

AMENAGEMENT DE L'ENSEMBLE HYDRAULIQUE DU BARRAGE DES BREVIERS A MONTBELIARD

MISE EN PLACE D'UN DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT PISCICOLE

RAPPORT DE PROJET

ARTELIA Ville & Transport
Agence de Dijon
1/3 allée André Bourland
21000 Dijon
Tel. : +33 (0)3 80 78 95 50
Fax : +33 (0)3 80 78 95 55

SARL ID'RO
4 RUE TARNIER
21110 AISEREY



1/3 allée André Bourland
21 000 DIJON

Tél. : 03 80 78 95 50
Fax : 03 80 78 95 55

N° Affaire	4 16 1492				Etabli par	Vérifié par	Date du contrôle
Pole	FLU						
Date	Novembre 2017				APT	NDU	Octobre 2017
Indice	A	B					

SOMMAIRE

Introduction	6
Section 1 RAPPEL DU CONTEXTE	7
1. CADRE REGLEMENTAIRE	8
1.1. CLASSEMENT DES COURS D'EAU	8
1.2. LOI BIODIVERSITE DE 2016	8
2. PRESENTATION DU SITE	9
2.1. LOCALISATION	9
2.2. GEOMETRIE ET ETAT DES OUVRAGES	10
2.2.1. Barrage du Ludwigsburg	10
2.2.2. Barrage des Bréviers	11
2.3. HISTORIQUE DU SITE	12
2.4. DONNEES ADMINISTRATIVES	13
3. CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	15
3.1. HYDROLOGIE	15
3.1.1. Stations hydrométriques de référence	15
3.1.2. Débits caractéristiques et débits classés	16
3.2. HYDRAULIQUE	17
3.2.1. Fonctionnement actuel	18
3.2.2. Campagne de mesures	18
3.2.3. Construction du modèle	19
3.2.4. Résultats (état actuel)	19
4. ENJEUX ECOLOGIQUES	21
4.1. CLASSEMENT PISCICOLE DE L'ALLAN	21
4.1.1. Contexte piscicole	21
4.1.2. Catégorie piscicole	21
4.2. PEUPLEMENT PISCICOLE	22
4.3. ESPECES CIBLES POUR LE FRANCHISSEMENT	24
4.4. PLAGE DE FONCTIONNEMENT	24
4.5. TRANSIT SOLIDE ET CONTINUITE SEDIMENTAIRE	25
5. USAGES DE L'EAU	27
5.1. PECHE	27
5.2. CANAL DE NAVIGATION	27
5.3. ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES	28
5.4. ENJEUX CULTURELS ET PAYSAGERS	28
Section 2 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE PROJETE	31
1. TYPE DU DISPOSITIF	32
2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE	32
3. IMPLANTATION DE L'OUVRAGE	34
4. CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA PASSE A POISSONS	35

4.1.	DONNEES HYDRAULIQUES	35
4.2.	CRITERES DE DIMENSIONNEMENT	38
4.3.	GEOMETRIE DE L'OUVRAGE	38
4.3.1.	Dimensions des bassins	38
4.3.2.	Dimensions des déflecteurs	39
4.4.	CONCEPTION DE L'OUVRAGE	40
4.4.1.	Fondations	41
4.4.2.	Rugosité de fond	41
4.4.3.	Ouvrage en béton	41
4.5.	AMENAGEMENTS CONNEXES	41
4.5.1.	Système de batardage	42
4.5.2.	Pare-embâcles	42
4.5.3.	Caillebotis	42
4.5.4.	Garde-corps	42
4.6.	SURVEILLANCE ET ENTRETIEN	43
5.	FONCTIONNALITE DE L'OUVRAGE	44
5.1.	TESTS DE FONCTIONNEMENT	44
5.2.	TESTS DE ROBUSTESSE	46
5.2.1.	Variation du coefficient de débit	46
5.2.2.	Variation du niveau d'eau	48
5.2.3.	Dimensionnement de l'entrée piscicole	49

Section 3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET MODALITES D'EXECUTION **51**

1.	PROVENANCE, QUALITE ET MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX	52
1.1.	PRESCRIPTIONS GENERALES	52
1.1.1.	Matériaux et produits normalisés	52
1.1.2.	Matériaux et produits non normalisés	52
1.1.3.	Lieu de stockage provisoire des matériaux	52
1.1.4.	Chargement – Transport – Stockage	53
1.1.4.1.	CHARGEMENT	53
1.1.4.2.	TRANSPORT	53
1.1.4.3.	STOCKAGE	53
1.1.5.	Essais de contrôle des livraisons	53
1.2.	ENROCHEMENTS	53
1.2.1.	Mise en œuvre	53
1.2.1.1.	RUGOSITES DE FOND DES BASSINS	53
1.2.1.2.	FOSSE DE DISSIPATION AVAL	54
1.2.1.3.	PROTECTION DE BERGE AMONT	55
1.2.2.	Blocométrie	56
1.2.2.1.	DESCRIPTION	56
1.2.2.2.	RUGOSITE DE FOND DES BASSINS	56
1.2.2.3.	FOSSE DE DISSIPATION AVAL	56
1.2.2.4.	BERGE DE PROTECTION AMONT	56
1.2.3.	Qualité	57
1.2.4.	Morphologie : définition des tolérances	57
1.2.5.	Mise en dépôt d'agrément	57
1.2.6.	Essais de contrôle des livraisons	57
1.3.	AUTRES MATERIAUX	58
1.3.1.	Grille pare-embâcle amont	58
1.3.2.	Caillebotis	58
1.3.3.	Garde-corps	58
1.3.4.	Système de batardage	59

Annexe 1 PLANS D'AMENAGEMENTS **60**

Annexe 2 MONTANTS ESTIMATIFS DES TRAVAUX – DQE _____ 61

Annexe 3 RAPPORT GEOTECHNIQUE ALLIOS _____ 63

TABLEAUX

TABL. 1 - DEBITS CARACTERISTIQUES DE L'ALLAN A MONTBELIARD	17
TABL. 2 - MESURES DE NIVEAUX D'EAU AMONT/AVAL (SOCIETE ID'RO)	18
TABL. 3 - CRITERES HYDRAULIQUES RETENUS POUR LE DIMENSIONNEMENT DES PASSES A BASSINS SUCCESSIFS	38
TABL. 4 - CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA PASSE	39

FIGURES

FIG. 1. BASSIN VERSANT DE L'ALLAN DRAINE AU DROIT DU BARRAGE « LUDWIGSBURG »	9
FIG. 2. LOCALISATION DU COMPLEXE HYDRAULIQUE LUDWIGSBURG/BREVIERS	10
FIG. 3. BARRAGE DU LUDWIGSBURG	10
FIG. 4. BARRAGE DES BREVIERS	11
FIG. 5. CARTE D'ETAT-MAJOR (1820 – 1866)	13
FIG. 6. PHOTOS DU BARRAGE DU LUDWIGSBURG	14
FIG. 7. PHOTOS DU BARRAGE DES BREVIERS	14
FIG. 8. CRR ET PORTE DE GARDE	14
FIG. 9. DEBITS CARACTERISTIQUES DES STATIONS EXPLOITEES	15
FIG. 10. REGRESSIONS LINEAIRES DU DEBIT EN FONCTION DE LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT POUR LES DIFFERENTS DEBITS CARACTERISTIQUES	16
FIG. 11. COURBE DES DEBITS CLASSES	17
FIG. 12. LOI HAUTEUR / DEBIT DE L'ETAT ACTUEL (MODELE)	20
FIG. 13. LOCALISATION DES STATIONS DE REFERENCE	22
FIG. 14. PEUPLEMENT PISCICOLE RECENSE A PROXIMITE DU BARRAGE DE MEZIRE	23
FIG. 15. STATUTS ET MESURES DE PROTECTION DES ESPECES PISCICOLES CONCERNEES	23
FIG. 16. PERIODES DE MIGRATIONS DES ESPECES PISCICOLES PRESENTANT AU DROIT DE LA MICROCENTRALE	24
FIG. 17. QUELQUES VALEURS DE DEBITS CARACTERISTIQUES	25
FIG. 18. COURBES DE DEBITS CLASSES SUR LES PLAGES DE FONCTIONNEMENT RETENUES	25
FIG. 19. GRANULOMETRIE DES FONDS DE L'ALLAN	26
FIG. 20. ÎLOT ANCIEN EN CONTREBAS DE L'OUVRAGE DE BREVIERS	26
FIG. 21. CARTOGRAPHIE DES ZONES DE PECHE SUR L'ALLAN	27
FIG. 22. CRR ET PORTE DE GARDE N°14 BIS	28
FIG. 23. LOCALISATION DES MONUMENTS HISTORIQUES SUR LA COMMUNE DE MONTBELIARD	30
FIG. 24. PASSES A FENTES VERTICALES (D'APRES LARINIER, 1992)	33
FIG. 25. PASSE A FENTES VERTICALES (UNE FENTE) FRANCHISSEMENT DU BARRAGE DE MUTZIG SUR LA BRUCHE (MOE ARTELIA)	34
FIG. 26. IMPLANTATION DE L'OUVRAGE	34
FIG. 27. ENTREE DE LA PASSE PISCICOLE – FENTE 45 CM	35
FIG. 28. REPARTITION DES DEBITS – ETAT PROJET	36
FIG. 29. LOI HAUTEUR / DEBIT – ETAT PROJET	37
FIG. 30. LOI HAUTEUR/DEBIT AMONT ET AVAL – ETAT PROJET	37
FIG. 31. DETAIL DES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES D'UN BASSIN	40
FIG. 32. PARE-EMBACLE SITUÉ EN AMONT DU BASSIN DE STABILISATION	42
FIG. 33. ANALYSE DE LA FONCTIONNALITE DE L'OUVRAGE SUR L'ENSEMBLE DE SA PLAGE DE FONCTIONNEMENT	45
FIG. 34. RESULTATS DES TESTS DE ROBUSTESSE TENANT COMPTE D'UN COEFFICIENT DE DEBIT DE 0.78	48
FIG. 35. FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS – ECHANCRURE DE 45 CM	50
FIG. 36. MISE EN ŒUVRE DE LA RUGOSITE DE FONDS - MIREBEAU-SUR-BEZE	54

Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau fixe comme objectif, à l'échelle de la masse d'eau relative à l'Allan, l'atteinte du bon état écologique et chimique.

Dans ce cadre, la restauration des continuités écologiques (biologique et sédimentaire) constitue un des leviers, si ce n'est le levier majeur, pour la restauration fonctionnelle des cours d'eau et l'atteinte de ces objectifs de qualité. Cette restauration passe par la gestion du devenir des ouvrages hydrauliques, qui ont pour beaucoup perdu leur usage originel et peuvent être, pour certains, fortement dégradés.

Ces ouvrages qui jalonnent les cours d'eau peuvent induire à leur échelle des impacts physiques, chimiques et biologiques potentiellement forts, susceptibles d'exploser par effet cumulé en fonction de leur densité. Au-delà de la rupture du continuum écologique et le cloisonnement biologique, ces impacts sont classiquement : l'altération voire le blocage du transit sédimentaire menaçant les équilibres morphologiques et altérant la dynamique alluviale, la dégradation de la qualité physique par une simplification des habitats aquatiques, l'altération de la qualité des eaux, et en particulier du paramètre température, qui est un paramètre clé pour la biologie aquatique notamment en contexte cyprinicole.

Cependant, au-delà des impacts, les ouvrages hydrauliques sont souvent associés à des enjeux : enjeux anthropiques à l'origine de la création des ouvrages (ancien moulin, irrigation, production hydro-électrique), mais aussi aux enjeux connexes qui se sont implantés à mesure du temps : bâti, infrastructures (pont par exemple), connexion avec le milieu rivulaire et les milieux annexes (zones humides par exemple).

La présente étude concerne donc deux ouvrages infranchissables qui jalonnent l'Allan : le complexe hydraulique du barrage des Bréviers et du Ludwigsburg, situé sur la commune de Montbéliard. L'objectif est donc de définir les modalités techniques de son aménagement dans l'optique de restaurer la continuité écologique sur un tronçon de l'Allan. Plus précisément, l'étude consiste à concevoir un ouvrage de franchissement piscicole pour cet ouvrage.

Cette mission s'intègre dans un projet plus large, porté par la société IDRO : la reconstruction d'une microcentrale hydroélectrique, sur le site du seuil complexe hydraulique des barrages des Bréviers et du Ludwigsburg. Cette nouvelle microcentrale sera installée en rive gauche de l'Allan, à proximité des deux seuils. Un bâtiment recouvrant une chambre d'eau de la centrale sera également construit.

Les différentes étapes de ce projet sont :

- Ouverture de la prise d'eau
- Construction d'une chambre maçonnée
- Mise en place d'une turbine
- Construction d'un bâtiment abritant les organes électromécaniques de pilotage
- Ouverture d'un canal de fuite
- Construction d'une passe à poissons.

L'objet de ce document est donc la construction d'une passe à poissons dans le cadre de ce projet hydroélectrique.

SECTION 1

RAPPEL DU CONTEXTE

1. CADRE REGLEMENTAIRE

1.1. CLASSEMENT DES COURS D'EAU

La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA, 30 décembre 2006) transpose en droit français la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), qui fixe l'atteinte du bon état pour beaucoup de cours d'eau à l'horizon 2015 (ou 2021 et 2027 en cas de dérogation). La notion de continuité écologique y est particulièrement mise en évidence. Ainsi, elle remet au goût du jour le classement des cours d'eau en identifiant 2 listes (art. L.214-17 du Code de l'Environnement) :

- **Liste 1 : les rivières à préserver**

Cette liste comporte des cours d'eau, des parties de cours d'eau ou des canaux parmi ceux :

- qui sont en très bon état écologique ;
- qui jouent le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant ;
- ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs est nécessaire (fort enjeu migrateur amphihalins reprenant en particulier les axes du PLAGEPOMI).

Sur ces cours d'eau, aucun nouvel ouvrage, s'il constitue un obstacle à la continuité écologique, ne pourra être établi. Les ouvrages existants sont subordonnés à des prescriptions permettant de maintenir le très bon état écologique et assurer la protection des poissons migrateurs. L'aménagement des ouvrages en place pour la restauration des continuités est ici subordonné aux obligations imposées lors du renouvellement d'autorisation/concession.

- **Liste 2 : les rivières à restaurer**

Cette liste comporte les cours d'eau, les parties de cours d'eau ou les canaux dans lesquels il est nécessaire :

- d'assurer le transport suffisant des sédiments ;
- d'assurer la circulation des poissons migrateurs.

Sur ces cours d'eau, tout ouvrage doit être géré, entretenu et équipé dans un délai de 5 ans après la publication de l'arrêté du préfet coordonnateur de bassin.

Cas de l'Allan

L'ouvrage à l'étude est localisé sur un tronçon de l'Allan classé en Liste 2 au titre de l'article L.214-17 du Code de l'Environnement, par l'arrêté préfectoral du 19 juillet 2013.

Les espèces d'intérêt patrimonial présentes sur le tronçon, et pré-identifiées lors du classement en Liste 2, sont le Brochet et la Vandoise.

1.2. LOI BIODIVERSITE DE 2016

A l'approche de l'expiration du délai de 5 ans accordé aux propriétaires d'ouvrages localisés sur un tronçon de cours d'eau classé en Liste 2 pour gérer, entretenir et équiper leur ouvrage, la loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages vient compléter l'article L.214-17 du Code de l'Environnement, définissant le nouveau classement des cours d'eau. Cette loi prolonge le délai d'aménagement de l'ouvrage concerné de 5 années

supplémentaires, sous réserve que le dossier de propositions d'aménagement soit déposé auprès du service instructeur dans le délai de 5 ans initial. Sur ce point, l'article 120 stipule que :

« Lorsque les travaux (...) n'ont pu être réalisés dans ce délai, mais que le dossier relatif aux propositions d'aménagement ou de changement de modalités de gestion de l'ouvrage a été déposé auprès des services chargés de la Police de l'eau, le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant de l'ouvrage dispose d'un délai supplémentaire de cinq ans pour les réaliser. ».

2. PRESENTATION DU SITE

2.1. LOCALISATION

Le barrage du Ludwigsburg et des Bréviers est un ouvrage transversal de l'Allan, affluent du Doubs. L'Allan naît de la confluence entre l'Allaine et la Bourbeuse. Il se jette dans le Doubs à Voujeaucourt, couvrant ainsi un bassin versant de 1179 km².

Le complexe hydraulique à l'étude se situe sur la commune de Montbéliard, dans le département du Doubs (25). Le barrage du Ludwigsburg n'est pas référencé dans le Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE), développé par l'AFB, contrairement à l'ouvrage des Bréviers qui est référencé, sous l'identifiant ROE22286.

L'Allan au droit du barrage « Ludwigsburg » draine une surface de bassin versant de 988 km², estimée par approche cartographique.

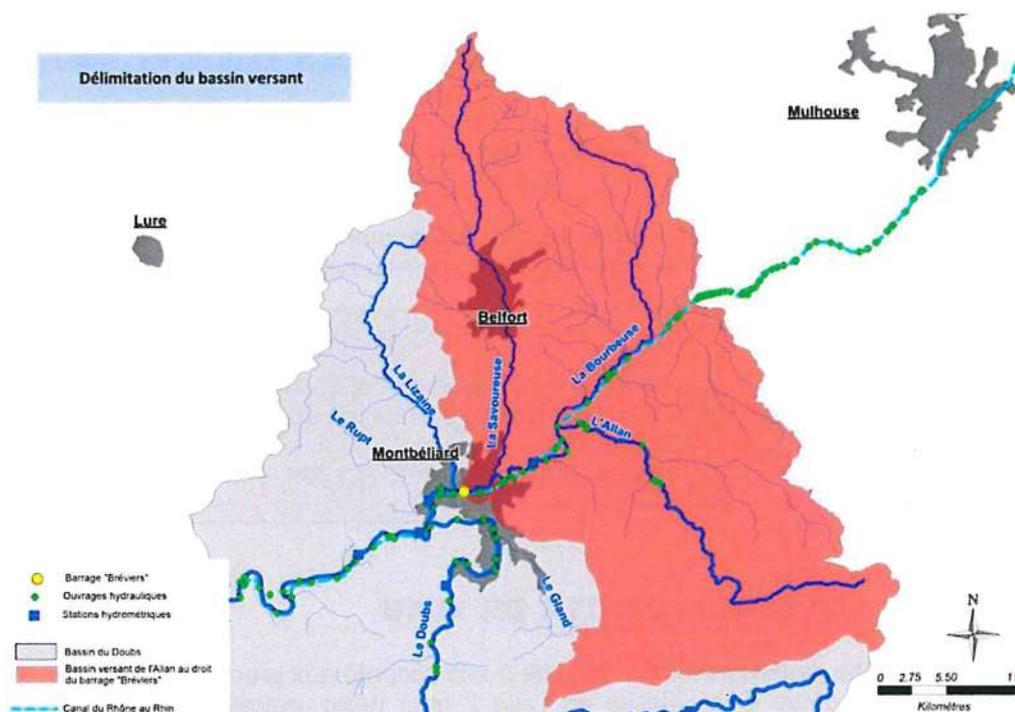


Fig. 1. Bassin versant de l'Allan drainé au droit du barrage « Ludwigsburg »

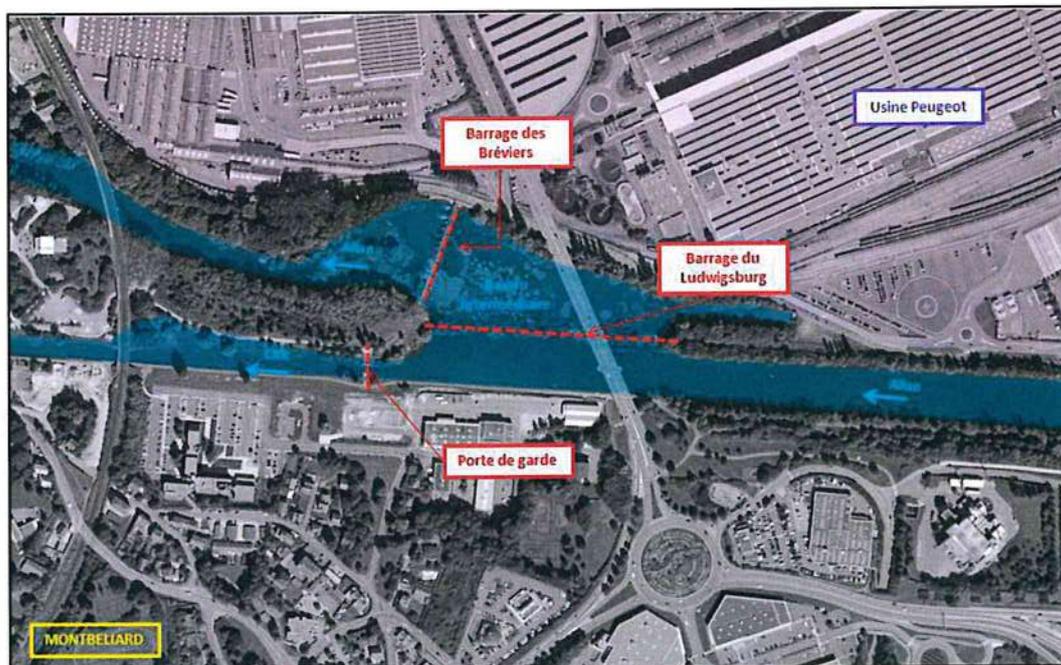


Fig. 2. Localisation du complexe hydraulique Ludwigsburg/Bréviers

2.2. GEOMETRIE ET ETAT DES OUVRAGES

2.2.1. Barrage du Ludwigsburg

Le barrage est composé d'un seuil de type poids. Cet ouvrage, d'une longueur de 250 m environ, présente un état général assez dégradé : présence d'atterrissement, présence d'arbre sur la crête du barrage.

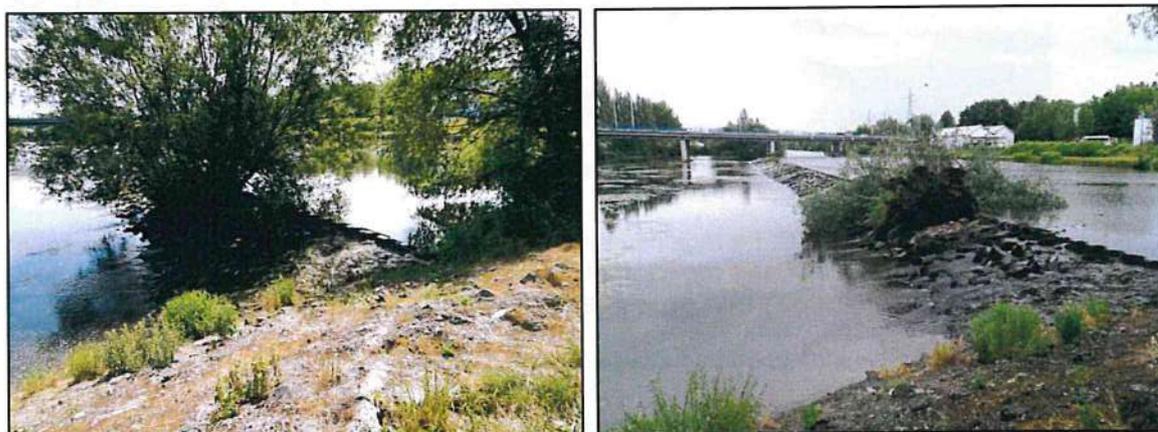


Fig. 3. Barrage du Ludwigsburg

Le barrage est classé C. La réglementation s'y afférant est renseignée dans le Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

La crête du barrage présente des irrégularités, un relevé d'altimétrie du barrage indique que la crête se situe entre 316.90 et 316.96 mNGF, soit une variations de 6 cm.

