote amont de 40.70 (RN- 0.10) à 2.0 m³/s pour une cote amont de 40.90 (RN + 0.10), avec une valeur moyenne de 1.75 m³/s pour la RN amont (40.80).

Ce débit moyen représente 12 % du débit d'étiage habituel ($F = 0.10$) et 4 % du débit médian ($F = 0.50$). En hautes eaux, il représente encore 1.5 % du débit total en fréquence 0.85 et 1.3 % du débit total en fréquence 0.90.

Ce débit et la largeur de l'entrée assurent une bonne attractivité, même si les vitesses deviennent assez faibles en entrée lorsque l'envoie du barrage devient important.

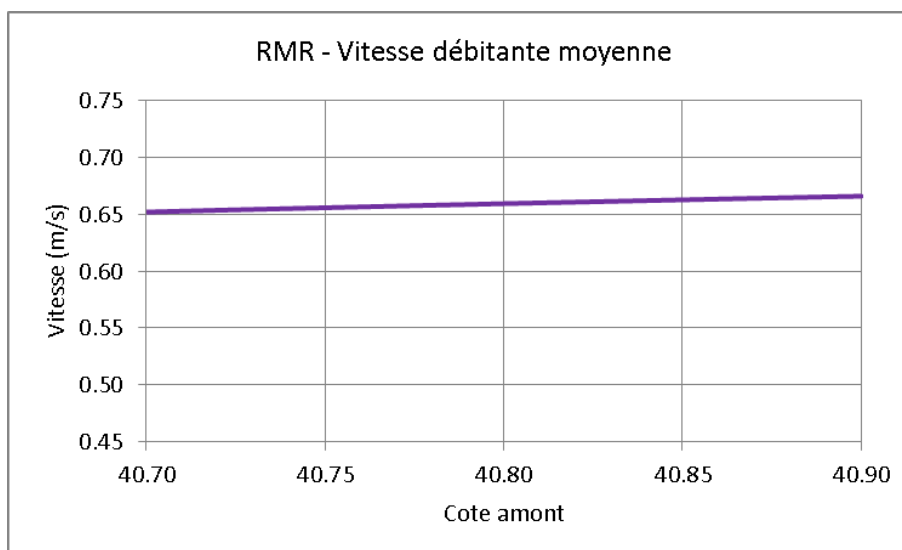


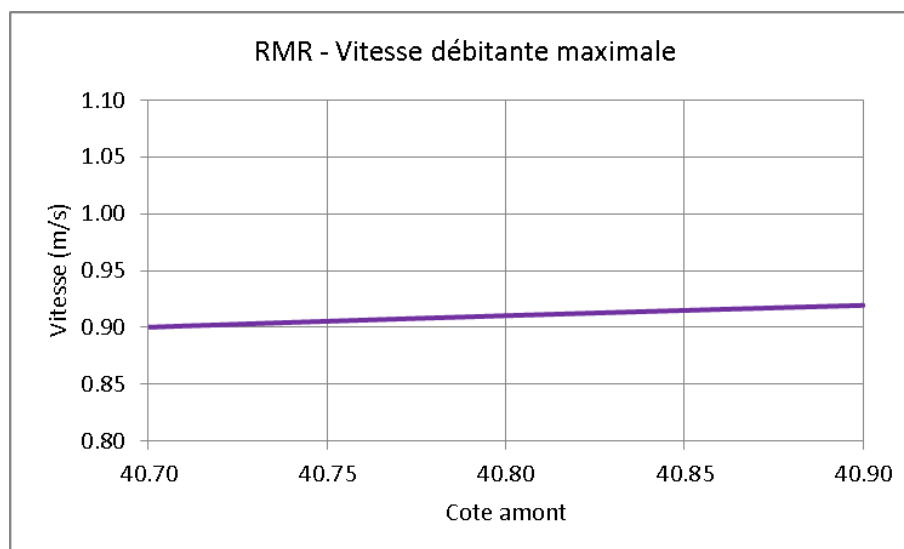
2.2.3.4. Vitesses

Pour les niveaux amont variant entre 40.70 et 40.90, la vitesse débitante moyenne (par rapport à la section totale) est toujours de l'ordre de 0.65 m/s au plus, tandis que la vitesse débitante maximale (par rapport à la section minimale) est de l'ordre de 0.90 m/s.

La vitesse maximale reste nettement en dessous de la valeur requise pour les espèces les plus exigeantes vis-à-vis de ce paramètre (maximum de 1.5 m/s pour les petites espèces).

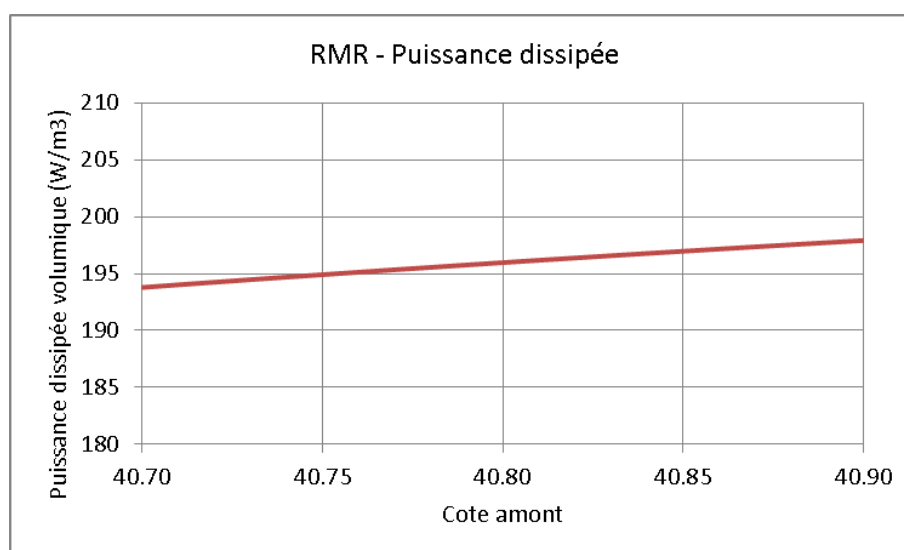
Le ratio entre vitesse maximale et vitesse moyenne est de 1.38, ce qui traduit de très faibles contraintes de cisaillement au sein de l'écoulement.





2.2.3.5. Puissance dissipée volumique

Pour les niveaux amont variant entre 40.70 et 40.90, la puissance dissipée volumique est légèrement inférieure à 200 W/m³, et reste donc en dessous de la valeur requise pour les espèces les plus exigeantes vis-à-vis de ce paramètre (maximum de 200 à 300 W/m³ pour les petites espèces).



2.2.3.6. Conclusions

La rampe présente des conditions « confortables » pour le franchissement toutes espèces dans toute la gamme envisageable des niveaux amont et aval.

Son débit important lui assure une excellente attractivité en basses eaux, qui reste assez satisfaisante (débit, largeur) en hautes eaux malgré la réduction de la vitesse au niveau de l'entrée lorsque l'envolement aval devient assez important.

2.2.4. Mise en œuvre

Les possibilités de mise en œuvre sont illustrées pour chaque scénario par les esquisses d'implantation présentées dans le cahier de plans joint au rapport d'étude. Ces esquisses devront être affinées en fonction des bouchures retenues et des conditions hydrodynamiques en résultant, aussi bien en ce qui concerne l'entrée (attractivité) que la sortie (limitation de l'aspiration des flottants).