2.2.2. Barrage des Bréviers

Le barrage est composé d'un seuil de type poids, de quatre vannage et d'un second déversoir en rive droite. Cet ouvrage, d'une longueur totale de 110 m environ, présente un état général fortement dégradé : manque de maçonnerie, de béton sur le coursier, présence d'arbuste...

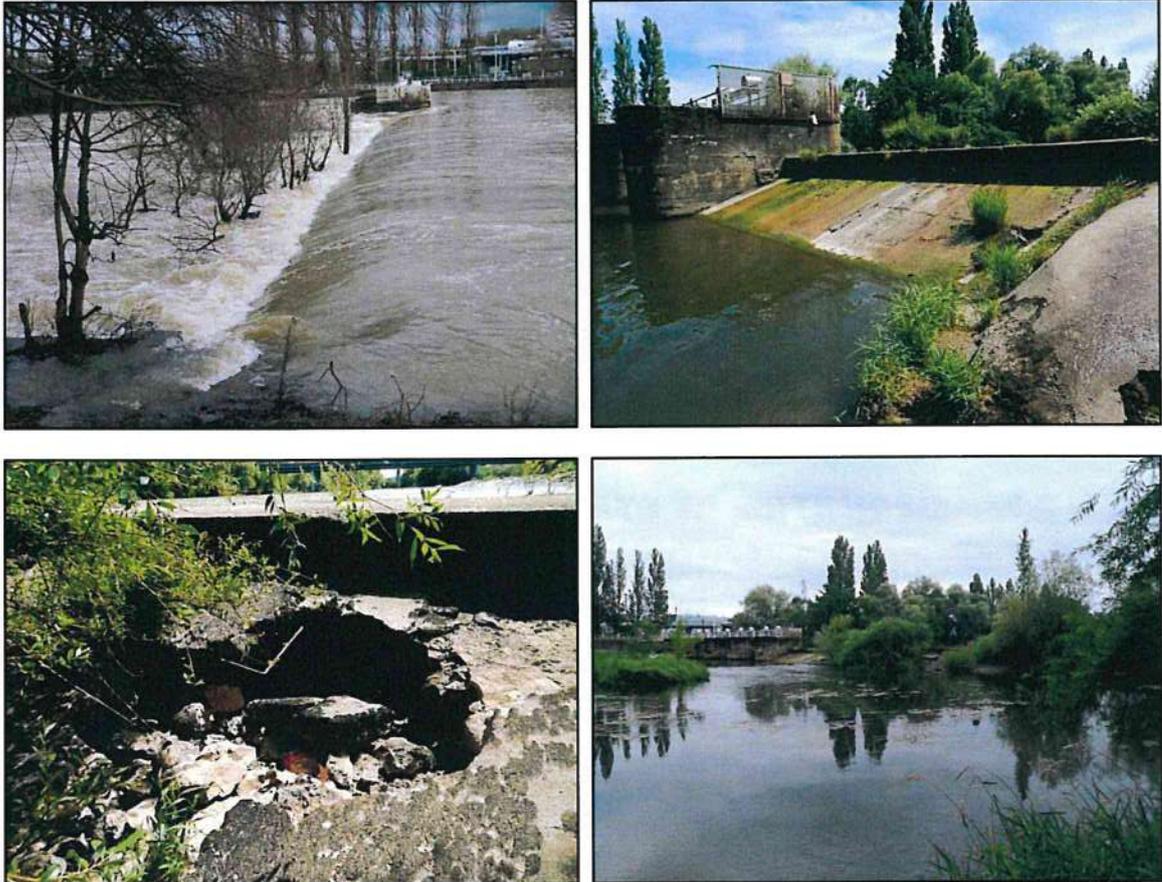


Fig. 4. Barrage des Bréviers

Le barrage est classé C. La réglementation s'y afférant est renseignée dans le Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

Trois parties distinctes composent le barrage des Bréviers :

- Le déversoir en rive gauche a une crête qui varie régulièrement, de 315,09 à 315,72 mNGF.
- La crête des vannes se situe à 315,57 mNGF.
- Le déversoir en rive droite a une crête régulière à 315,18 mNGF.

2.3. HISTORIQUE DU SITE

Dès 1597, l'imprimeur FOILLET obtient le droit de construire sur l'île, une papeterie et une scierie attenante (ainsi qu'un moulin à farine et un atelier de taillanderie). Puis le site est abandonné pour cause d'inondations.

En 1793, un moulin de la Raisse est établi sur une dérivation de la rivière afin d'actionner une nouvelle scierie. Le barrage des Bréviers est très probablement construit à cette date.

Pierre SALHER fait construire en 1802 « l'usine de la nouvelle Raisse », une fonderie comprenant un atelier pour la construction de machines, une tréfilerie et une pointerie.

Une centrale hydro-électrique est par la suite installée regroupant deux turbines pour produire l'électricité nécessaire à l'alimentation de l'usine.

L'usine passe ensuite à la famille GOGUEL, qui développe un tout nouveau procédé de fabrication de pointes et de rivets puis après 1930, la fonderie produit des barres outils de cuivre pour l'électricité, des tubes de cuivre pour l'impression des tissus, des barres de laiton pour la robinetterie, des bandes laitons pour l'horlogerie ou encore de l'aluminium pour la réalisation d'ustensile de cuisine.

En raison de la concurrence suisse et allemande, le site est absorbé par des industriels plus puissants comme Péchiney Usine de la Raisse, la microcentrale est démolie, le canal d'aménée d'eau ainsi que celui de restitution sont remblayés.

En 1954, un premier agrandissement de l'usine PEUGEOT est à l'origine du remblaiement de méandres de l'Allan en amont de l'île et de la construction du « barrage PEUGEOT » dans le prolongement du barrage des Bréviers.

En 1968, le site industriel Péchiney Usine de la Raisse est finalement abandonné, il est racheté par la ville de Montbéliard pour créer sur l'île en aval du pont ferroviaire un vaste parc urbain de loisirs.

D'autres travaux débutés en 1987 et réalisés sur plusieurs années déplaceront la rivière en la faisant s'écouler par le canal du Rhône au Rhin, seront à l'origine de la création du barrage Ludwigsburg.

La partie, la plus en amont de l'île de la Raisse, sera alors rehaussée par remblaiement et laissée à la nature.

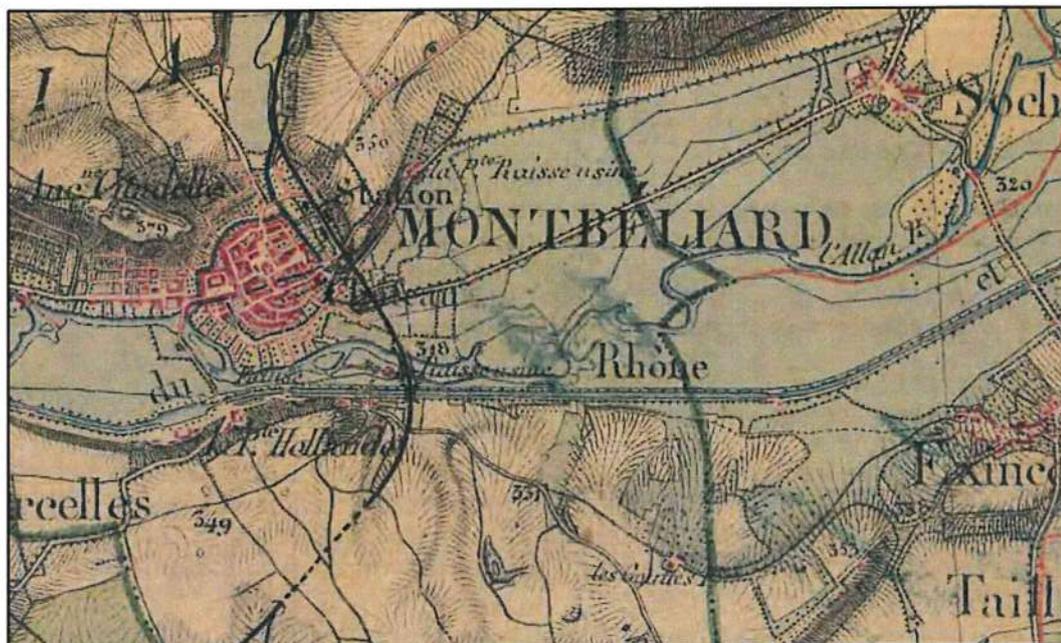


Fig. 5. Carte d'Etat-major (1820 - 1866)

2.4. DONNEES ADMINISTRATIVES

Le droit d'eau tel que défini dans le règlement d'eau joint plans parcellaires du droit d'eau du 28 septembre 1859 n'existe plus à ce jour puisque comme évoqué le « moulin » a été démoli et que le canal d'améné d'eau et de fuite ont été remblayés. (Annexe : Plans parcellaires du droit d'eau du 28 septembre 1859).

Le barrage amont, propriété de l'Etat, concédé à la gestion de l'établissement public administratif Voies Navigables de France permet l'alimentation en eau du canal du Rhône au Rhin.

Le barrage aval (barrage des Bréviers), autrefois permettait d'alimenter en eau une scierie implantée sur l'île puis une petite centrale hydro-électrique alimentant en courant électrique l'usine de la Raisse située juste en aval du pont ferroviaire (voir annexe). Par suite l'ensemble a fait l'objet d'une démolition, le canal d'améné d'eau et de fuite ont été remblayés.

La société PSA, propriétaire de la parcelle d'eau numéro 67, section AZ, possède ainsi la moitié du barrage aval, l'autre étant celle de l'Etat.

Les parcelles de la partie est de « l'île du Pré-la-Rose », sont la propriété de l'Etat, concédées à Voies Navigables de France. (Annexe : Convention VNF). La société ID'ro est acquéreur du barrage des Bréviers.

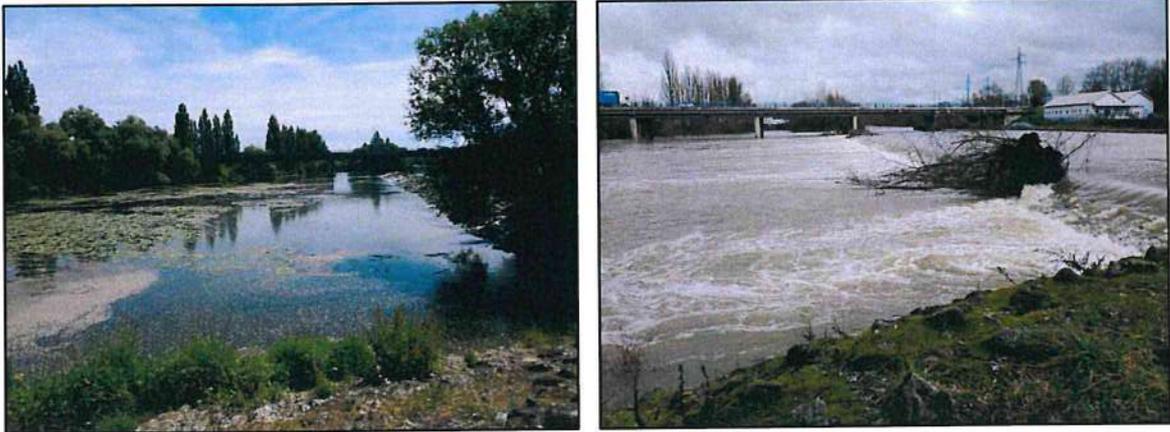


Fig. 6. Photos du barrage du Ludwisgburg

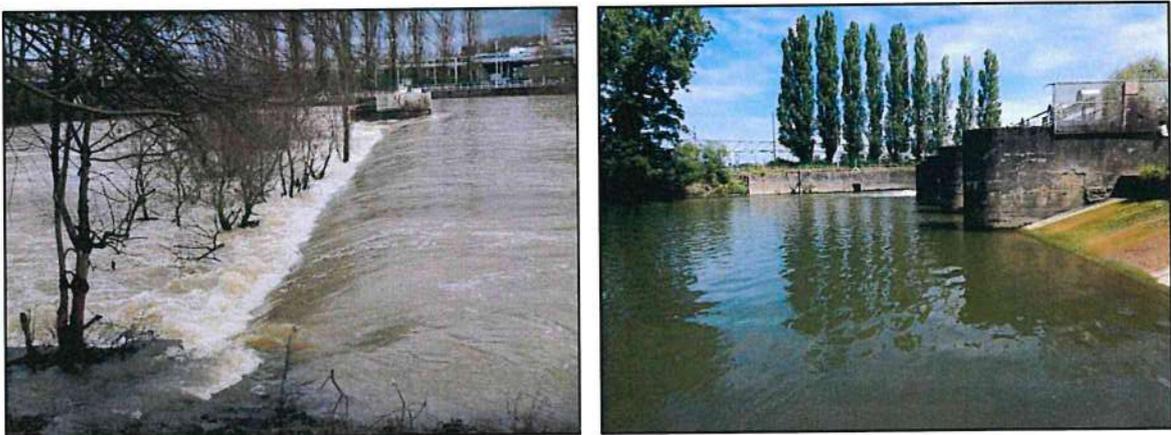


Fig. 7. Photos du barrage des Bréviers



Fig. 8. CRR et porte de garde

3. CONTEXTE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

3.1. HYDROLOGIE

3.1.1. Stations hydrométriques de référence

Les données hydrologiques disponibles les plus proches et les plus représentatives du site d'étude correspondent aux données acquises sur trois stations hydrométriques :

Cours d'eau	Station	Surface BV (km ²)	Période d'exploitation	Durée du suivi
L'Allan	Fesches-le-Châtel	725	1986 à 2015	29 ans
	Courcelles-lès-Montbéliard	1109	1981 à 2015	34 ans
La Savoureuse	Vieux-Charmont	235	1986-2015	30 ans
La Lizaine	Héricourt	51	2008-2015	Insuffisante

A noter que la station hydrométrique sur la Lizaine dispose d'un échantillon de données trop réduit pour fournir un retour statistique sur les débits caractéristiques du cours d'eau. Seule la valeur du module est disponible et a été utilisée dans le cadre de la présente analyse.

Ces stations sont gérées par la DREAL Bourgogne - Franche-Comté. Les données collectées sont disponibles via le site de la Banque Hydro.

Les trois stations considérées sont exploitées depuis plus de 25 ans. Cela est suffisant pour justifier leur intérêt statistique et les exploiter afin de déterminer un régime hydrologique relatif au bassin versant étudié.

Les débits caractéristiques de ces trois stations hydrométriques sont les suivants :

Cours d'eau	Station	Surface BV	Débits caractéristiques (m ³ /s) - Module et étiage -			Débits caractéristiques (m ³ /s) - Crues -						Maximum Instantané (QIX) (m ³ /s)	Source
			Module	Etiage QMNAS	Etiage VCN10 5 ans	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100		
L'Allan	Fesches-le-Châtel	725 km ²	11.3	1.2	0.80	130	170	190	210	240	-	231 le 09 mars 2006	Banque HYDRO
	Courcelles-lès-Montbéliard	1109 km ²	21.3	2.9	2.3	240	310	350		450	-	414 le 15 février 1990	Banque HYDRO
La Savoureuse	Vieux-Charmont	235 km ²	5.95	0.9	0.72	80	110	130	150	170	-	218 le 15 février 1990	Banque HYDRO

Fig. 9. Débits caractéristiques des stations exploitées

Notre site d'étude s'insère sur l'Allan en aval de la confluence avec la Savoureuse, et en amont immédiat du confluent de la Lizaine. Aussi, tenant compte des stations hydrométriques disponibles, l'extrapolation simple des débits aux stations à notre site d'étude ressort comme trop variable et donc trop incertaine. En effet, la station sur l'Allan à Fesches-le-Châtel se situe en amont de la confluence avec la Savoureuse. Celle de Courcelles-lès-Montbéliard est implantée en aval de la confluence avec la Lizaine. L'influence des affluents, Lizaine et Savoureuse, est notable.

Ce qui influence directement l'extrapolation de débits :

- Module : la valeur du module varie entre 15.4 et 19 m³/s si l'on prend comme référence la station sur l'Allan à Fesches ou celle à Courcelles ;
- QMNA5 : La valeur du QMNA5 varie quant à elle de 1.6 à 2.6 m³/s.

Par conséquent, pour les besoins de l'analyse hydrologique, une approche par régression linéaire (débit en fonction de la surface de bassin versant) a été préférée. Ceci permet ainsi de comparer les stations entre elles et de disposer d'un échantillonnage de données cohérentes et représentatives du comportement hydrologique du bassin versant.

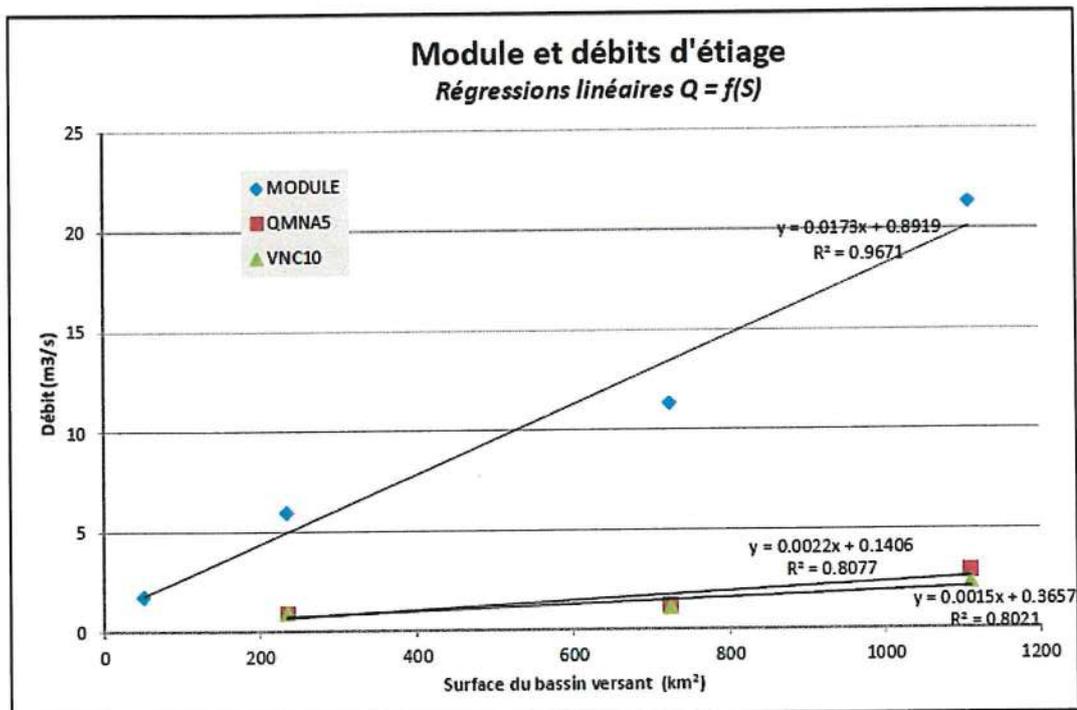


Fig. 10. Régressions linéaires du débit en fonction de la superficie du bassin versant pour les différents débits caractéristiques

Ces graphiques font ressortir une corrélation relativement bonne entre les débits caractéristiques et les surfaces de bassins versants, principalement pour le module.

3.1.2. Débits caractéristiques et débits classés

Les débits de référence de l'Allan au droit de l'ensemble hydraulique du barrage des Bréviers sont synthétisés dans le tableau suivant :

Allan au droit du barrage "Bréviers"
 Estimation des débits caractéristiques

Station	Barrage "Bréviers"
Surface bassin versant (km ²)	988
Module (m ³ /s)	17.98
Débits d'étiage (m³/s)	
VCN10 biennal	1.85
QMNA5	2.30
Débits de crue (m³/s)	
Q2	204

Tabl. 1 - Débits caractéristiques de l'Allan à Montbéliard

Au-delà, la donnée hydrologique fondamentale pour le dimensionnement d'une passe à poissons est la courbe des débits classés. Cette courbe statistique représente les débits en fonction de leur fréquence de non dépassement, c'est-à-dire la probabilité qu'un débit ne dépasse pas une valeur donnée sur une année hydrologique. La courbe des débits classés obtenue au droit de notre secteur d'étude est la suivante :

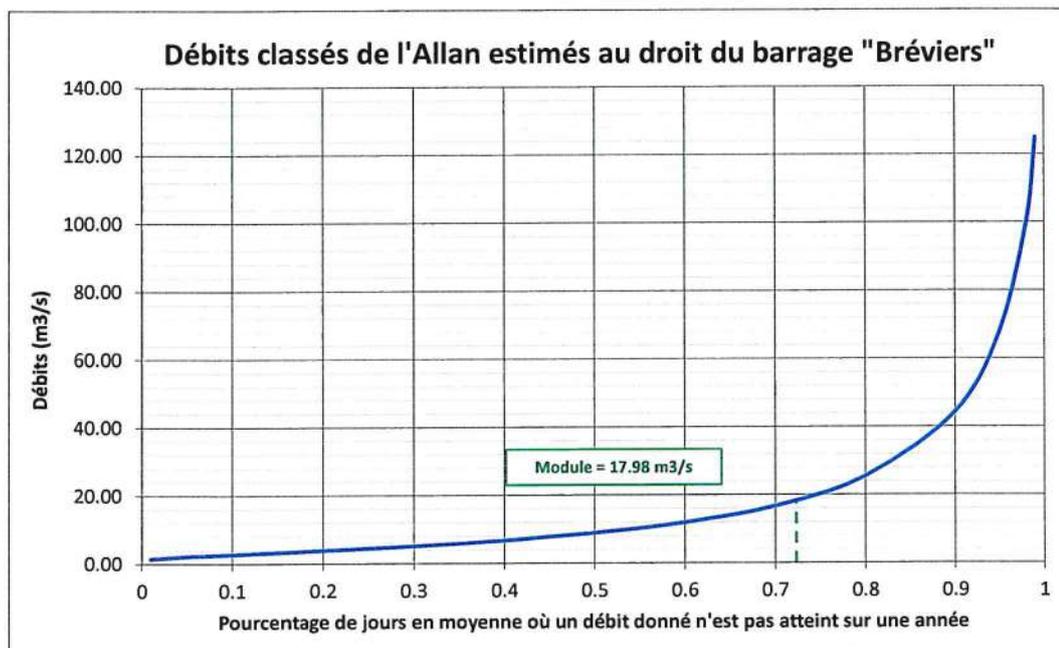


Fig. 11. Courbe des débits classés

3.2. HYDRAULIQUE

La définition de la loi de variation des niveaux d'eau en fonction du débit du cours d'eau revêt une importance capitale pour le dimensionnement d'ouvrages de franchissement piscicole. En effet, celle-ci va conditionner les paramètres hydrauliques de la passe à poissons, en particulier le débit de fonctionnement du dispositif, le tirant d'eau, les vitesses d'écoulement et la puissance volumique dissipée.

3.2.1. Fonctionnement actuel

L'ouvrage n'est actuellement plus exploité. L'ancien bief alimenté est aujourd'hui comblé, la totalité du débit de l'Allan surverse par-dessus les deux barrages.

L'ouvrage du Ludwigsburg représenté par un long déversoir fixe n'est pas manœuvrable, son objectif premier est de maintenir un niveau suffisamment important dans le Canal du Rhône au Rhin (CRR) pour la libre circulation des bateaux (de plaisance en particulier). Le CRR est protégé par une porte de garde qui se situe à l'entrée du canal, soit à proximité du barrage du Ludwigsburg. Cette porte est manipulée uniquement en cas de crue, et en particulier, elle est fermée à la cote 317.09 mNGF

Quant au barrage des Bréviers, l'ouvrage est constitué d'une partie mobile, via la présence de 4 vannes en rive droite. Cependant, les vannes ne sont pratiquement pas manœuvrées.

3.2.2. Campagne de mesures

La définition de la loi de variation des niveaux d'eau en fonction du débit du cours d'eau revêt une importance capitale pour le dimensionnement d'ouvrages de franchissement piscicole. Pour déterminer cette loi hauteur/débit, la société ID'RO a effectué plusieurs visites de sites et a permis de relever plusieurs couples de hauteur amont/aval.

Les relevés topographiques ont permis de préciser la position altimétrique de chaque repère, et donc d'établir une correspondance entre la hauteur d'eau mesurée et le niveau d'eau associé.

Pour compléter ces mesures, une loi hauteur a été réalisée à partir d'un modèle hydraulique, calé sur ces mesures.

Tabl. 2 - Mesures de niveaux d'eau amont/aval (société ID'RO)

ETAT INITIAL					
/	Date	Débits au droit du site	Niveau am NGF	Niveau av NGF	Correspondance
Géomètre	15/07/2015	2.85	316.97	313.85	Q13%
	28/08/2015	2.93	316.98	313.85	Q13%
Mesure sur site	30/07/2015	3.00	316.98	313.82	Q13%
	02/07/2015	3.47	316.98	313.84	Q15%
	04/06/2015	4.44	316.99	313.86	Q25%
	24/04/2015	6.39	317.02	313.90	Q38%
	26/05/2015	6.50	317.01	313.89	Q38%
	23/03/2015	7.34	317.02	313.91	Q42%
	19/05/2015	8.32	317.04	313.96	Q48%
	18/03/2015	8.81	317.03	313.96	Q50%
	10/02/2015	10.23	317.04	313.98	Q60%
	05/02/2015	16.18	317.06	314.15	Q70%
	14/11/2014	18.97	317.09	314.20	Qmod
	06/03/2015	23.96	317.11	314.31	Q80%
	25/02/2015	26.11	317.11	314.31	Q80%
	06/11/2014	38.50	317.17	314.50	Q90%
03/03/2015	77.14	317.43	315.14	/	

3.2.3. Construction du modèle

Afin d'apprécier et de quantifier les écoulements (répartition, lignes d'eau, ...) du cours d'eau dans l'état actuel et dans l'état aménagé, une modélisation mathématique a été réalisée. L'outil de modélisation employé est le logiciel HEC-RAS (version 4.1.0). Il a permis de représenter la configuration hydrographique de l'Allan au droit du complexe hydraulique Ludwigsburg/Bréviers sur la base du relevé topographique réalisé par le Cabinet ITE en aout 2015.

La topologie du modèle hydraulique comprend 10 profils en travers relevés par le géomètre ainsi que les ouvrages hydrauliques traversant l'Allan dont le seuil fixe du Ludwigsburg, le barrage des Bréviers.

Les hypothèses de modélisation sont les suivantes :

- Modélisation en régime permanent, non débordant ;
- Conditions aval/amont : Hauteur normale en régime uniforme ;
- Rugosité du lit mineur : coefficient de Strickler K_s de 25 ;
- Coefficients de débit de l'ouvrage (déversoir du Ludwigsburg) : 0.36 (calé sur la base des relevés de terrain : débits et niveaux d'eau) ;
- Coefficients de débit de l'ouvrage (déversoir des Bréviers) : 0.38 (calé sur la base des relevés de terrain : débits et niveaux d'eau) ;
- Fonctionnement actuel (ouvrage non exploité).

Les paramètres de modélisation ont été déterminés en se référant à la littérature scientifique et aux valeurs classiques prises pour ce type d'étude, puis ajustés lors du calage à partir des données hydrauliques acquises sur le terrain.

3.2.4. Résultats (état actuel)

Les principaux résultats observés se focalisent sur l'évolution de la hauteur de chute au droit de la prise d'eau, en fonction du débit.

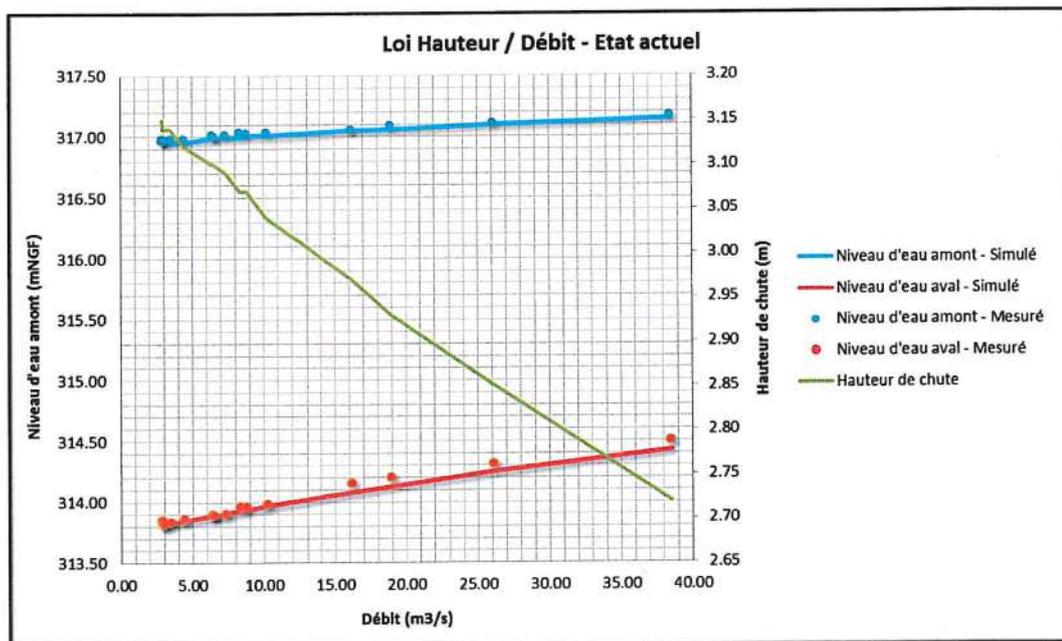


Fig. 12. Loi hauteur / débit de l'état actuel (modèle)

A la lecture du graphique ci-dessus, on peut constater un écart de l'ordre de 5cm entre les cotes de ligne d'eau estimées par le calcul en aval du déversoir et les cotes mesurées sur le terrain. Cet écart peut être plus important, de l'ordre de 7 cm pour les mesures effectuées le :

- 05/02/2015 : 16.18 m³/s ;
- 14/11/2014 : 18.97 m³/s ;
- 25/02/2015 : 26.11 m³/s ;
- 06/11/2014 : 38.50 m³/s.

Cet écart est dû à la multiplication des incertitudes lors des acquisitions de données (lecture sur mire, prise de points géomètres...) et la construction du modèle, notamment :

- Incertitudes de lecture sur la règle graduée ou la mire lors de la mesure, principalement en aval du barrage des Bréviers où il est plus difficile de lire les graduations à cause de l'éloignement du niveau d'eau par rapport au repère (incertitude de l'ordre de 0.5 cm à 2 cm) ;
- Incertitudes dues aux fluctuations du niveau d'eau, essentiellement sur les palplanches du barrage du Ludwigsburg (incertitude de l'ordre de 2 cm) ;
- Incertitudes dues aux fluctuations du niveau d'eau amont par la gestion de la vanne de garde du CRR, et aux fluctuations du niveau d'eau aval par la gestion des vannes du Neuf Moulin ;
- Incertitudes dues aux embâcles au niveau des ouvrages hydrauliques (incertitudes de l'ordre de 2 cm).

4. ENJEUX ECOLOGIQUES

4.1. CLASSEMENT PISCICOLE DE L'ALLAN

4.1.1. Contexte piscicole

Les plans départementaux pour la protection du milieu aquatique et la gestion des ressources piscicoles (PDPG) ont instauré un découpage du réseau hydrographique national en **contextes piscicoles**. Un contexte piscicole est défini comme « **une unité spatiale dans laquelle une population de poissons fonctionne de façon autonome. Il est établi pour une population repère dont les caractéristiques sont la représentativité du domaine et l'éco-sensibilité** ». Il en existe trois :

- **Contexte salmonicole** : sont classés en contexte salmonicole les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles conviennent au développement de l'espèce repère du contexte, la Truite fario, ainsi qu'à ses espèces d'accompagnement.
- **Contexte cyprinicole** : sont classés en contexte cyprinicole les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles conviennent au développement de l'espèce repère du contexte, le Brochet, ainsi qu'à ses espèces d'accompagnement.
- **Contexte intermédiaire** : sont classés en contexte intermédiaire les cours d'eau dont les caractéristiques naturelles permettent de trouver conjointement les deux espèces des contextes cités précédemment. Les espèces repères de ce contexte sont l'Ombre commun et les cyprinidés d'eaux vives.

Cas de l'Allan

Le tronçon de l'Allan accueillant le barrage du Ludwigsburg est classé en contexte cyprinicole.

4.1.2. Catégorie piscicole

Le classement des cours d'eau en domaines piscicoles est un classement administratif départemental sur lequel s'appuie la **réglementation halieutique**. Basé principalement sur la typologie des cours d'eau et les peuplements piscicoles en place, il permet de classer les cours d'eau selon deux catégories distinctes :

- La **1ère catégorie piscicole** : elle correspond à des cours d'eau où vivent principalement des espèces piscicoles d'eaux vives de type Salmonidés (ex : Truite).
- La **2ème catégorie piscicole** : elle correspond à des eaux qui abritent majoritairement des populations de poissons de type Cyprinidés.

Ce classement permet avant tout la gestion et l'organisation de la pratique de la pêche de loisir sur le territoire. Il n'est pas représentatif de la qualité des milieux aquatiques et peut être discordant du contexte piscicole : un cours d'eau peut être classé en 2ème catégorie piscicole malgré une typologie caractéristique du contexte salmonicole ou inversement.

Cas de l'Allan

Le tronçon de l'Allan accueillant le barrage du Ludwigsburg est classé en deuxième catégorie piscicole.

4.2. PEUPLEMENT PISCICOLE

Les données collectées sont issues du site IMAGE de l'AFB, qui recense les espèces piscicoles présentes sur ce secteur. Les données disponibles les plus proches de l'implantation de la microcentrale (Barrage du Ludwigsburg et barrage des Bréviers) sont celles collectées

- Sur la station de Morvillars (2010 et 2012), à 14 km en amont sur le cours d'eau l'Allaine ;
- Sur la station de Bart (2009), à 5 km en aval sur l'Allan.

La station de Morvillars qui se situe sur l'Allaine représente le peuplement piscicole de l'Allan, puisqu'elle se situe à proximité immédiate de la confluence Allaine-Allan.

Le fait d'avoir une station à l'amont et à l'aval permet d'avoir une vision globale du peuplement piscicole de l'Allan et permet de définir les espèces cibles.

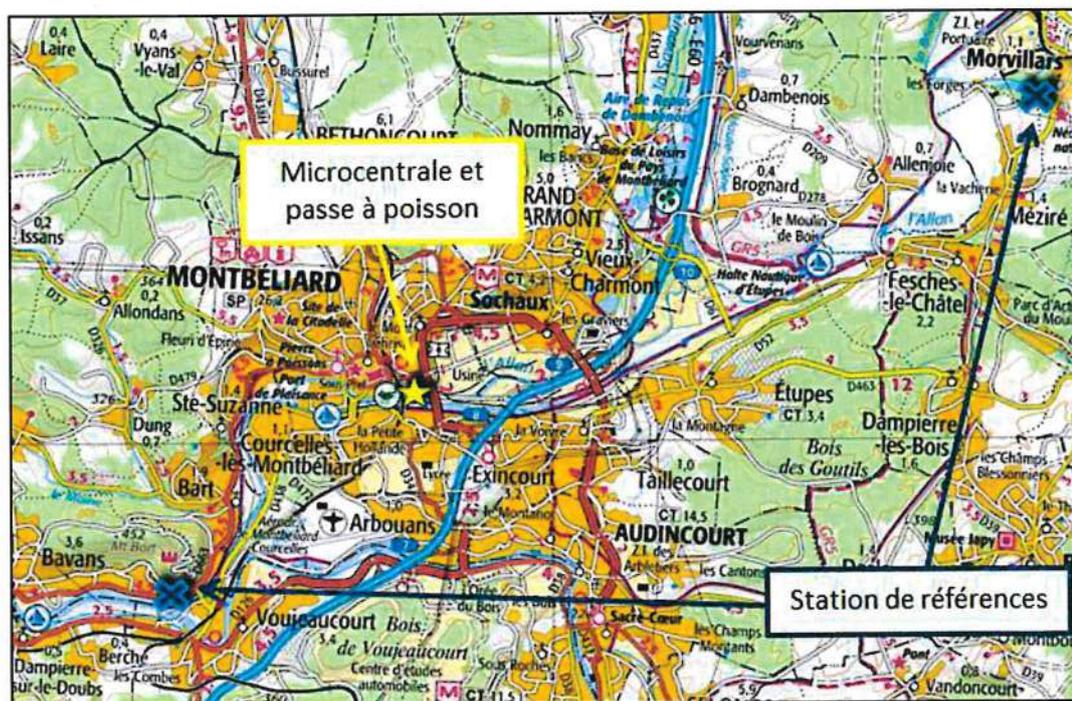


Fig. 13. Localisation des stations de référence

Le peuplement recensé aux stations de Bart et de Morvillars se compose de 19 espèces. Le graphique ci-dessous permet de caractériser la densité de chaque espèce pêchée.

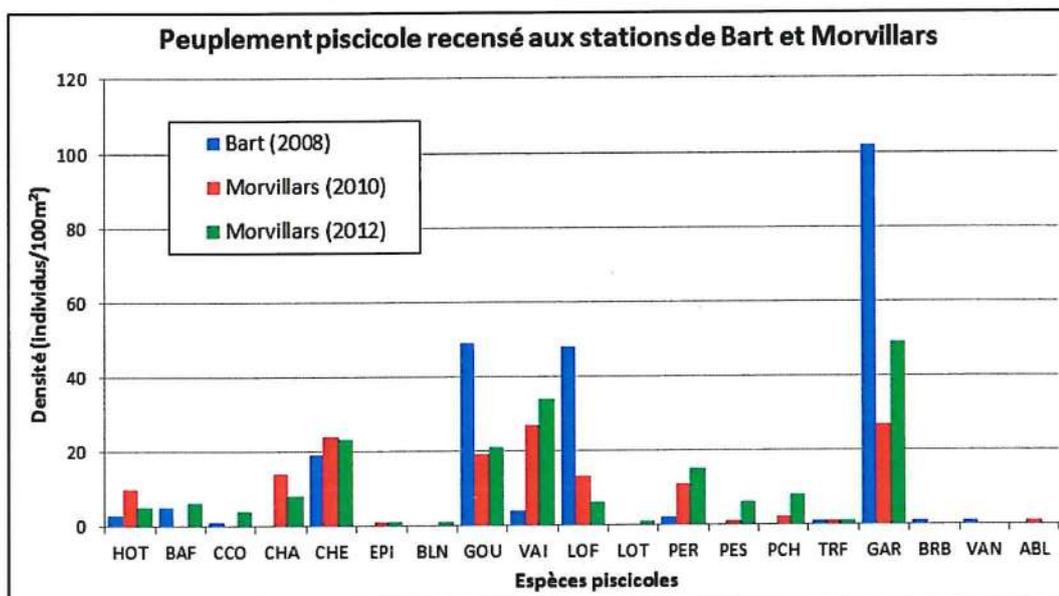


Fig. 14. Peuplement piscicole recensé à proximité du barrage de Méziré

En particulier, on notera la présence de plusieurs Cyprinidés rhéophiles tels que le Vairon ou le Goujon, présents en plus forte densité, mais aussi le Chevesne, le Barbeau fluviatile ou encore le Hotu. Plusieurs espèces d'eaux calmes, telles que le Gardon, la Perche ou la Carpe commune, complètent ce peuplement à dominante cyprinicole d'eaux vives.

Aucun grand migrateur (de type Saumon, Anguille, Alose...) n'est présent sur l'Allan. **En revanche, plusieurs espèces d'intérêt patrimonial sont recensées, telles que le Barbeau fluviatile, le Blageon, le Chabot, le Hotu, la Vandoise et la Truite Fario**, et devront faire l'objet d'une attention particulière lors de la conception du dispositif de franchissement piscicole.

Enfin, le Brochet n'apparaît pas dans les résultats de pêche mais sa présence est confirmée par les pratiquants de la pêche loisir.

Parmi ces espèces, plusieurs font l'objet de statuts et de mesures de protection particulières. Dans le cadre de la restauration de la continuité écologique, ces espèces d'intérêt patrimonial sont considérées comme prioritaires et la passe à poissons devra donc assurer pleinement leur libre circulation.

Espèce		Directive européenne "Habitats-Faune-Flore"		Arrêté du 8 déc. 1988	Convention de Berne
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Annexe II	Annexe V		Annexe III
Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>		X		
Blageon	<i>Telestes souffia</i>	X			X
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	X			
Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>				X
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>			X	
Brochet	<i>Esox lucius</i>			X	

Fig. 15. Statuts et mesures de protection des espèces piscicoles concernées

4.3. ESPECES CIBLES POUR LE FRANCHISSEMENT

Le tronçon de l'Allan relatif à notre secteur d'étude est un cours d'eau classé en deuxième catégorie piscicole. Les espèces cibles pour la restauration de la continuité piscicole sont donc les Cyprinidés, majoritairement rhéophiles d'après les données de pêche disponibles localement.

A noter que le Brochet, le Chabot, la Vandoise et la Truite fario sont des espèces d'intérêt patrimonial mais elles demeurent peu représentées.

Egalement, le Barbeau fluviatile fait l'objet de mesures de protections particulières, car inscrit à la Directive « Habitats, faune, flore ». De même, le Hotu est à considérer comme espèce cible, car mentionné dans la Convention de Berne.

Le peuplement est dominé par des cyprinidés, avec quelques espèces telles que le Barbeau, le Chevesne et la Lotte (le Brochet restant plus anecdotique) qui disposent de capacités de franchissement supérieures et qui sont susceptibles de réaliser de grands déplacements.

Eu égard au peuplement en place, le dimensionnement de la passe à poissons devra privilégier idéalement les petites espèces et en priorité les grands cyprinidés d'eau vive, notamment ciblé sur le Brochet et le Barbeau fluviatile.

4.4. PLAGES DE FONCTIONNEMENT

Le dispositif de franchissement piscicole devra être pleinement fonctionnel durant les périodes de migrations des espèces cibles. La plage de fonctionnement correspondra donc, dans la mesure du possible, à la période de déplacements migratoires des espèces recensées au droit du complexe hydraulique Ludwigsburg/Bréviers.

Les principales périodes à enjeu de continuité piscicole sont résumées ci-après :

- Pour le Brochet et le Barbeau fluviatile : de **novembre à juin** pour les déplacements migratoires, et jusqu'à la fin de la période de reproduction ;
- Pour les autres espèces : de **septembre à juin**.

Espèces présentes	Périodes de migration											
	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Valron												
Goujon												
Chevaine												
Chabot												
Barbeau fluviatile												
Loche franche												
Brochet												
Vandoise												
Perche												
Hotu												
Gardon												

Fig. 16. Périodes de migrations des espèces piscicoles présentes au droit de la microcentrale

Le dispositif devra donc être fonctionnel depuis novembre jusqu'à fin juin, afin de permettre le franchissement du barrage par le plus grand nombre d'individus reconnus comme espèces cibles. En particulier, cette plage de fonctionnement étendue sera adaptée aux déplacements migratoires du Brochet, considéré une espèce patrimoniale.

Valeurs de débits caractéristiques concernant les plages de fonctionnement de la future passe à poissons : le débit médian Q50, ainsi que les Q10 et Q90 (débits dont les fréquences de non dépassement sont respectivement 0.50, 0.10 et 0.90) :

Localisation		Barrage « Bréviers »	
Surface BV (km ²)		988	
Débits caractéristiques (m ³ /s) de Nov à Juin		Débits caractéristiques (m ³ /s) toute l'année	
Q _{10%}	3.7	Q _{10%}	2.77
Q _{50%}	11.9	Q _{50%}	8.88
Q _{90%}	53.7	Q _{90%}	44.33

Fig. 17. Quelques valeurs de débits caractéristiques

En termes de fonctionnement, nous proposons de retenir une plage de fonctionnement idéale sur toute l'année, pour un débit équivalent au débit médian (Q50%) de 8.88m³/s et des débits aux limites compris entre le Q10% sur cette période (2.77m³/s) et le Q90% (44.83 m³/s).

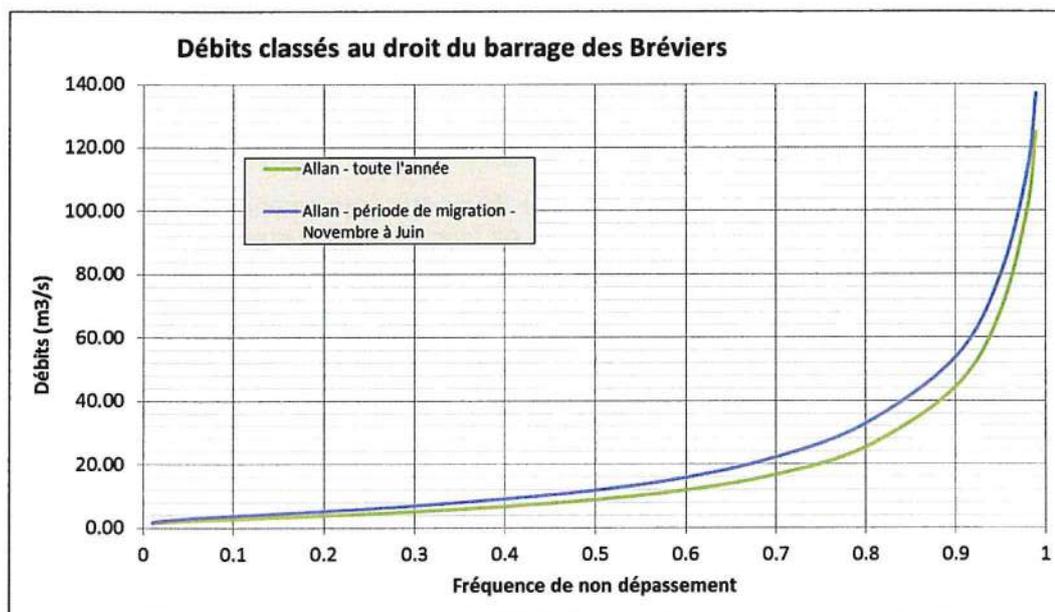


Fig. 18. Courbes de débits classés sur les plages de fonctionnement retenues

4.5. TRANSIT SOLIDE ET CONTINUITÉ SEDIMENTAIRE

Les diverses études réalisées sur le Doubs médian, comprenant l'Allan, mettent en évidence un transit sédimentaire par charriage de faible intensité.

L'épaisseur du matelas alluvial apparaît ici limitée (avec plusieurs tronçons où le substratum rocheux est proche voire affleurant).



Fig. 19. Granulométrie des fonds de l'Allan

L'origine de ce constat est multiple :

- La faiblesse de la dynamique latérale de l'Allan ;
- La faiblesse de la fourniture sédimentaire tant interne qu'externe ;
- Les dragages nécessaires au maintien de la navigation, dont les produits sont généralement déposés sur les berges et parfois évacués en carrière.

Aujourd'hui, l'ouvrage du Ludwigsburg et l'ouvrage de Bréviers ne semblent pas être exposé à un transit sédimentaire conséquent.

Les retenues des ouvrages, malgré leur ancienneté, ne semblent que peu remplies. En aval immédiat du barrage Bréviers, un îlot très ancien est largement implanté de saules blancs et d'aulnes. Aucun dépôt alluvionnaire n'est visible au voisinage des ouvrages.

L'enjeu sédimentaire ressort ici comme réduit.



Fig. 20. Îlot ancien en contrebas de l'ouvrage de Bréviers

5. USAGES DE L'EAU

5.1. PECHE

On peut dissocier deux pêches différentes sur le site d'étude, d'un côté le canal du Rhône au Rhin est considéré comme un parcours de seconde catégorie, et le tronçon de l'Allan à proximité est considéré comme un parcours privé.

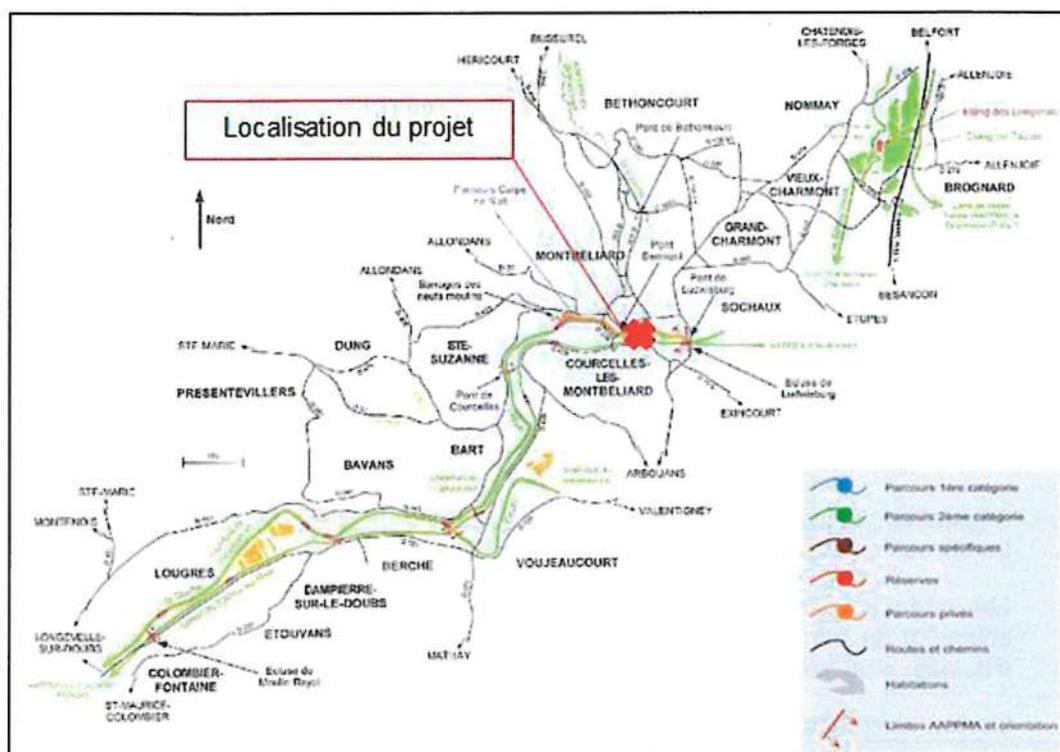


Fig. 21. Cartographie des zones de pêche sur l'Allan

5.2. CANAL DE NAVIGATION

L'unique enjeu associé au barrage du Ludwigsburg est économique : cet ouvrage a été construit afin de permettre la navigation dans le canal du Rhône au Rhin. Avec près de 500 bateaux circulant sur ce cours d'eau par an, il est important de maintenir une cote suffisante pour la navigation et le passage des bateaux dans le canal.

Au droit du site d'étude est localisée la porte de garde 14 bis de Montbéliard. Elle permet, en fermant les vantaux, de protéger le canal contre les crues. Elle permet également, sur les biefs importants, d'isoler une partie du canal et d'éviter ainsi une vidange complète du bief, en cas de rupture de digue, par exemple.

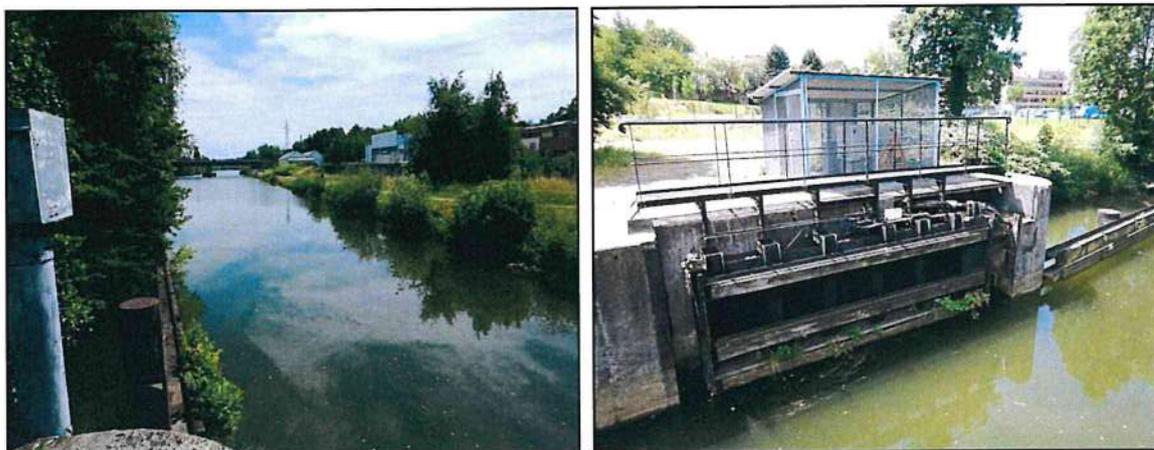


Fig. 22. CRR et porte de garde n°14 bis

5.3. ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES

Les principaux enjeux socio-économiques locaux sont :

- Le parc du pré de la Rose accueillant le Pavillon des Sciences ;
- Les perceptions locales et l'attachement paysager du site ;

Pour rappel, le site ne se situe pas dans le périmètre des monuments inscrits au patrimoine.

5.4. ENJEUX CULTURELS ET PAYSAGERS

Le secteur d'étude se situe à proximité de plusieurs édifices classés et/ou inscrits au titre des Monuments Historiques localisés sur la commune de Montbéliard. Montbéliard compte 33 édifices (base Mérimée) comportant au moins une protection au titre des monuments historiques, soit plus de 7 % des monuments historiques du département du Doubs. 8 monuments sont classés MH, 27 sont inscrits MH (3 monuments ont de multiples protections).

Il s'agit des édifices suivants :

- Château de Montbéliard ;
- Église Saint-Maimbœuf de Montbéliard ;
- Ferme de la Souaberie ;
- Halles de Montbéliard ;
- Ancien hôpital de Montbéliard ;
- Hôtel Beurnier-Rossel ;
- Hôtel de Franquemont ;
- Hôtel de la Croix d'Or ;

- Hôtel de ville de Montbéliard ;
- Hôtel de voyageurs du Lion Rouge ;
- Immeuble ;
- Immeuble ;
- Immeuble dit le Lion de Peugeot ;
- Hôtel Bernard Fallot (Maison mitoyenne à l'hôtel Beurnier-Rossel) ;
- Maison Morlot ou Maison Forstner ;
- Maison Rossel dit Hôtel Sponeck ;
- Maison ;
- Pavillon de jardin, dit loge ;
- Pierre à poissons ;
- Synagogue de Montbéliard ;
- Temple protestant Saint-Martin de Montbéliard ;
- Temple Saint-Georges de Montbéliard ;
- Théâtre de Montbéliard ;
- Université luthérienne de Montbéliard.

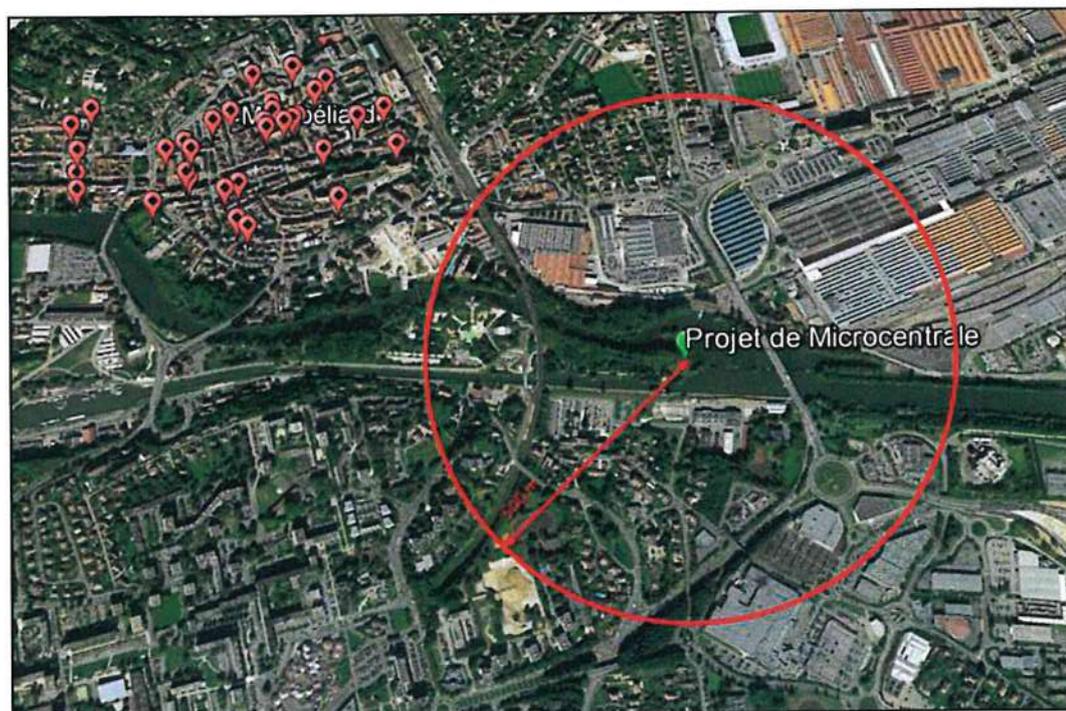


Fig. 23. Localisation des monuments historiques sur la commune de Montbéliard

Cependant le projet ne se situe pas dans le périmètre de protection d'un monument classé ou inscrit au patrimoine historique.

SECTION 2

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE PROJETE

1. TYPE DU DISPOSITIF

La fonction des dispositifs de franchissement piscicoles est d'assurer un passage au niveau d'un obstacle rencontré (barrage), de façon à rétablir la libre circulation de la faune piscicole.

Le dispositif de franchissement efficace doit répondre à un certain nombre de critères :

- Permettre le passage de tous individus des espèces concernées sur le cours d'eau ;
- Assurer le passage dans les meilleures conditions possibles ;
- Assurer l'attractivité du dispositif ;
- Limiter les problèmes d'entretien et de maintenance par sa conception.

Deux grandes catégories de dispositifs existent :

- Passe rustique (rivière de contournement, passe à macro-rugosité...);
- Passe en génie-civil (pré-barrages, passes à bassins successifs...).

Ici, une rampe à macro-rugosité ou une rivière de contournement ne seraient pas adaptées car elles nécessiteraient une emprise foncière importante. Compte tenu de la configuration du site (cloisonné entre les deux barrages et hauteur de chute importante = 3m environ) ce type de dispositif n'est pas envisageable, il aurait été trop long.

Ainsi, le choix de la passe à poissons s'est orienté de façon évidente vers une **passe à bassins successifs** étant donné de l'importante chute (environ 3m) et de la longueur disponible sur l'ilot. Aussi, le dispositif s'est orienté vers **une passe à fente verticale**, car elle présente plusieurs avantages :

- Passe à poissons toutes espèces ;
- Dispositifs adaptés à une large gamme de hauteur de chute ;
- Bonne adaptation aux contraintes foncières ;
- Bonne adaptation aux variations de niveaux d'eau.

2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE

Le principe de la passe à bassins successifs consiste à diviser la dénivellation à franchir en plusieurs petites chutes qui déterminent une série de bassins.

Le passage de l'eau d'un bassin à l'autre peut s'effectuer par une ou plusieurs fentes ou échancrures, par un ou divers orifices, par déversement de surface, ou par diverses combinaisons des solutions précédentes.

Les principaux paramètres d'une passe à bassins sont :

- Les dimensions des bassins,
- Les caractéristiques géométriques des dispositifs assurant le passage de l'eau au niveau des cloisons (dimensions et altitudes des fentes, échancrures, orifices ou déversoirs).

Ces caractéristiques géométriques déterminent, en fonction des cotes des niveaux d'eau à l'amont et à l'aval de l'ouvrage, le comportement hydraulique de la passe, c'est-à-dire son débit, la différence de niveau d'un bassin à l'autre, ainsi que la configuration de l'écoulement dans les bassins.

Les passes pouvant permettre le franchissement « toutes espèces » sont obligatoirement à jet de surface, c'est-à-dire où le poisson passe d'un bassin à l'autre en nageant. Ce type de jet est déterminé par le rapport des charges aval et amont qui doit être supérieur à 0,60.

Les passes à fentes verticales sont fréquemment mises en œuvre comme passes « toutes espèces ». La faible largeur des ouvertures de cloisons permet de maintenir un débit d'alimentation du dispositif relativement constant, assurant ainsi une meilleure stabilité du fonctionnement de l'ouvrage.

Dans le cas de l'ensemble hydraulique du Ludwigsburg/Bréviers, l'implantation d'une passe à bassins à simple fente semble adaptée :

- Le débit d'alimentation du dispositif sera de l'ordre de 0.55m³/s, garantissant l'attractivité de la passe sur une large plage de débits ;
- Au regard de l'implantation les critères de dimensionnement (ratio préconisé) seront garantis.

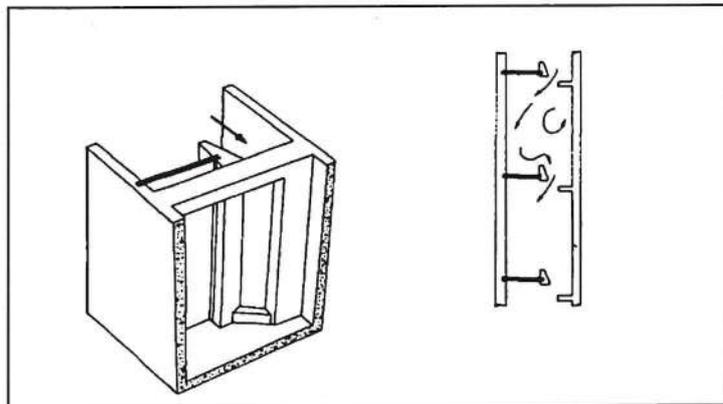


Fig. 24. Passes à fentes verticales (d'après LARINIER, 1992)

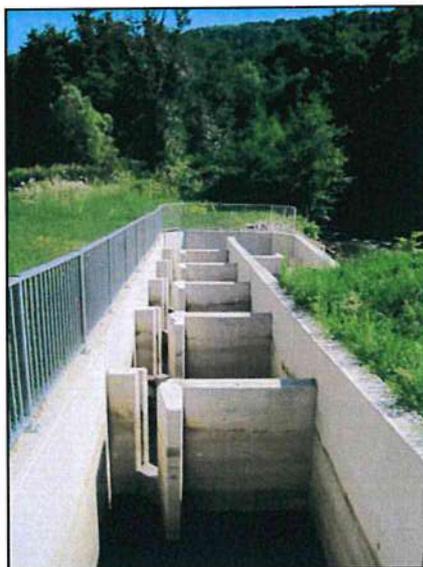


Fig. 25. Passe à fentes verticales (une fente)
Franchissement du barrage de Mutzig sur la Bruche (MOE ARTELIA)

3. IMPLANTATION DE L'OUVRAGE

Tenant compte de la configuration du site et des emprises disponibles, la passe à poissons sera implantée en rive gauche du barrage du Ludwigsburg et sera accolée à la microcentrale hydroélectrique. Pour garantir plus d'efficacité, il est jugé préférable de construire une seule passe à poissons permettant le franchissement des deux chutes d'eau cumulées que de construire deux passes à poissons.

Enfin, cette implantation apparaît cohérente en termes de continuité piscicole, en permettant le positionnement de l'entrée de la passe à poissons en aval du canal de fuite de la microcentrale, profitant ainsi de l'attractivité du flux.

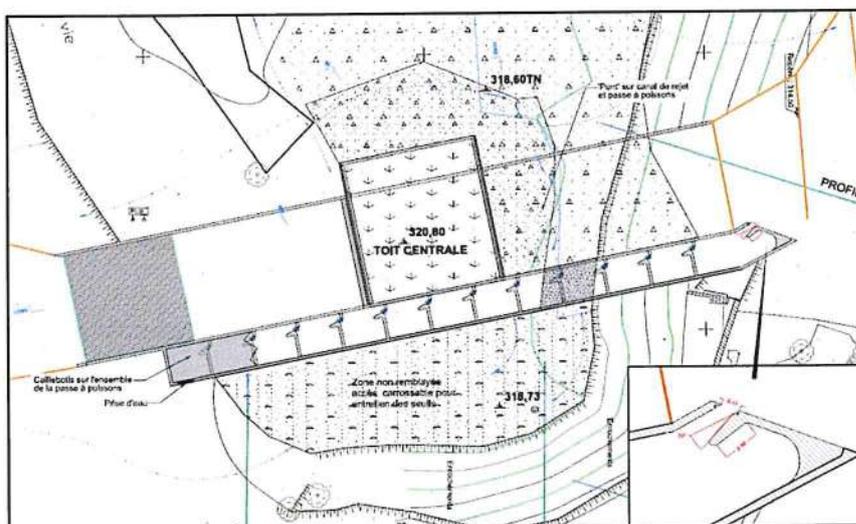


Fig. 26. Implantation de l'ouvrage

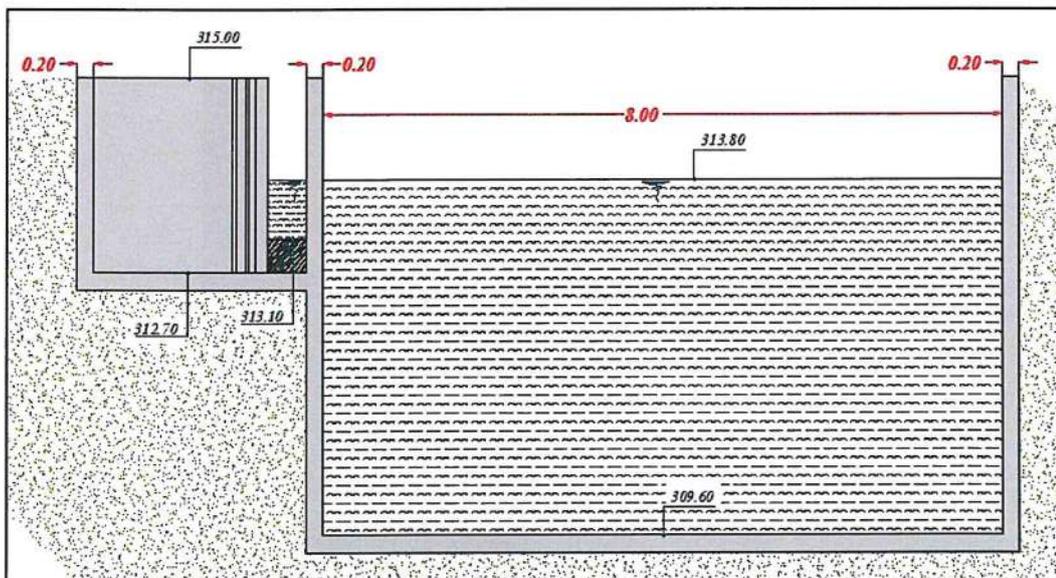


Fig. 27. Entrée de la passe piscicole - fente 45 cm

4. CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA PASSE A POISSONS

4.1. DONNEES HYDRAULIQUES

HYPOTHESES GENERALES

L'ensemble hydraulique fonctionne actuellement d'une façon relativement simple et sans régulation du niveau d'eau amont. Pour rappel, aucune vanne décharge n'est associée au déversoir du Ludwigsburg.

De plus, l'arase de la crête du déversoir est irrégulière et la cote de retenue d'eau légale actuelle permet le maintien d'un débit minimum par surverse au droit des principaux points bas sur le déversoir. Actuellement, le niveau minimum non régulée est de 316.96mNGF, ce niveau devra être maintenu lorsque la microcentrale sera en fonctionnement.

Aussi, pour maintenir la cote de retenue d'eau fixée par VNF, un débit minimum de 1.80m³/s est nécessaire, ce débit correspond au débit réservé (1/10ème du module) et permettra le renouvellement du bassin intermédiaire de 2 à 3 fois par jour.

En conclusion, les hypothèses hydrauliques générales sont résumées ci-dessous :

- Fonctionnement actuel sans régulation du niveau amont maintenu ;
- Un niveau minimum non régulée à 316.96 m NGF69 ;
- Débit de la passe à poissons fixé au minimum à 3% du débit d'équipement, soit 0.51 m³/s ;

- Débit réservé de 1.80 m³/s ;
- Débit d'armement fixé à 2.5 m³/s ;
- Débit d'équipement de la microcentrale fixé à 17 m³/s.

REPARTITION DU DEBIT

La répartition du débit de l'Allan entre le tronçon court-circuité et le canal d'aménée à la microcentrale sera conforme aux éléments présentés précédemment.

Débit de l'Allan	Débit de la microcentrale via le canal d'aménée	Débit tronçon court-circuité + PAP
2.35 m ³ /s	0 m ³ /s	2.35 m ³ /s
4.85 m ³ /s à 19.35 m ³ /s	2.50 m ³ /s à 17 m ³ /s	2.35 m ³ /s
> 19.35 m ³ /s	17 m ³ /s	> 2.35 m ³ /s

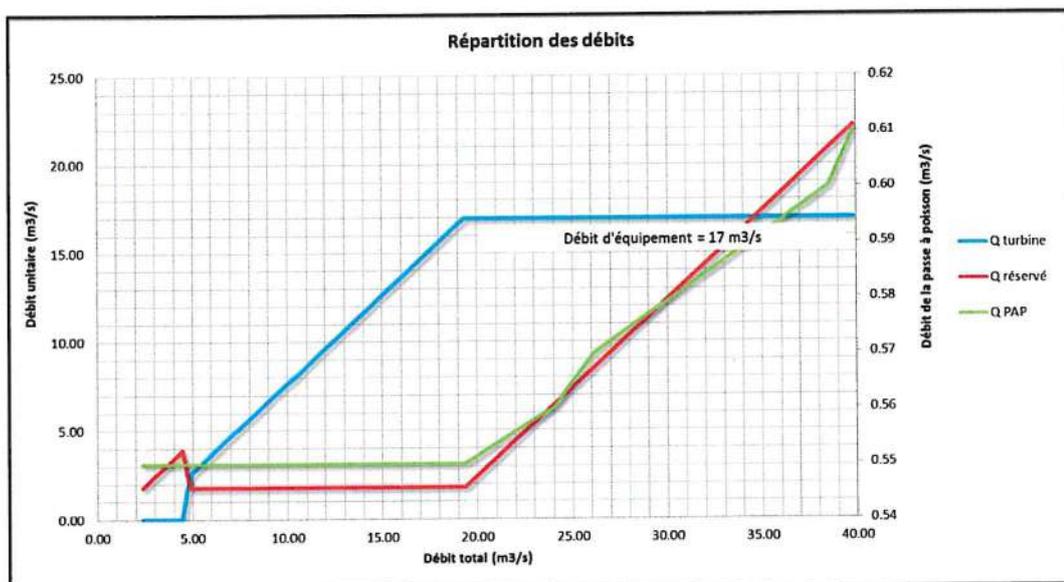


Fig. 28. Répartition des débits – Etat projet

VARIATION DES NIVEAUX AMONT/AVAL

Les relations hauteur/débit en amont et en aval du déversoir sont présentées ci-après. Celles-ci intègrent l'aménagement d'une passe à poissons, le canal d'aménée de la microcentrale. De plus, les hypothèses de niveau aval intègrent l'incertitude inhérente à la définition de celui-ci.

Rappelons que le niveau amont est ici non régulé.

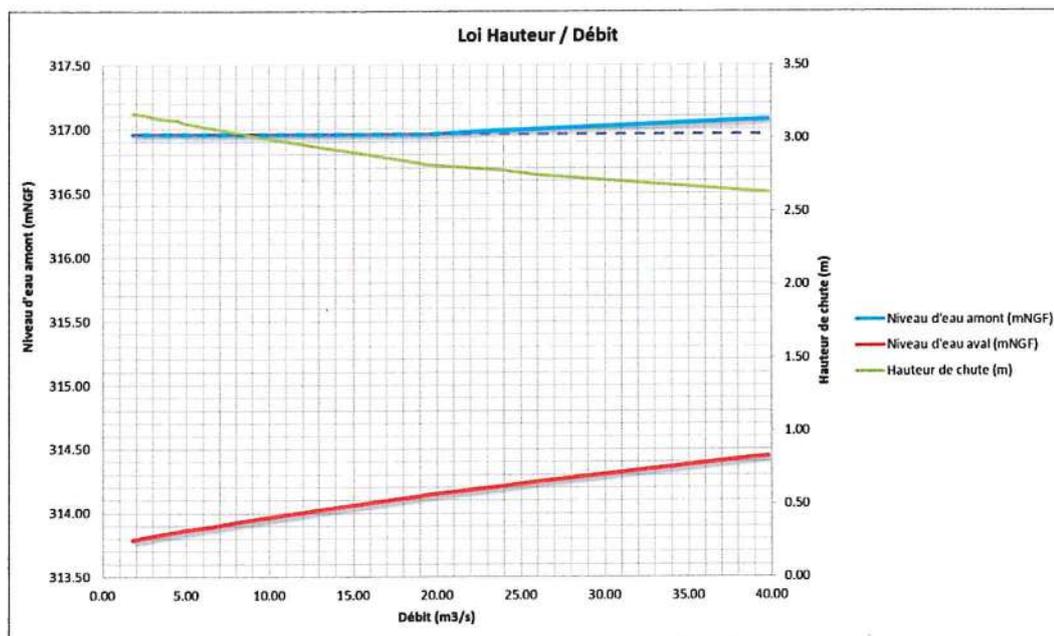


Fig. 29. Loi hauteur / débit - Etat projet

/	REPARTITION DES DEBITS				LOI HAUTEUR / DEBIT - MICROCENTRALE EN FONCTIONNEMENT		
	Débit total	Q PAP	Q réservé	Q turbiné	Niveau d'eau amont (mNGF)	Niveau d'eau aval (mNGF)	Hauteur de chute (m)
QMNA5	2.35	0.55	1.80	0.00	316.96	313.80	3.16
Q13%	2.85	0.55	2.30	0.00	316.96	313.81	3.15
Q13%	2.93	0.55	2.38	0.00	316.96	313.82	3.14
Q13%	3.00	0.55	2.45	0.00	316.96	313.82	3.14
Q15%	3.47	0.55	2.92	0.00	316.96	313.83	3.13
Q25%	4.44	0.55	3.89	0.00	316.97	313.85	3.12
Q27%	4.85	0.55	1.80	2.50	316.96	313.86	3.10
Q38%	6.39	0.55	1.80	4.04	316.96	313.89	3.07
Q38%	6.50	0.55	1.80	4.15	316.96	313.89	3.07
Q42%	7.32	0.55	1.80	4.97	316.96	313.91	3.05
Q42%	7.34	0.55	1.80	4.99	316.96	313.91	3.05
Q48%	8.32	0.55	1.80	5.97	316.96	313.93	3.03
Q50%	8.81	0.55	1.80	6.46	316.96	313.94	3.02
Q60%	10.23	0.55	1.80	7.88	316.96	313.97	2.99
Q70%	16.18	0.55	1.80	13.83	316.96	314.08	2.88
Qmod	18.97	0.55	1.80	16.62	316.96	314.13	2.83
Qmod	19.35	0.55	1.80	17.00	316.96	314.14	2.82
Q80%	23.96	0.56	6.40	17.00	316.99	314.21	2.78
Q80%	26.11	0.57	8.54	17.00	317.00	314.25	2.75
Q90%	38.50	0.60	20.90	17.00	317.07	314.43	2.64
Q90%	39.81	0.61	22.20	17.00	317.08	314.45	2.63

Fig. 30. Loi hauteur/débit amont et aval - Etat projet

4.2. CRITERES DE DIMENSIONNEMENT

Le fonctionnement d'une passe à bassins successifs dépend de plusieurs critères qui permettent d'évaluer la fonctionnalité piscicole de l'ouvrage en fonction de la période hydrologique considérée. Il s'agit :

- De la charge dans les fentes, qui doit être suffisante afin de permettre le passage du poisson ;
- De la hauteur de chute entre les bassins, en fonction des espèces à faire franchir ;
- Du type de jet, plongeant ou de surface, en fonction des espèces à faire franchir ;
- Du tirant d'eau dans les bassins, qui doit être supérieur à 2 fois la hauteur de chute entre bassins ;
- De la puissance volumique dissipée dans les bassins, généralement comprise entre 100-150 W/m³ pour les petites espèces, et 200-250 W/m³ pour les espèces de plus grandes tailles (grands cyprinidés, Truite fario).

Les différentes espèces de poissons ne disposant pas des mêmes capacités de nage, la valeur retenue pour chacun de ces critères dépendra par conséquent de l'espèce (ou groupe d'espèces) mais également de la taille (stade du cycle de croissance) des individus concernés.

Les critères hydrauliques retenus pour la conception du dispositif sont :

Tabl. 3 - Critères hydrauliques retenus pour le dimensionnement des passes à bassins successifs

Critères de dimensionnement	
Type de jet	Surface
Hauteur de chute maximale	0.20 à 0.25 m
Largeur d'ouverture minimale	0.30 m
Puissance dissipée maximale	150 W/m ³

4.3. GEOMETRIE DE L'OUVRAGE

4.3.1. Dimensions des bassins

La chute de dimensionnement entre deux bassins est fixée à 25 cm, afin de limiter l'emprise de la passe mais aussi la longueur du dispositif. De plus, ce dimensionnement est le meilleur compromis cout/bénéfice et notamment en terme d'efficience.

La largeur des fentes est de 30 cm afin de bénéficier d'un débit d'alimentation (0.55 m³/s environ), pour les douze premières cloisons, la treizième est fixée à 45 cm.

La largeur et la longueur des bassins ont été choisies afin de bénéficier du meilleur compromis entre efficacité du dispositif et emprise au sol, en particulier de manière à ce que le dispositif puisse être accolé à la microcentrale. Chacun des bassins respecte les ratios préconisés par les guides techniques de conception de passes à poissons et les retours d'expérience (longueur minimale égale à 10 fois la largeur d'une fente par exemple). Dans ce cadre, la longueur est de

3.00m quant à la largeur des bassins, elle a été fixée respectivement 2.50m, sauf pour le bassin n°13.

Compte tenu d'une hauteur de chute maximale de 3.10m pour les débits d'étiage et d'une chute moyenne entre les bassins de 25 cm, le dispositif devra présenter 13 cloisons qui délimiteront 12 bassins successifs. La profondeur des bassins retenue permet de disposer de 1.13 m de lame d'eau à l'étiage afin d'assurer une dissipation d'énergie « confortable ».

Les caractéristiques géométriques de l'ouvrage sont synthétisées dans le tableau suivant :

N° Cloison	Largeur de fente (m)	Coefficient de fente μ	Cote seuil de la fente (m NGF)	Cote radier amont cloison (m NGF)	N°Bassin	Cote radier mi-bassin (m NGF)	Longueur bassin (m)	Largeur bassin (m)
1	0.30	0.75	315.85	315.70	1	315.58	3.00	2.50
2	0.30	0.75	315.60	315.45	2	315.33	3.00	2.50
3	0.30	0.75	315.35	315.20	3	315.08	3.00	2.50
4	0.30	0.75	315.10	314.95	4	314.83	3.00	2.50
5	0.30	0.75	314.85	314.70	5	314.58	3.00	2.50
6	0.30	0.75	314.60	314.45	6	314.33	3.00	2.50
7	0.30	0.75	314.35	314.20	7	314.08	3.00	2.50
8	0.30	0.75	314.10	313.95	8	313.83	3.00	2.50
9	0.30	0.75	313.85	313.70	9	313.58	3.00	2.50
10	0.30	0.75	313.60	313.45	10	313.33	3.00	2.50
11	0.30	0.75	313.35	313.20	11	313.08	3.00	2.50
12	0.30	0.75	313.10	312.95	12	312.83	3.00	2.50
13	0.45	0.75	313.10	312.70				

Tabl. 4 - Caractéristiques géométriques de la passe

4.3.2. Dimensions des déflecteurs

Les déflecteurs des cloisons ont été conçus en tenant compte des dimensions des bassins (longueur et largeur). Leur dimensionnement se base sur les ratios préconisés par l'AFB et par le retour d'expérience des passes à simple fente fonctionnelle (*Larinier et al., 2006*).

Les déflecteurs seront identiques pour les douze premières cloisons.

Les caractéristiques géométriques des déflecteurs sont synthétisées dans le plan suivant :

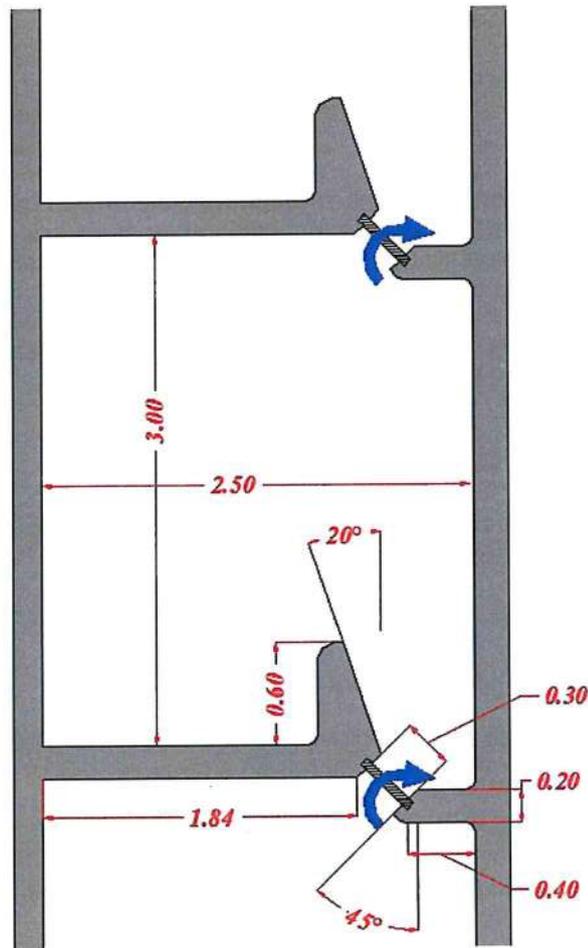


Fig. 31. Détail des caractéristiques géométriques d'un bassin

Parallèlement, les déflecteurs du bassin n°13 auront les caractéristiques suivantes :

- Longueur du déflecteur central de 0.90 m ;
- Angle alpha de 20 ° ;
- Angle beta de 45 °.

4.4. CONCEPTION DE L'OUVRAGE

Pour rappel, la construction de la passe à poissons s'intègre dans un projet de construction de microcentrale hydroélectrique. Le calcul des fondations et l'intégration de la conception de la passe à poissons sans tenir compte du projet global parait, ici, non pertinent.

Les fondations et plus globalement la conception génie-civil de la passe devront être intégrées dans l'expertise structure du projet.

4.4.1. Fondations

Pour rappel, les investigations géotechniques réalisées par le cabinet ALIOS sont jointes en annexe de ce rapport et font état d'un sol à faibles caractéristiques mécaniques jusqu'à 5 mètres, au-delà, le sol comporte de bonnes caractéristiques mécaniques (calcaire).

La passe à poissons s'insère dans le projet de construction de microcentrale hydroélectrique, elle sera accolée aux murs latéraux du canal d'amenée et de fuite et au bâtiment de la microcentrale. Par conséquent, le calcul des fondations de la passe à poissons sera déterminé en étroite relation avec le calcul des fondations de la microcentrale.

Seul, le cabinet expert en structure donnera son avis et déterminera les fondations et la stabilité structurelle de l'ensemble du projet.

4.4.2. Rugosité de fond

Une couche de blocs sera constituée sur le radier en béton afin de créer une rugosité de fond facilitant la montaison des espèces piscicoles.

Les blocs employés auront les caractéristiques techniques suivantes :

- Fuseau granulométrique : 20 cm à 30 cm.

Dans leur mise en œuvre, ces blocs seront pris dans le béton sur au moins la moitié de leur hauteur. Ils recouvriront la surface du bassin à hauteur de 30 à 50%.

Cette couche de fond doit apporter de la rugosité. Par conséquent, ces blocs ne seront pas jointoyés de façon à conserver les interstices entre les éléments (hauteur utile de 10 à 15 cm). Egalement, les angles vifs seront privilégiés afin d'offrir un degré de rugosité supérieur.

4.4.3. Ouvrage en béton

Les principales dispositions constructives relatives aux éléments en béton sont précisées ci-après :

- Epaisseur des cloisons : 20 cm ;
- Epaisseur des voiles latéraux : 20 cm (à l'exception du voile latéral droit, dont l'épaisseur varie selon la localisation dans la passe) ;
- Epaisseur du radier en béton : 30 cm minimum.

L'ensemble de l'ouvrage sera réalisé en béton armé. Les plans d'exécution de l'ouvrage et notamment de ferrailage seront produits par l'entreprise de travaux retenue et validé par le maître d'œuvre.

Ces principales dispositions seront validées par les études structures BGT.

4.5. AMENAGEMENTS CONNEXES

Outre l'ouvrage en génie civil, plusieurs équipements annexes sont prévus dans le cadre du projet d'aménagement, visant à faciliter l'entretien du dispositif et sécuriser l'ouvrage. Les aménagements envisagés sont les suivants :

4.5.1. Système de batardage

Pour les besoins de maintenance, des batardeaux pourront être mis en place sur chacune des fentes afin d'isoler hydrauliquement tout ou partie des bassins.

Toutes les fentes seront équipées de fers en « U » pour l'insertion et le maintien des batardeaux.

4.5.2. Pare-embâcles

Afin d'empêcher l'entrée de flottants dans la passe, susceptibles de colmater les fentes et de réduire l'efficacité du dispositif, une grille sera fixée au niveau du bassin de tranquillisation (sans chute). Cette grille sera également munie de fers en « U » pour l'insertion de batardeaux.

Cette grille descendra jusqu'au fond de la retenue mais sera en charge pour des débits supérieurs à 3*module, de plus, elle possèdera un espacement entre les barreaux de 30cm.

Cette grille procédera une largeur de 1.00m et une hauteur de 1.40m.

Les barreaux de la grille seront de forme cylindrique, afin de conserver une bonne débitance et minimiser les pertes de charge. Le diamètre retenu pour les barreaux a été fixé à 30 mm au minimum.

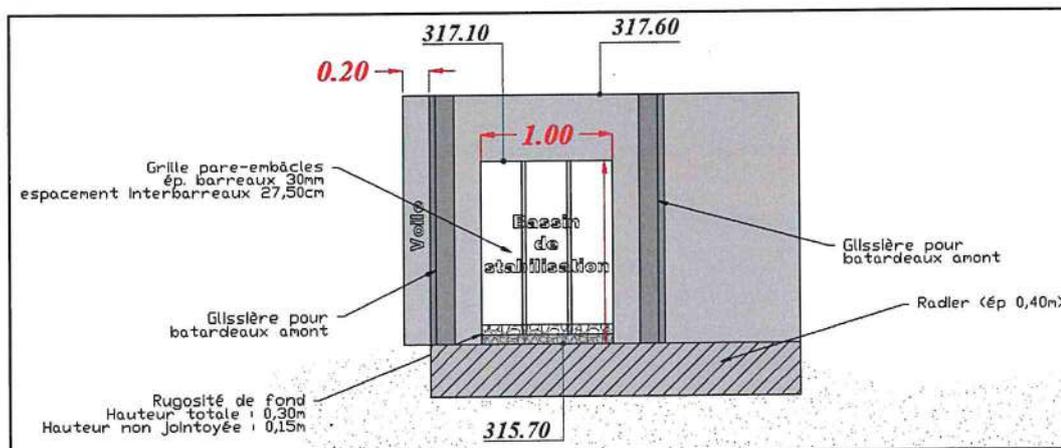


Fig. 32. Pare-embâcle situé en amont du bassin de stabilisation

4.5.3. Caillebotis

Afin de sécuriser l'ouvrage et d'éviter toute chute de personne dans les bassins, nous préconisons la mise en place d'un caillebotis sur l'ensemble de la passe à poissons.

La sécurité de la microcentrale (canal d'amenée et de fuite) n'est pas intégrée dans notre mission.

4.5.4. Garde-corps

Au-delà du caillebotis sur la passe à poissons, un garde-corps sera installé au niveau des canaux d'amenée et de restitution et au niveau de la passerelle de franchissement, afin de sécuriser l'ensemble des ouvrages vis-à-vis du risque de chute de personne.

4.6. SURVEILLANCE ET ENTRETIEN

Ce type de dispositif est très sensible aux embâcles, qui peuvent venir colmater l'entrée hydraulique et créer une perte de charge conséquente, source de dysfonctionnement de l'ouvrage.

Dans le cas présent, la plupart des embâcles se forment sur le déversoir, qui constitue l'axe principal de l'écoulement. En complément, la grille implantée en amont du bassin de tranquillisation permettra d'éviter l'entrée de flottants dans le dispositif, limitant ainsi au maximum le colmatage des fentes.

Malgré cela, ce type de dispositif nécessite un entretien régulier. Une surveillance hebdomadaire, sous la forme d'une inspection visuelle, devra être instaurée afin de s'assurer que l'entrée hydraulique et les différentes fentes ne sont pas colmatées par d'éventuels branchages.

Une attention particulière sera portée la grille amont, qui devra être dépourvue d'embâcles pour un fonctionnement optimal de la passe. En cas de nécessité, l'exploitant veillera à libérer le passage des écoulements à l'aide d'un outil approprié (de type râteau par exemple). Les petits éléments pourront être déviés sur le déversoir, unique exutoire proche sur la retenue amont.

Des opérations de maintenance plus importantes seront également prévues à échéance fixe (annuelle ou pluri-annuelle), durant lesquelles un ou plusieurs bassins seront vidés. La mise en place d'un batardeau dans chaque fente dans les encoches prévues à cet effet permettra d'isoler hydrauliquement tout ou partie des bassins. Une vérification sera portée sur le fond des bassins, qui ne devra pas (ou peu) être sujet au colmatage dans le but de préserver la rugosité initiale.

5. FONCTIONNALITE DE L'OUVRAGE

5.1. TESTS DE FONCTIONNEMENT

Pour chaque débit caractéristique de la plage de fonctionnement du dispositif, un test de fonctionnalité de l'ouvrage a été réalisé à l'aide du logiciel CASSIOPEE, développé par l'AFB. Sur la base des résultats de l'analyse hydrologique et hydraulique du site, ainsi que sur la loi hauteur/débit obtenue dans l'aménagement du complexe Ludwigsburg/Bréviers, ce logiciel conçu pour le dimensionnement des passes à bassins successifs permet de calculer les paramètres hydrauliques dans chaque bassin en fonction des niveaux d'eau amont et aval.

Les résultats obtenus pour chaque débit caractéristique sont présentés au travers des tableaux suivants :

QMNA5 = 2.35 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	316.96								
					1	0.25	0.553	315.85	SURFACE
1	316.71	159	1.130	0.196					
					2	0.25	0.553	315.60	SURFACE
2	316.46	159	1.130	0.196					
					3	0.25	0.553	315.35	SURFACE
3	316.21	159	1.130	0.196					
					4	0.25	0.553	315.10	SURFACE
4	315.96	159	1.131	0.196					
					5	0.25	0.553	314.85	SURFACE
5	315.71	159	1.131	0.196					
					6	0.25	0.553	314.60	SURFACE
6	315.46	159	1.132	0.195					
					7	0.25	0.553	314.35	SURFACE
7	315.21	159	1.133	0.195					
					8	0.25	0.553	314.10	SURFACE
8	314.96	158	1.134	0.195					
					9	0.25	0.553	313.85	SURFACE
9	314.72	158	1.136	0.195					
					10	0.25	0.553	313.60	SURFACE
10	314.47	157	1.138	0.194					
					11	0.25	0.553	313.35	SURFACE
11	314.22	155	1.142	0.194					
					12	0.25	0.553	313.10	SURFACE
12	313.98	154	1.148	0.193					
					13	0.18	0.553	313.10	SURFACE
Aval	313.80								

Q _{mod} = 18.97 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	316.96								
1	316.71	158	1.132	0.195	1	0.25	0.551	315.85	SURFACE
2	316.46	157	1.135	0.194	2	0.25	0.551	315.60	SURFACE
3	316.22	155	1.138	0.194	3	0.25	0.551	315.35	SURFACE
4	315.97	153	1.144	0.193	4	0.24	0.551	315.10	SURFACE
5	315.73	151	1.152	0.191	5	0.24	0.551	314.85	SURFACE
6	315.49	147	1.164	0.189	6	0.24	0.551	314.60	SURFACE
7	315.26	142	1.180	0.187	7	0.23	0.551	314.35	SURFACE
8	315.03	136	1.203	0.183	8	0.23	0.551	314.10	SURFACE
9	314.81	127	1.234	0.179	9	0.22	0.551	313.85	SURFACE
10	314.61	117	1.276	0.173	10	0.20	0.551	313.60	SURFACE
11	314.41	104	1.333	0.165	11	0.19	0.551	313.35	SURFACE
12	314.24	90	1.405	0.157	12	0.18	0.551	313.10	SURFACE
13					13	0.11	0.551	313.10	SURFACE
Aval	314.13								

Q _{90%} = 38.50 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	317.07								
1	316.82	155	1.245	0.194	1	0.25	0.603	315.85	SURFACE
2	316.58	153	1.251	0.193	2	0.24	0.603	315.60	SURFACE
3	316.34	151	1.259	0.191	3	0.24	0.603	315.35	SURFACE
4	316.10	147	1.271	0.190	4	0.24	0.603	315.10	SURFACE
5	315.87	143	1.287	0.187	5	0.23	0.603	314.85	SURFACE
6	315.64	137	1.310	0.184	6	0.23	0.603	314.60	SURFACE
7	315.42	129	1.340	0.180	7	0.22	0.603	314.35	SURFACE
8	315.21	119	1.380	0.175	8	0.21	0.603	314.10	SURFACE
9	315.01	108	1.432	0.168	9	0.20	0.603	313.85	SURFACE
10	314.83	96	1.499	0.161	10	0.18	0.603	313.60	SURFACE
11	314.66	83	1.582	0.152	11	0.17	0.603	313.35	SURFACE
12	314.51	70	1.682	0.143	12	0.15	0.603	313.10	SURFACE
13					13	0.08	0.603	313.10	SURFACE
Aval	314.43								

Fig. 33. Analyse de la fonctionnalité de l'ouvrage sur l'ensemble de sa plage de fonctionnement

L'ouvrage présente une bonne fonctionnalité globale sur la plage de fonctionnement retenue, soit du QMNA5 à 3 fois le module :

- Les hauteurs de chute restent inférieures à 25 cm à l'étiage, et de l'ordre de 8 cm à 3 fois le module, ce qui permet de conserver la visibilité de l'entrée piscicole du dispositif ;
- Les puissances volumiques dissipées restent autour de 150 W/m³, ce qui est compatible avec le peuplement piscicole ciblé ;
- Les hauteurs d'eau sur les fentes sont de 100 cm au minimum, ce qui permet un franchissement confortable des plus grandes espèces.

5.2. TESTS DE ROBUSTESSE

5.2.1. Variation du coefficient de débit

La plage de fonctionnement est identique mais le coefficient de débit passe à 0.78 (selon la publication de Wang et al). De manière générale, le fonctionnement hydraulique reste acceptable, malgré une puissance dissipée un peu élevée pour les premiers bassins.

N° Cloison	Largeur de fente (m)	Coefficient de fente μ	Cote seuil de la fente (m NGF)	Cote radier amont cloison (m NGF)	N° Bassin	Cote radier mi-bassin (m NGF)	Longueur bassin (m)	Largeur bassin (m)
1	0.30	0.78	315.85	315.70	1	315.58	3.00	2.50
2	0.30	0.78	315.60	315.45	2	315.33	3.00	2.50
3	0.30	0.78	315.35	315.20	3	315.08	3.00	2.50
4	0.30	0.78	315.10	314.95	4	314.83	3.00	2.50
5	0.30	0.78	314.85	314.70	5	314.58	3.00	2.50
6	0.30	0.78	314.60	314.45	6	314.33	3.00	2.50
7	0.30	0.78	314.35	314.20	7	314.08	3.00	2.50
8	0.30	0.78	314.10	313.95	8	313.83	3.00	2.50
9	0.30	0.78	313.85	313.70	9	313.58	3.00	2.50
10	0.30	0.78	313.60	313.45	10	313.33	3.00	2.50
11	0.30	0.78	313.35	313.20	11	313.08	3.00	2.50
12	0.30	0.78	313.10	312.95	12	312.83	3.00	2.50
13	0.45	0.78	313.10	312.70				

QMNA5 = 2.35 m3/s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	316.96								
1	316.71	166	1.130	0.204	1	0.25	0.575	315.85	SURFACE
2	316.46	166	1.130	0.204	2	0.25	0.575	315.60	SURFACE
3	316.21	166	1.130	0.204	3	0.25	0.575	315.35	SURFACE
4	315.96	166	1.131	0.203	4	0.25	0.575	315.10	SURFACE
5	315.71	166	1.131	0.203	5	0.25	0.575	314.85	SURFACE
6	315.46	165	1.132	0.203	6	0.25	0.575	314.60	SURFACE
7	315.21	165	1.133	0.203	7	0.25	0.575	314.35	SURFACE
8	314.96	165	1.134	0.203	8	0.25	0.575	314.10	SURFACE
9	314.72	164	1.136	0.203	9	0.25	0.575	313.85	SURFACE
10	314.47	163	1.138	0.202	10	0.25	0.575	313.60	SURFACE
11	314.22	162	1.142	0.201	11	0.25	0.575	313.35	SURFACE
12	313.98	160	1.148	0.200	12	0.25	0.575	313.10	SURFACE
					13	0.18	0.575	313.10	SURFACE
Aval	313.80								

Qmod = 18.97 m3/s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	316.96								
1	316.71	164	1.132	0.203	1	0.25	0.573	315.85	SURFACE
2	316.46	163	1.135	0.202	2	0.25	0.573	315.60	SURFACE
3	316.22	162	1.138	0.201	3	0.25	0.573	315.35	SURFACE
4	315.97	160	1.144	0.200	4	0.24	0.573	315.10	SURFACE
5	315.73	157	1.152	0.199	5	0.24	0.573	314.85	SURFACE
6	315.49	153	1.164	0.197	6	0.24	0.573	314.60	SURFACE
7	315.26	148	1.180	0.194	7	0.23	0.573	314.35	SURFACE
8	315.03	141	1.203	0.191	8	0.23	0.573	314.10	SURFACE
9	314.81	132	1.234	0.186	9	0.22	0.573	313.85	SURFACE
10	314.61	121	1.276	0.180	10	0.20	0.573	313.60	SURFACE
11	314.41	108	1.333	0.172	11	0.19	0.573	313.35	SURFACE
12	314.24	94	1.405	0.163	12	0.18	0.573	313.10	SURFACE
					13	0.11	0.573	313.10	SURFACE
Aval	314.13								

Q90% = 38.50 m3/s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente (m NGF)	Type de jet
Amont	317.07								
					1	0.25	0.627	315.85	SURFACE
1	316.82	161	1.245	0.201					
					2	0.24	0.627	315.60	SURFACE
2	316.58	159	1.251	0.200					
					3	0.24	0.627	315.35	SURFACE
3	316.34	157	1.259	0.199					
					4	0.24	0.627	315.10	SURFACE
4	316.10	153	1.271	0.197					
					5	0.23	0.627	314.85	SURFACE
5	315.87	148	1.287	0.195					
					6	0.23	0.627	314.60	SURFACE
6	315.64	142	1.310	0.191					
					7	0.22	0.627	314.35	SURFACE
7	315.42	134	1.340	0.187					
					8	0.21	0.627	314.10	SURFACE
8	315.21	124	1.380	0.182					
					9	0.20	0.627	313.85	SURFACE
9	315.01	113	1.432	0.175					
					10	0.18	0.627	313.60	SURFACE
10	314.83	100	1.499	0.167					
					11	0.17	0.627	313.35	SURFACE
11	314.66	86	1.582	0.158					
					12	0.15	0.627	313.10	SURFACE
12	314.51	73	1.682	0.149					
					13	0.08	0.627	313.10	SURFACE
Aval	314.43								

Fig. 34. Résultats des tests de robustesse tenant compte d'un coefficient de débit de 0.78

5.2.2. Variation du niveau d'eau

Egalement, plusieurs tests de robustesses ont été menés, avec les niveaux d'eau plus élevés et plus faibles selon les débits. En effet, la configuration de la passe à poissons s'est basée sur la loi hauteur/débit future, qui elle-même s'est basée sur les niveaux d'eau mesurés par la société ID'RO. Néanmoins, une modélisation a été réalisée pour conforter ces mesures.

Afin de s'assurer de la pérennité du fonctionnement hydraulique de l'ouvrage, une variation des niveaux d'eau de plus ou moins 10cm a été réalisée (comprend les niveaux d'eau mesurés et simulés).

Les hypothèses sont :

- Variation du niveau amont de +5cm et du niveau aval de -10cm (de QMNA5) ;
- Variation du niveau aval de +10 cm et -10cm (de Q27% à Qmod) --> aucune variation du niveau d'eau amont car microcentrale en fonctionnement ;
- Variation de niveau amont de +5cm et niveau aval de -5cm (Q80% et Q90%).

La passe reste fonctionnelle malgré une puissance dissipée qui peut monter jusqu'à 174 et une chute allant jusqu'à 27cm. Au-delà, la passe à poissons semble fonctionner correctement.

5.2.3. Dimensionnement de l'entrée piscicole

A noter, que ce dimensionnement hydraulique a été testé avec les formules associées aux fentes verticales, néanmoins, cet élargissement peut conduire à un abaissement du tirant d'eau, traduisant le fonctionnement d'une échancrure. Ne connaissant pas la limite des formules, nous avons testé la passe à poissons à travers les deux formules hydrauliques (ventes verticales et échancrures).

N° Cloison	Largeur de fente (m)	Coefficient de fente μ	Cote seuil de la fente (m NGF)	Largeur d'échancrure (m)	Coefficient d'échancrure μ	Cote seuil d'échancrure (m NGF)	Cote radier amont cloison (m NGF)	N° Bassin	Cote radier mi-bassin (m NGF)	Longueur bassin (m)	Largeur bassin (m)
1	0.30	0.75	315.85				315.70				
2	0.30	0.75	315.60				315.45	1	315.58	3.00	2.50
3	0.30	0.75	315.35				315.20	2	315.33	3.00	2.50
4	0.30	0.75	315.10				314.95	3	315.08	3.00	2.50
5	0.30	0.75	314.85				314.70	4	314.83	3.00	2.50
6	0.30	0.75	314.60				314.45	5	314.58	3.00	2.50
7	0.30	0.75	314.35				314.20	6	314.33	3.00	2.50
8	0.30	0.75	314.10				313.95	7	314.08	3.00	2.50
9	0.30	0.75	313.85				313.70	8	313.83	3.00	2.50
10	0.30	0.75	313.60				313.45	9	313.58	3.00	2.50
11	0.30	0.75	313.35				313.20	10	313.33	3.00	2.50
12	0.30	0.75	313.10				312.95	11	313.08	3.00	2.50
13				0.45	0.40	313.10		12	312.83	3.00	2.50

QMNAS = 2.35 m3/s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente / échancrure (m NGF)	Type de jet
Amont	316.96								
1	316.71	159	1.131	0.195	1	0.25	0.552	315.85	SURFACE
2	316.46	158	1.132	0.195	2	0.25	0.552	315.60	SURFACE
3	316.21	158	1.133	0.195	3	0.25	0.552	315.35	SURFACE
4	315.97	157	1.136	0.195	4	0.25	0.552	315.10	SURFACE
5	315.72	156	1.139	0.194	5	0.25	0.552	314.85	SURFACE
6	315.47	154	1.144	0.193	6	0.25	0.552	314.60	SURFACE
7	315.23	152	1.151	0.192	7	0.24	0.552	314.35	SURFACE
8	314.99	149	1.160	0.190	8	0.24	0.552	314.10	SURFACE
9	314.75	145	1.174	0.188	9	0.24	0.552	313.85	SURFACE
10	314.52	139	1.194	0.185	10	0.23	0.552	313.60	SURFACE
11	314.30	131	1.221	0.181	11	0.22	0.552	313.35	SURFACE
12	314.09	122	1.258	0.176	12	0.21	0.552	313.10	SURFACE
Aval	313.80				13	0.29	0.552	313.10	SURFACE

Q _{mod} = 18.97 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente / échancrure (m NGF)	Type de jet
Amont	316.96								
					1	0.25	0.551	315.85	SURFACE
1	316.71	157	1.132	0.194					
					2	0.25	0.551	315.60	SURFACE
2	316.46	156	1.136	0.194					
					3	0.25	0.551	315.35	SURFACE
3	316.22	154	1.141	0.193					
					4	0.24	0.551	315.10	SURFACE
4	315.97	152	1.148	0.192					
					5	0.24	0.551	314.85	SURFACE
5	315.73	149	1.158	0.190					
					6	0.24	0.551	314.60	SURFACE
6	315.49	144	1.172	0.188					
					7	0.23	0.551	314.35	SURFACE
7	315.26	138	1.192	0.185					
					8	0.22	0.551	314.10	SURFACE
8	315.03	131	1.220	0.180					
					9	0.21	0.551	313.85	SURFACE
9	314.81	121	1.258	0.175					
					10	0.20	0.551	313.60	SURFACE
10	314.61	109	1.309	0.168					
					11	0.18	0.551	313.35	SURFACE
11	314.41	96	1.376	0.160					
					12	0.17	0.551	313.10	SURFACE
12	314.24	81	1.460	0.151					
					13	0.16	0.551	313.10	SURFACE
Aval	314.13								

Q _{90%} = 38.50 m ³ /s									
N° Bassin	Niveau d'eau (m NGF)	P/V (W/m ³)	Tirant d'eau (m)	Vitesse débitante (m/s)	N° Cloison	Chute (m)	Débit (m ³ /s)	Cote seuil de la fente / échancrure (m NGF)	Type de jet
Amont	317.07								
					1	0.25	0.602	315.85	SURFACE
1	316.82	155	1.245	0.193					
					2	0.24	0.602	315.60	SURFACE
2	316.58	153	1.252	0.192					
					3	0.24	0.602	315.35	SURFACE
3	316.34	150	1.261	0.191					
					4	0.24	0.602	315.10	SURFACE
4	316.10	146	1.274	0.189					
					5	0.23	0.602	314.85	SURFACE
5	315.87	141	1.292	0.186					
					6	0.23	0.602	314.60	SURFACE
6	315.64	134	1.316	0.183					
					7	0.22	0.602	314.35	SURFACE
7	315.42	126	1.349	0.179					
					8	0.21	0.602	314.10	SURFACE
8	315.21	116	1.393	0.173					
					9	0.19	0.602	313.85	SURFACE
9	315.01	105	1.449	0.166					
					10	0.18	0.602	313.60	SURFACE
10	314.83	92	1.520	0.158					
					11	0.16	0.602	313.35	SURFACE
11	314.66	79	1.608	0.150					
					12	0.15	0.602	313.10	SURFACE
12	314.51	66	1.713	0.141					
					13	0.11	0.602	313.10	SURFACE
Aval	314.43								

Fig. 35. Fonctionnement de la passe à poissons – échancrure de 45 cm

Nous remarquons que nous avons une faible augmentation de la chute aval avec les échancrures, néanmoins, elle ne remet pas en cause le dimensionnement.

SECTION 3

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET MODALITES D'EXECUTION

1. PROVENANCE, QUALITE ET MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX

Dans cette partie, nous nous attacherons uniquement à indiquer les matériaux à mettre en place pour la conception de la passe à poissons uniquement. Ces hypothèses devront être validées par l'expert structure, en charge du projet global (microcentrale + passe à poissons).

1.1. PRESCRIPTIONS GENERALES

Tous les matériaux utilisés pour la réalisation des aménagements devront être de qualité et de provenances agréées par le Maître d'Œuvre et devront satisfaire aux normes ou, à défaut, aux spécifications.

Le titulaire du marché devra fournir au Maître d'Œuvre, pour les matériaux amenés en fourniture, une définition des matériaux avec essais d'identification.

Les provenances devront être soumises à l'agrément du Maître d'Œuvre en temps utile pour respecter le délai d'exécution, et au maximum à la fin de la période de préparation.

Une copie de tous les bons de livraison des matériaux, matériels ou ouvrages sera systématiquement remise au Maître d'œuvre.

1.1.1. Matériaux et produits normalisés

Les produits et composants fournis par l'entreprise titulaire du marché devront être conformes aux normes européennes, sinon aux normes françaises NF. Selon les prescriptions de l'AFNOR et selon les textes de référence (décret 84.74 du 26 Janvier 1984, modifié par décret 90.653 du 18 Juillet 1990, et de la circulaire du premier Ministre du 13 Février 1991), il sera fait obligatoirement référence aux normes françaises NF, pour les matériaux en bénéficiant, ou aux autres normes reconnues équivalentes.

1.1.2. Matériaux et produits non normalisés

En cas d'absence de normes ou d'avis techniques sur les produits, les propositions du titulaire du marché seront soumises à l'approbation du Maître d'Œuvre et du Maître d'Ouvrage.

1.1.3. Lieu de stockage provisoire des matériaux

Le titulaire du marché devra prendre toutes les dispositions nécessaires pour stocker les fournitures qui ne pourront être installées directement à leur emplacement définitif. Les lieux de stockage seront définis dans le cadre des documents à fournir pendant la phase de préparation du chantier.

Le titulaire du marché pourra prendre directement contact avec le Maître d'ouvrage et la commune pour définir l'emplacement le plus favorable à l'installation du chantier.

1.1.4. Chargement – Transport – Stockage

1.1.4.1. CHARGEMENT

Les matériaux, éventuellement brisés lors des opérations de chargement, seront évacués par le titulaire du marché sur un site agréé.

1.1.4.2. TRANSPORT

Le transport sera effectué par camions équipés d'une benne type enrochements.

Lors d'approvisionnement en carrière, le transport comprendra un arrêt pour pesage des camions.

1.1.4.3. STOCKAGE

Les matériaux seront livrés sur dépôt provisoire après accord du Maître d'Œuvre, dans les limites d'emprise des travaux.

Les matériaux devront être stockés de façon à ne pas perturber le passage éventuel des crues.

1.1.5. Essais de contrôle des livraisons

Le Maître d'Œuvre a la possibilité de demander au titulaire du marché des essais de contrôle de qualité des matériaux s'il juge que les conditions d'exploitation en carrière conduisent à un changement de cette qualité.

En cours de travaux, à chaque fois que le Maître d'Œuvre le demandera, il sera fait un contrôle de granulométrie/blocométrie et de la forme des matériaux.

1.2. ENROCHEMENTS

1.2.1. Mise en œuvre

1.2.1.1. RUGOSITES DE FOND DES BASSINS

Une couche de blocs sera constituée sur le radier en béton afin de créer une rugosité de fond facilitant la montaison des espèces piscicoles. Le but de créer un fond qui se rapproche d'un fond naturel, il ne pourra pas être réalisé en préfabriqué.

L'agencement des blocs nécessitera le plus grand soin et ils devront être mis en place un à un, d'aval vers l'amont.

La mise en œuvre de ces blocs devra respecter les règles suivantes :

- Pose des enrochements hors d'eau ;
- Mise en œuvre des enrochements un à un à l'aide d'une pelle hydraulique munie d'une pince, en commençant par l'aval et en remontant vers l'amont ;
- Mise en œuvre par déversement ou par poussage aux engins prohibée. En effet, elle ne permet aucune reprise dans l'arrangement des blocs et peut conduire à une fracturation des blocs dans des proportions excessives ;

- Arrangement des blocs de façon à présenter une rugosité maximale. Cela revient à mettre leur grand axe perpendiculairement au sens d'écoulement ;
- Liaisonnement des blocs au radier bétonné sur au moins la moitié de leur hauteur ;
- Les blocs ne seront pas jointoyés sur toute leur hauteur, de façon à conserver les interstices entre les éléments. Une hauteur utile (au-dessus du radier en béton) de 10 à 15cm sera conservée ;
- Angles vifs privilégiés dans le choix des enrochements ;
- Recouvrement de la surface des bassins par les blocs à hauteur de 30 à 50% ;
- La tolérance de calage des enrochements du radier est de ± 2 cm.



Fig. 36. Mise en œuvre de la rugosité de fonds - Mirebeau-sur-Bèze

1.2.1.2. FOSSE DE DISSIPATION AVAL

La fosse de dissipation sera localisée à l'aval de la passe à poissons, au pied de la simple fente du dernier bassin. Elle sera composée d'enrochements libres mis en place sur une longueur de 2 m au minimum.

Cet aménagement permettra de limiter les phénomènes d'affouillement à l'aval de l'ouvrage.

L'agencement des enrochements nécessitera le plus grand soin et ils devront être mis en place un à un. Leur mise en œuvre respectera les règles suivantes :

- Pose des enrochements hors d'eau, nécessitant un assèchement des fouilles ;
- Mise en œuvre des enrochements un à un à l'aide d'une pelle hydraulique munie d'une pince, en commençant par l'aval et en remontant vers l'amont ;

- Mise en œuvre par déversement ou par poussage aux engins prohibée. En effet, elle ne permet aucune reprise dans l'arrangement des blocs et peut conduire à une fracturation des blocs dans des proportions excessives ;
- Les blocs constituant les couches directement en contact avec l'assise seront choisis parmi les plus petits du stock ;
- Disposition des blocs d'enrochements de manière à ce qu'il subsiste le minimum de vide ;
- Agencement des blocs au minimum de niveau « dense », soit 5 points de contact exigés pour chaque bloc avec les blocs limitrophes.

1.2.1.3. PROTECTION DE BERGE AMONT

La carapace sera constituée par l'agencement de deux épaisseurs d'enrochements appareillés.

La mise en œuvre des enrochements de la protection de berge devra respecter les règles suivantes :

- Pose des enrochements hors d'eau, nécessitant un assèchement des fouilles ;
- Mise en œuvre des enrochements un à un à l'aide d'une pelle hydraulique munie d'une pince, en commençant par la partie basse au contact du radier et en remontant vers le haut du talus ;
- Mise en œuvre par déversement ou par poussage aux engins prohibée. En effet, elle ne permet aucune reprise dans l'arrangement des blocs et peut conduire à une fracturation des blocs dans des proportions excessives ;
- Les blocs constituant les couches directement en contact avec l'assise seront choisis parmi les plus petits du stock ;
- En aucun cas les différentes couches d'enrochements ne seront réalisées une par une. Les blocs sont imbriqués avec un décalage d'un demi-bloc au fur et à mesure de la constitution de de la carapace du bas vers le haut de la berge ;
- Disposition des blocs d'enrochements de manière à ce qu'il subsiste le minimum de vide
- Arrangement des blocs de façon à présenter une rugosité maximum. Ceci revient à mettre leur grand axe perpendiculairement au sens d'écoulement ;
- Les nids de petits blocs sont prohibés ; de même, la juxtaposition de gros blocs sur les deux couches devra être évitée. Un amalgame de petits, moyens et gros blocs doit être assuré de façon à présenter un revêtement homogène bien imbriqué ;
- Agencement des blocs au minimum de niveau « dense », soit 5 points de contact exigés pour chaque blocs avec les blocs limitrophes ;
- La tolérance de calage de crête de la protection en enrochements est de ± 5 cm.

A noter que le radier de la rampe en enrochements constituera le sabot de la carapace de protection de berge.

1.2.2. Blocométrie

1.2.2.1. DESCRIPTION

La granulométrie des enrochements est définie à partir de 3 critères :

1. P10 et P90

La composition optimale est définie par une répartition linéaire entre les trois valeurs composant le type d'enrochement (x kg/ y kg/ z kg) qui seront appelées P10, P50 et P90 soit :

- 10% des blocs ont un poids < P10 (x kg)
- 50% des blocs ont un poids < P50 (y kg)
- 90% des blocs ont un poids < P90 (z kg)

2. Poids minimal et maximal

Aucun bloc ne devra être inférieur au poids minimal fixé à P10/2.

Aucun bloc ne devra avoir un poids supérieur à 1,5 P90.

3. Poids moyen

Le respect du poids moyen est une contrainte essentielle, tant en ce qui concerne l'approvisionnement que la pose. Nous considérerons ici un poids moyen équivalent au poids médian soit P50.

1.2.2.2. RUGOSITE DE FOND DES BASSINS

La blocométrie des enrochements constituant le fond des bassins sera la suivante :

Type d'enrochements	D 10 (m)	D50 (m)	D90 (m)	P 10 (kg)	P 50 (kg)	P 90 (kg)
10/20/40	0.20	0.25	0.30	10	20	40

1.2.2.3. FOSSE DE DISSIPATION AVAL

La blocométrie des enrochements constituant la fosse de dissipation aval sera la suivante :

Type d'enrochements	D 10 (m)	D50 (m)	D90 (m)	P 10 (kg)	P 50 (kg)	P 90 (kg)
100/200/400	0.42	0.53	0.66	100	200	400

1.2.2.4. BERGE DE PROTECTION AMONT

La blocométrie des enrochements constituant la fosse de dissipation aval sera la suivante :

Type d'enrochements	D 10 (m)	D50 (m)	D90 (m)	P 10 (kg)	P 50 (kg)	P 90 (kg)
---------------------	----------	---------	---------	-----------	-----------	-----------

200/400/800	0.55	0.70	0.85	200	400	800
-------------	------	------	------	-----	-----	-----

1.2.3. Qualité

Les matériaux utilisés doivent être de roche saine non fracturée (norme NF EN 13383-1 et NF EN 13383-2 d'août 2003).

Les exigences suivantes devront être respectées :

- Résistance mécanique permettant d'éviter la fragmentation lors du transport, de la mise en place et des déplacements sous l'effet des courants ;
- Blocs propres, sans inclusion de terre ou de matières organiques ;
- Poids spécifique des blocs supérieur à 2,5 t/m³ ;
- Résistance à l'usure correspondra à un coefficient « Micro Deval » inférieur à 30.
- A noter que les résultats d'essai présentés devront être datés de moins de 2 ans.

1.2.4. Morphologie : définition des tolérances

Les enrochements doivent être à angles marqués, de forme tétraédrique. Ceci exclut les boules glaciaires et les blocs roulés.

Les contraintes de tolérance sur les formes sont les suivantes :

- Moins de 25 % de blocs de longueur (plus grande dimension) supérieure à 2,5 fois l'épaisseur (plus petite dimension) ;
- Les blocs où le rapport ci-dessus est supérieur à 3 doivent être rebutés.

L'élimination des blocs à rebuter se fait soit en carrière, soit sur les dépôts d'agrément, soit à la mise en place si la sortie des tolérances résulte de leur manutention (casse, fracturation).

1.2.5. Mise en dépôt d'agrément

Un stock doit être constitué en carrière en vue de l'agrément. Le contrôle de la blocométrie et des tolérances dimensionnelles se fait par comparaison avec trois blocs représentant P10, P50 et P90 repérés à la peinture rouge. Le stock constitué doit représenter 30 % de l'approvisionnement. Sur site, il doit être impérativement constitué un stock de blocs représentant deux jours de travail d'avance, de façon à garder une marge de manœuvre en cas de non-conformité ou de rupture d'approvisionnement.

1.2.6. Essais de contrôle des livraisons

Le Maître d'œuvre a la possibilité de demander à l'Entrepreneur des essais de contrôle de la qualité des matériaux s'il juge que les conditions de l'exploitation en carrière conduisent à un changement de cette qualité (par exemple, changement de filon en carrière).

En cours de fabrication, à chaque fois que le Maître d'œuvre le juge nécessaire, il est fait un contrôle de blocométrie des enrochements, accompagné d'un contrôle de la forme des blocs. Ce

contrôle porte au minimum sur un poids total des matériaux au moins égal à 10 fois le poids maximum, entreposés en carrière avant le chargement sur le lieu de dépôt provisoire (sur site).

A l'arrivée sur site, le dépôt doit également être contrôlé avant réutilisation, pour déceler et écarter tout bloc qui aura subi, pendant le chargement, le transport ou au déchargement, un éclatement suffisamment important pour ne plus satisfaire aux normes de blocométrie, forme ou gammes de poids. Un contrôle rapide du poids moyen est fait en divisant le poids du chargement par le nombre de blocs.

Des blocs témoins doivent également être disposés sur le chantier.

Pour contrôler le tonnage livré sur la zone de dépôt, l'Entrepreneur doit pouvoir fournir toute justification de pesage des camions.

1.3. AUTRES MATERIAUX

1.3.1. Grille pare-embâcle amont

La grille pare-embâcles amont s'insérera en amont du bassin de tranquillisation. Elle possèdera une hauteur maximale de 1,40 m et une largeur de 1,00 m. Les barreaux seront cylindriques, de diamètre minimal 30 mm, et l'espacement entre les barreaux sera fixé à 30 cm.

Constituée d'acier, elle sera recouverte d'un revêtement noir anti-corrosion.

1.3.2. Caillebotis

Un caillebotis sera installé sur l'ensemble de la passe à poissons.

Le caillebotis utilisé sera en acier à maille croisée pressée crantée dans le sens porteur et travers, avec une maille de 22 mm sens porteur et 25 mm sens travers.

Le caillebotis ainsi que toutes les pièces d'attache sont en acier S235J0 tel que défini par les normes NF EN 10025-1 et NF EN 10025-2. Cet acier est apte à la galvanisation conformément aux prescriptions de l'article 7.4.3 de la norme NF EN 10025-2.

1.3.3. Garde-corps

Un garde-corps sera installé au niveau des canaux d'aménée et de restitution, au niveau de la passerelle de franchissement et au niveau de la passe à poissons, afin de sécuriser l'ensemble des ouvrages vis-à-vis du risque de chute de personne.

Il s'agira d'un garde-corps traité contre la corrosion, non plein (en accord avec les règles de l'art en bord de rivière) comprenant a minima une main courante à 1.10 m de hauteur minimum et respectant la norme XP P98-405 d'avril 1998 « Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil ».

La prestation inhérente aux garde-corps inclut la fabrication, la fourniture, la livraison, la mise en œuvre sur site y compris les scellements et fixations.

1.3.4. Système de batardage

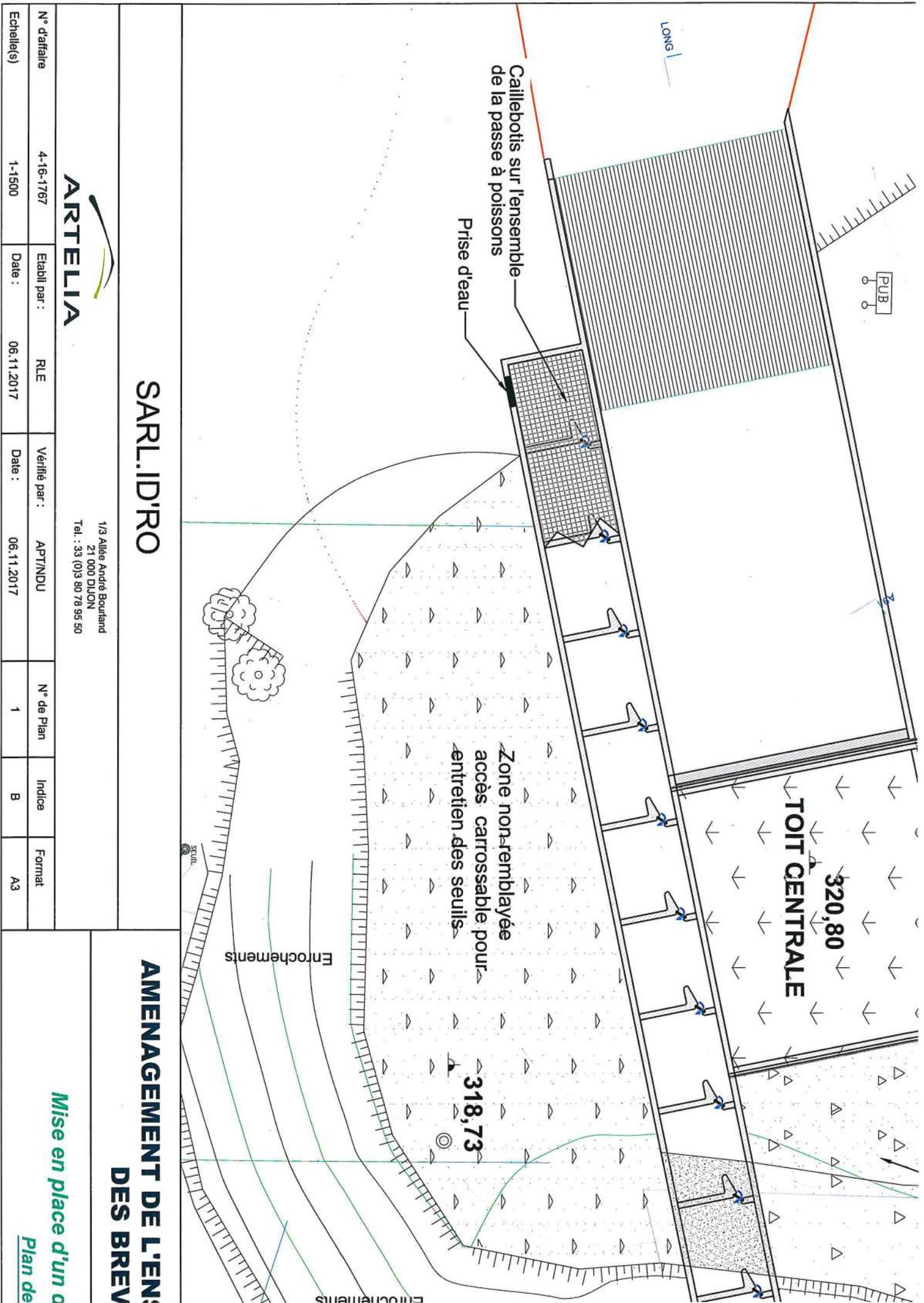
Toutes les fentes seront munies de réservations dans le génie civil pour l'insertion et le maintien des batardeaux. L'entreprise fournira à minima 4 batardeaux en bois, pouvant aller jusqu'à 13, conformes avec les dimensions des fentes de chaque bassin (fente de 30 cm à 45 cm).

Toutes les fentes seront munies de glissières afin de permettre l'installation d'un batardeau pour les besoins des opérations de maintenance et d'entretien.

Des châssis scellés seront mis en place. Ils seront de type glissières en profilés UPN60 ou UPN80, fixées en appui amont sur les fentes de chaque bassin.

Des batardeaux amovibles en bois aux dimensions adaptées seront fournis.

ANNEXE 1 PLANS D'AMENAGEMENTS



SARL.ID'RO

**AMENAGEMENT DE L'EN
DES BREV**



1/3 Allée André Bourland
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

N° d'affaire	4-16-1767	Etabli par :	RLE	Vérifié par :	APT/NDU	N° de Plan	Indice	Format
Echelle(s)	1-1500	Date :	06.11.2017	Date :	06.11.2017	1	B	A3

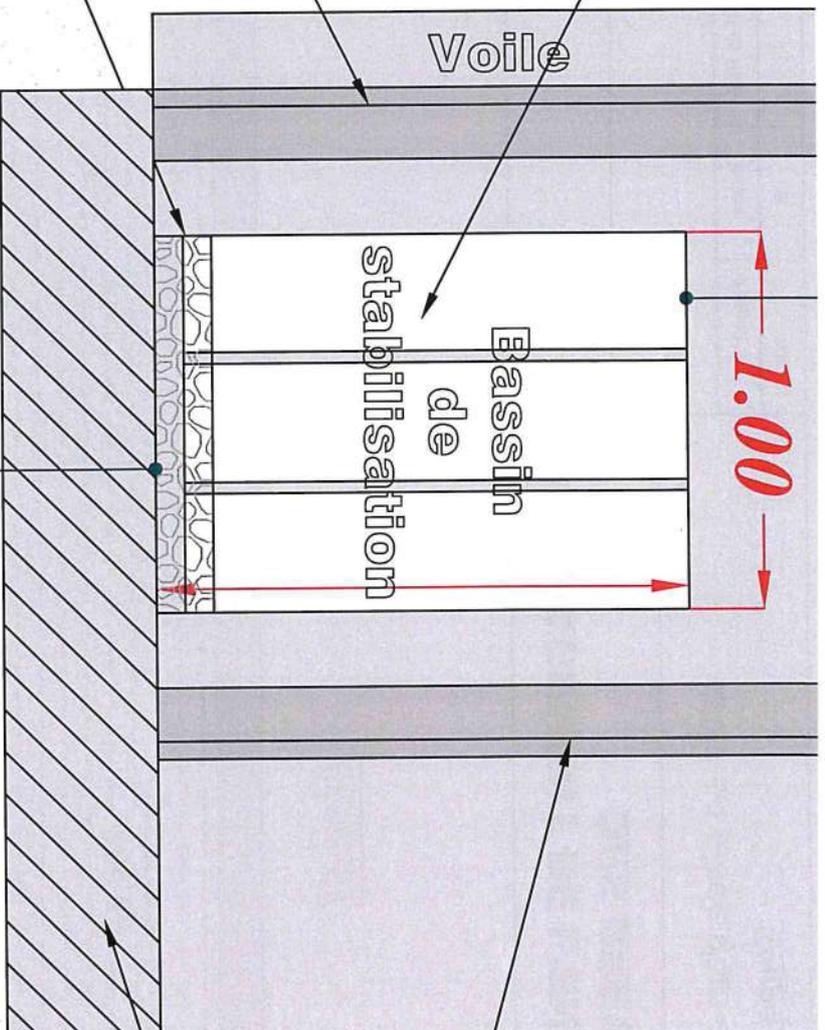
Mise en place d'un a

Plan de

Grille pare-embâcles
ép. barreaux 30mm
espacement interbarreaux 27,50cm

Glissière pour
batardeaux amont

Rugosité de fond
Hauteur totale : 0,30m
Hauteur non jointoyée : 0,15m



SARL.ID'RO

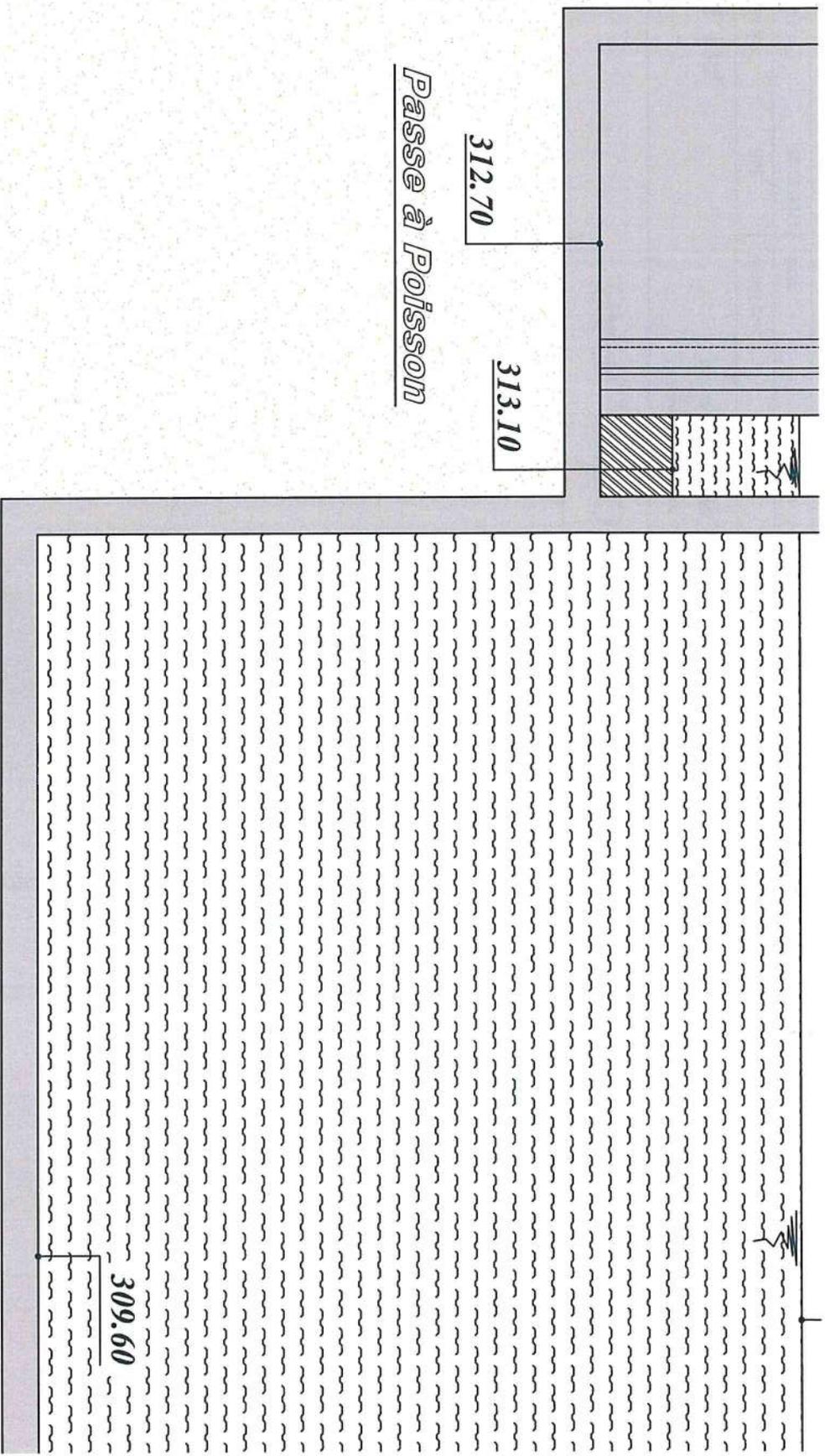
AMENAGEMENT DE L'EN:
DES BREV

ARTELIA

1/3 Allée André Bourland
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

N° d'affaire	4-16-1767	Etabli par :	RLE	Vérifié par :	APT/NDU	N° de Plan	3	Indice	A	Format	A3
Echelle(s)	1-200	Date :	13.03.2017	Date :	15.03.2017						

Mise en place d'un c
Coupe au droit de



Passée à Poisson

312.70

313.10

309.60

Canal

SARL.ID'RO

**AMENAGEMENT DE L'EN
DES BREV**

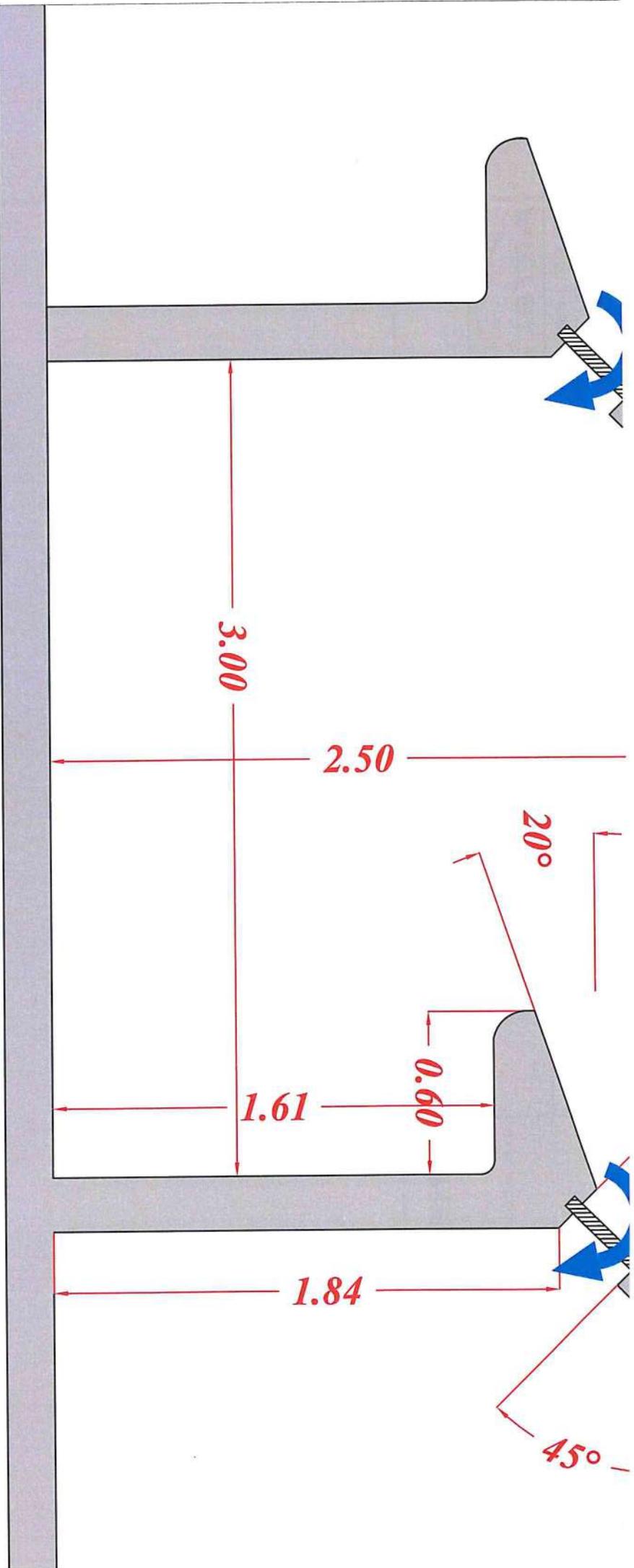


1/3 Allée André Bourland
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

N° d'affaire	4-16-1767	Etabli par :	RLE	Vérifié par :	APT/NDU	N° de Plan	Indice	Format
Echelle(s)	1-350	Date :	13.03.2017	Date :	15.03.2017	4	A	A3

Mise en place d'un c

Coupe :



SARL.ID'RO

**AMENAGEMENT DE L'EN
DES BREV**

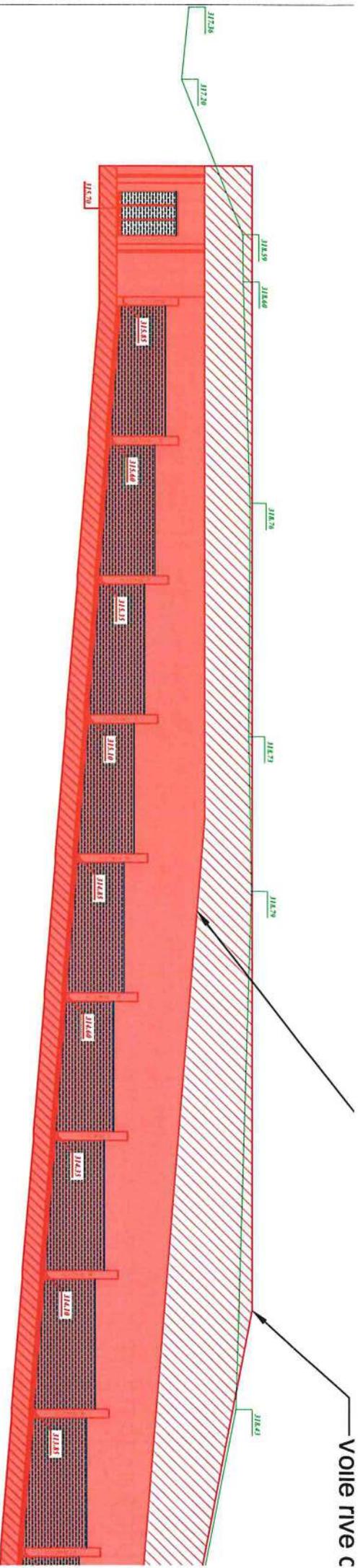


1/3 Allée André Bourland
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

N° d'affaire	4-16-1767	Etabli par :	RLE	Vérifié par :	APT/NDU	N° de Plan	Indice	Format
Echelle(s)	1-200	Date :	13.03.2017	Date :	15.03.2017	2	A	A3

Mise en place d'un c

D



SARL.ID'RO

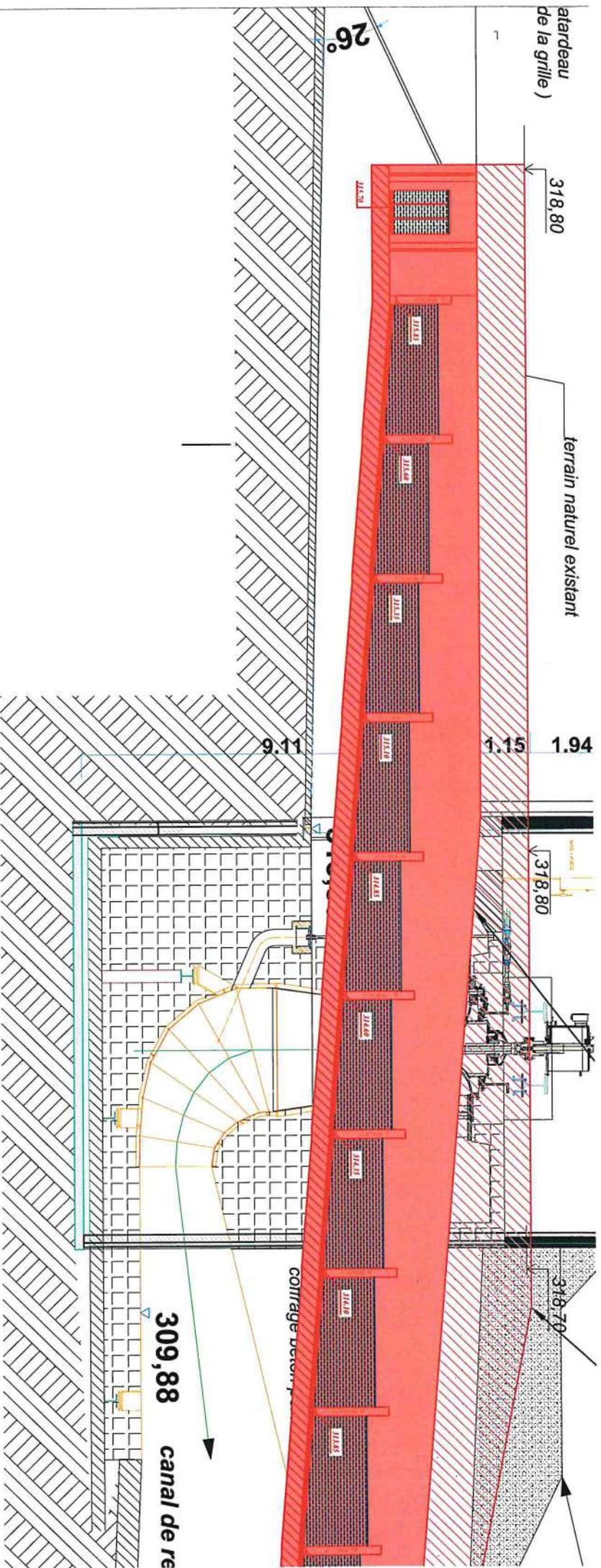
AMENAGEMENT DE L'EN: DES BREV



1/3 Allée André Bourland
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

N° d'affaire	4-16-1767	Etabli par :	RLE	Vérifié par :	APT/INDU	N° de Plan	Indice	Format
Echelle(s)	1-1250	Date :	13.03.2017	Date :	15.03.2017	5.A	A	A3

Mise en place d'un c
Profil en



SARL.ID'RO

AMENAGEMENT DE L'EN DES BREV



1/3 Allée André Bourland
21 000 DIJON
Tel. : 33 (0)3 80 78 95 50

N° d'affaire	4-16-1767	Établi par :	RLE	Véifié par :	APT/NDU	N° de Plan	5,B	Indice	A	Format	A3
Echelle(s)	1-1250	Date :	13.03.2017	Date :	15.03.2017						

Mise en place d'un c

Profil en

ANNEXE 2 MONTANTS ESTIMATIFS DES TRAVAUX – DQE

Pour rappel, le montant estimatif des travaux tient en compte seulement le dimensionnement de la passe à poissons. Dans ce contexte, le DQE, ci-dessous ne prend pas en compte :

- les travaux de la microcentrale ;
- la sécurisation du site propre à la microcentrale (garde-corps au niveau des canaux d'aménés et de fuite) ;
- les accès du site.

Précisons enfin, que le dimensionnement de la passe à poissons s'intègre dans un projet global, dont les hypothèses géotechniques (fondations, calcul de force, etc.), devront être déterminées par l'expert structure, en charge du projet de microcentrale.

Aménagement de l'ensemble hydraulique du barrage du Ludwigsburg et des Bréviers Mise en place d'un dispositif de franchissement piscicole					
N°	DESIGNATION	UNITE	PRIX UNITAIRE en € HT	QUANTITE	MONTANT TOTAL € HT
0	FRAIS DE CHANTIER				30 000.00 €
0.1	Installation de chantier, yc signalisation, remise en état, ...	Forf.	15 000.00 €	1.00	15 000.00 €
0.2	Etudes d'exécution, PAQ/PAE/PPSPS, implantation et piquetage	Forf.	5 000.00 €	1.00	5 000.00 €
0.3	Plan de récolement et Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)	Forf.	2 000.00 €	1.00	2 000.00 €
1	TRAVAUX PREPARATOIRES				12 000.00 €
1.1	Déboisement des emprises (y compris dessouchage et évacuation des bois)	Forf.	2 000.00 €	1.00	2 000.00 €
1.2	Accès et gestion de l'eau sur chantier - Batardage, dispositif de pompage et épuisement des fouilles (yc fourniture, mise en œuvre et évacuation des matériaux)	Forf.	10 000.00 €	1.00	10 000.00 €
2	TERRASSEMENTS				45 690.00 €
2.1	Purges et fouilles (yc filtration/décantation des eaux)	Forf.	5 000.00 €	1.00	5 000.00 €
2.2	Débais de la berge amont - implantation de la prise d'eau	m3	60.00 €	24.00	1 440.00 €
2.3	Débais en terrain meuble (yc évacuation des matériaux)	m3	35.00 €	400.00	14 000.00 €
2.4	Débais en terrain rocheux (yc évacuation des débais)	m3	120.00 €	200.00	24 000.00 €
2.5	Géotextile anti-contaminant	m²	5.00 €	250.00	1 250.00 €
3	ENROCHEMENTS ET GENIE CIVIL				230 000.00 €
3.1	Couche d'assise pour ouvrage en béton armé	m3	300.00 €	60.00	18 000.00 €
3.2	Ouvrage en béton armé : radier	m3	300.00 €	60.00	18 000.00 €
3.3	Béton de propreté	m3	300.00 €	20.00	6 000.00 €
3.4	Ouvrage en béton armé : cloisons internes/défecteurs	m3	800.00 €	150.00	120 000.00 €
3.5	Ouvrage en béton armé : voiles latéraux	m3	800.00 €	70.00	56 000.00 €
3.6	Rugosité de fond des bassins - Enrochements 20/40kg pris dans le béton sur moitié de leur hauteur (fourniture et mise en œuvre)	m3	150.00 €	30.00	4 500.00 €
3.7	Gros béton - liaisonnement des blocs	m3	250.00 €	10.00	2 500.00 €
3.8	Enrochements appareillés 100/200/400 kg pour fosse de dissipation aval (yc fourniture et mise en œuvre)	m3	250.00 €	5.00	1 250.00 €
3.9	Enrochements liaisonnés 400/800 kg pour le confortement de la berge amont (yc fourniture et mise en œuvre)	m3	250.00 €	15.00	3 750.00 €
4	EQUIPEMENTS				63 500.00 €
4.1	Grille batardable amont	U	3 000.00 €	1.00	3 000.00 €
4.2	Cales en bois pour batardage fentes	U	250.00 €	13.00	3 250.00 €
4.3	Caillebotis	m²	230.00 €	200.00	46 000.00 €
4.4	Garde-corps	m	150.00 €	75.00	11 250.00 €
Total HT					381 190.00 €
TVA (20 %)					76 238.00 €
Total TTC					457 428.00 €

ANNEXE 3 RAPPORT GEOTECHNIQUE ALLIOS

ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE AVANT-PROJET



ARTELIA



MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE



MONTBELIARD - 25

Indice	Date	Intitulé	Rédaction	Relecture	Nb. Pages + annexes
0	29/07/2015	1 ^{ère} diffusion	S. NICOLAS	R. ROUSSEL-GALLE	27 + 13
1					

DOSSIER AMU159070

HERICOURT, le 29/07/2015

SOMMAIRE

1)	CONTEXTE DE L'ETUDE	3
2)	SITUATION DU PROJET ET OCCUPATION DU SITE	5
3)	ENQUETE DOCUMENTAIRE	6
3.1	CONTEXTE GEOLOGIQUE	6
3.2	RISQUES GEOTECHNIQUES REFERENCES	6
4)	DESCRIPTION DU PROJET	9
5)	SYNTHESE DES RESULTATS	9
5.1	REMARQUES LIMINAIRES	9
5.2	LITHOLOGIE	9
5.3	HYDROGEOLOGIE	10
5.4	SISMICITE	11
6)	SYNTHESE GEOTECHNIQUE / ADAPTATION DES OUVRAGES AU SITE	12
7)	ETUDE DES FONDATIONS	14
7.1	FONDATIONS PAR RADIER	14
7.2	FONDATIONS PAR SEMELLES (MURS DES CHEMINS D'EAU)	16
8)	TERRASSEMENTS	18
9)	MURS DE SOUTÈNEMENT (CHEMINS D'EAU)	19
10)	SUJETIONS D'EXECUTION	20
10.1	POUR LES FONDATIONS	20
10.2	MITOYENS	21
10.3	ALEAS GEOTECHNIQUES CONNUS ET ETUDES COMPLEMENTAIRES A REALISER	21
	CONDITIONS GENERALES	22

Annexes (13 pages)

- Schéma d'implantation des sondages (1 page),
- Coupes lithologiques et logs pressiométriques SP1 à SP3 (6 pages),
- Coupes des fouilles et reportage photographique des pelles PU1 à PU3 (6 pages).

1) CONTEXTE DE L'ETUDE

A la demande de la **SARL IDRO** – 21110 AISEREY et pour le compte d' **ARTELIA** – 19 Avenue Albert CAMUS – 21000 DIJON, la société **ALIOS INGENIERIE** – 12 rue des Guinnottes – 70400 HERICOURT- a réalisé une étude géotechnique dans le cadre du projet de construction d'une centrale hydroélectrique sur la commune de MONTBELIARD (25).

La campagne de reconnaissances fait suite au devis référencé PMU159071 du 30/03/2015 accepté par le client.

Mission géotechnique confiée à ALIOS

Etude géotechnique de conception phase avant projet (mission G2 phase AVP), conformément aux missions géotechniques de l'USG et objet de la norme NF P 94-500 (révisée en novembre 2013). Elle a pour buts :

- de définir le contexte géologique et hydrogéologique du site ;
- de reconnaître les caractéristiques géotechniques des formations rencontrées sur le site ;
- de proposer, en première approche, un modèle géologique ;
- d'étudier les risques naturels identifiés ;
- d'approcher le modèle hydrogéologique (mesure du niveau d'eau au moment des sondages) ;
- de fournir les paramètres permettant le dimensionnement des fondations du projet (contrainte admissible par le sol support des fondations et tassements prévisibles) ;
- d'évaluer les sujétions générales d'exécution des travaux.

Investigations géotechniques

Dans le cadre de la campagne de reconnaissances, il a été réalisé sur site les 28 et 29 juillet 2015 les sondages et essais suivants :

- 3 sondages destructifs réalisés à l'aide d'une sondeuse SOCOMAFOR 50/65, avec enregistrement des paramètres de forage (vitesse d'avancement, vitesse de rotation, pression sur l'outil, pression d'injection du fluide de forage et couple de rotation) descendus jusqu'à 8.4/8.5 m de profondeur avec réalisation de 15 essais pressiométriques au total. Les sondages sont notés SP1 à SP3 sur le plan d'implantation.
- 3 fouilles à la pelle mécanique descendues vers 3.2/3.3 m (arrêt). Les sondages sont reportés PU1 à PU3 sur le plan d'implantation.

Documents d'étude

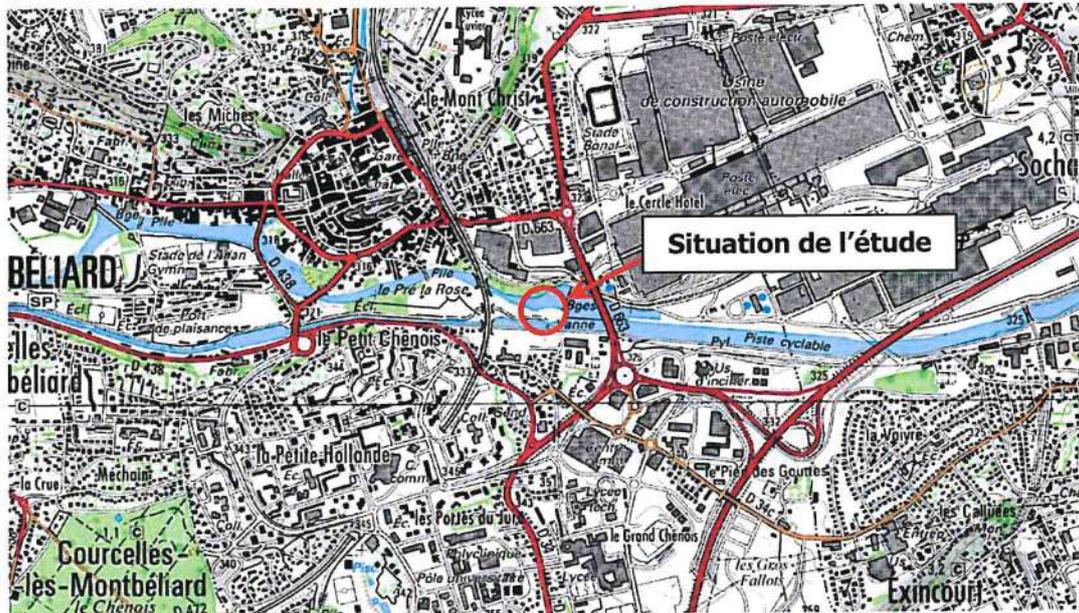
Dans le cadre de cette étude, les documents suivants nous ont été transmis :

- Plan de situation (photo aérienne) ;
- Photo aérienne et cadastre avec implantation du chemin d'eau.

En complément, nous avons consulté le site INFOTERRE du BRGM où sont répertoriés les sondages déjà réalisés à proximité, les points d'eau et les mouvements de terrains archivés.

2) SITUATION DU PROJET ET OCCUPATION DU SITE

La zone d'étude se situe entre le canal du Rhône au Rhin et l'Allan (digue centrale) sur la commune de MONTBELIARD - 25.



Situation de l'étude (source Géoportail)

Lors de notre intervention, le site était occupé essentiellement par une zone plane en herbe et par une forêt peu dense en légère pente côté Nord.

A noter la présence de 2 barrages à côté de la zone d'étude.



Aperçu de la zone d'implantation de la microcentrale (28/07/2015)

3) ENQUETE DOCUMENTAIRE

3.1 Contexte géologique

D'après la carte géologique à l'échelle du 1/50 000 et notre expérience locale, on doit s'attendre à rencontrer, sous d'éventuels remblais, des alluvions récentes surmontant le substratum calcaire.

3.2 Risques géotechniques référencés

Selon le site internet « PRIM.NET », les risques et les arrêtés interministériels affectant la localité sont les suivants :

Risques naturels identifiés

- inondation ;
- mouvement de terrain ;
- séisme (zone 3).

Arrêtés catastrophes naturelles référencés

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	11/01/1983	13/01/1983
Inondations et coulées de boue	23/05/1983	27/05/1983	21/06/1983	24/06/1983
Inondations et coulées de boue	14/02/1990	17/02/1990	16/03/1990	23/03/1990
Inondations et coulées de boue	04/07/1994	05/07/1994	12/01/1995	31/01/1995
Inondations et coulées de boue	21/01/1995	31/01/1995	03/05/1995	07/05/1995
Inondations et coulées de boue	19/02/1999	24/02/1999	19/03/1999	03/04/1999
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Inondations et coulées de boue	10/03/2006	11/03/2006	10/11/2006	23/11/2006
Mouvements de terrain	02/04/2006	02/04/2006	23/03/2007	01/04/2007

Risques pris en compte dans l'aménagement

Bassin de risque	Plans	Prescrit le	Enquêté le	Approuvé le	Modifié le/ Revisé le	Annexé au PLU le	Déprescrit le / Annulé le
Doubs - Allan et Rupt	PPRn Inondation	24/05/2000	19/03/2004	27/05/2005	-	-	- / -

Carte aléa retrait-gonflement

Selon le site internet www.georisques.fr du BRGM, l'aléa retrait-gonflement des argiles au niveau de la zone d'étude est faible.

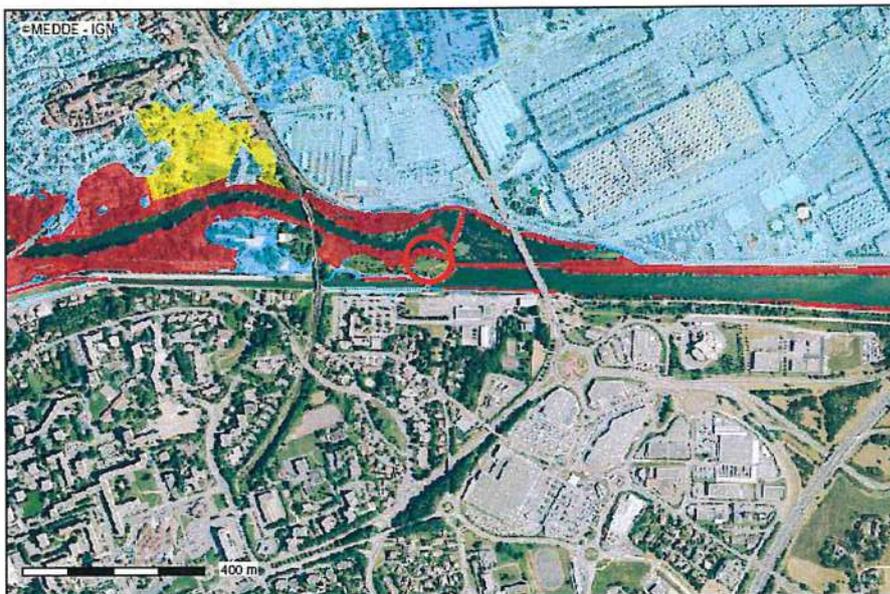
Remontées de nappes

Une carte des remontées de nappe est disponible sur le site www.inondationsnappes.fr. Elle indique que le terrain concerné par l'étude se situe en zone de nappe affleurante.

Inondation

D'après la cartographie disponible sur le site prim.net, la zone d'étude est partiellement inondable (secteur Nord uniquement).

Cartographie des risques en Doubs



Date d'impression : 29-07-2015

- PPR inondation - Doubs-Alain - Zonage réglementaire
- Zone rouge
 - Zone bleu foncé
 - Zone bleu clair
 - Réglement spécifique

Description :

Cartographie des risques en Doubs - Information Acquéreurs Locataires - Source : <http://cartorisque.prim.net>

Les documents officiels et opposables aux tiers peuvent être consultés à la mairie ou à la préfecture.

Historique du site

D'après les anciennes photos aériennes, la parcelle était occupée par des édifices (centrale hydroélectrique a priori) actuellement démolis.

Des maçonneries enterrées sont donc probablement encore présentes.



Extrait de la photographie aérienne de 1968

4) DESCRIPTION DU PROJET

Il est projeté la construction d'une microcentrale hydroélectrique au niveau d'une digue située entre l'Allan et le canal du Rhône au Rhin, sur la commune de MONTBELIARD – 25.

L'édifice sera posé sur un radier ancré vers 6.8 m de profondeur par rapport au terrain existant (soit vers 5.0 m par rapport au toit des palplanches du barrage amont).

Les caractéristiques précises du projet et les descentes de charges ne nous ont pas été communiquées.

Les chemins d'eau seront limités par des murs béton (rôle de soutènement).

5) SYNTHESE DES RESULTATS

5.1 Remarques liminaires

Le schéma d'implantation des sondages est donné en annexe.

Les profondeurs des différents ensembles lithologiques sont données par rapport à la surface du terrain relevée au moment des sondages. L'altitude des sondages a été mesurée à partir d'un point repère (100.00 RI) correspondant au sommet des palplanches du barrage amont.

5.2 Lithologie

La synthèse des résultats des sondages et des essais réalisés permet de mettre en évidence les ensembles suivants, sous 10 cm de terre végétale :

⇒ Formation n°R0 :

- Nature : Remblai : argile, graviers, blocs, bois, ferraille, ... et probablement des maçonneries vers SP3 (ouvrages démolis)
- Epaisseur : jusqu'à 4.20/5.00 m/TN
- Caractéristiques géotechniques :
 - ⌘ Pressions limites (pl*) : 0.18 à > 4.87 MPa
 - ⌘ Modules pressiométriques (Em) : 2.1 à > 1000.0 MPa

⇒ Formation n°1 :

- Nature : Grave argileuse, absente en SP3
- Profondeur : jusqu'à 5.50/5.75 m/TN
- Caractéristiques géotechniques :
 - ⌘ Pressions limites (p_l^*) : 0.13 à 0.60 MPa
 - ⌘ Modules pressiométriques (E_m) : 1.8 à 6.9 MPa

La formation n°1 présente des caractéristiques géotechniques faibles.

⇒ Formation n°2 :

- Nature : Calcaire blanc, légèrement fracturé en tête
- Profondeur : jusqu'à la fin des sondages destructifs (> 8.50 m/TN).
- Caractéristiques géotechniques :
 - ⌘ Pressions limites (p_l^*) : 2.18 à > 4.87 MPa
 - ⌘ Modules pressiométriques (E_m) : 18.1 à > 1000.0 MPa

La formation n°2 présente des caractéristiques géotechniques élevées à très élevées.

Observations :

Les épaisseurs relevées sont celles mesurées au droit des sondages. Elles peuvent subir des fluctuations entre ces points notamment à proximité et au droit des ouvrages démolis (surépaisseurs de remblais, remaniement des formations superficielles...).

Les lithologies décrites en sondage destructif peuvent être approximatives compte-tenu de la réalisation d'une reconnaissance géologique en petit diamètre.

5.3 Hydrogéologie

Des niveaux d'eau ont été relevés en SP1 et SP3 à respectivement 6.05 et 3.60 m de profondeur/TN. Ces niveaux sont à rapprocher des cotes des cours d'eau jouxtant la zone d'étude.

Ce constat est ponctuel et susceptible de varier dans le temps en fonction de la pluviométrie (Niveau des Plus Hautes Eaux – NPHE inconnu). Ainsi des venues d'eau pourront être rencontrées au sein des formations de surface à la faveur de conditions météorologiques pluvieuses et/ou en période hivernale.

5.4 Sismicité

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), la classification des sols du site est la suivante :

- zone de sismicité : 3 (modérée) ;
- type de sol : Catégorie A ;
- paramètre de sol S à prendre en compte : 1.00.

Les formations calcaires, même fracturées, ne sont pas liquéfiables.

6) **SYNTHESE GEOTECHNIQUE / ADAPTATION DES OUVRAGES AU SITE**

Synthèse géotechnique

Les investigations réalisées au droit du site du projet ont permis de mettre en évidence sus quelques centimètres de terre végétale, des remblais hétérogènes (argiles, graviers, blocs, ...) sur des épaisseurs comprises entre 4.20 et 5.00 m, surmontant des graves argileuses (absente en SP3) puis le substratum calcaire ± fracturé en tête.

Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

Définition de la ZIG : Volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre :

- l'ouvrage ou l'aménagement de terrain (du fait de sa réalisation et/ou de son exploitation) ;
et
- l'environnement (sols et ouvrages environnants).

Sa forme et son extension sont spécifiques à chaque site et chaque ouvrage et peuvent largement déborder de la zone d'étude.

L'influence du projet sur son environnement et de l'environnement sur le projet est régie notamment par :

- la réalisation de travaux à proximité d'existants pouvant les déstabiliser (barrages) ;
- la réalisation de travaux dans le lit d'une rivière et d'un canal nécessitant d'adapter les caractéristiques du projet et les techniques d'exécution aux caractéristiques hydrauliques des cours d'eau.

Aléas géotechniques

Les aléas géotechniques qui pourraient être rencontrés sont, entre autres :

- la géologie :
 - ↵ variations d'épaisseurs des différentes formations (remblais notamment) ;
 - ↵ variation du toit du substratum calcaire.

- l'hydrogéologie :
 - ↵ présence d'une nappe en relation avec la rivière et ses fluctuations ;
 - ↵ présence des cours d'eau.

- la nature des matériaux :
 - ↵ sensibilité des matériaux à l'affouillement ;
 - ↵ sensibilité des formations aux remaniements mécaniques ;
 - ↵ hétérogénéité de la proportion en élément caillouteux de la formation n°1, pouvant induire une diminution ou une augmentation de ses caractéristiques mécaniques.

- l'environnement et historique du site :
 - ↵ présence des barrages et des aménagements liés ;
 - ↵ présence de remblais et de maçonneries enterrées;
 - ↵ remaniement possible des formations à proximité des barrages.

Adaptation des ouvrages au site

Compte-tenu de la nature des formations mises en évidence, de leurs caractéristiques mécaniques et des caractéristiques du projet, il peut être envisagé un radier ancré sur le calcaire ± fracturé.

Les murs bordant les chemins d'eau seront également ancrés au rocher et auront un rôle de soutènement.

Il est important de noter la présence probable d'anciens vestiges enterrés (remblais avec gros blocs, maçonneries, dallages, ...) dans la zone d'étude.

7) ETUDE DES FONDATIONS

7.1 Fondations par radier

Niveau d'assise

Le radier sera posé sur une couche de forme reposant sur la formation n°2 (calcaire).

Il conviendra de respecter un encastrement de 1.00 m minimum par rapport au fond de la rivière afin de limiter les risques liés aux affouillements ou de mettre en place des protections anti-affouillement (palplanches, enrochements...).

En cas de rencontre de sols impropres (sols détériorés, passée argileuse...), leur purge sera impérativement effectuée. Au besoin, le niveau de fondation sera rattrapé par la mise en œuvre d'un gros béton jusqu'au bon sol.

Contrainte de calcul / capacité portante

Dans ces conditions et hors thématique liée à un glissement de terrain, les fondations seront dimensionnées selon les règles de la norme NF P 94-261 de Juin 2013 relatif aux fondations superficielles. Le principe est de satisfaire l'inégalité suivante :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d}$$

où :

V_d : est la valeur de calcul de la composante verticale de la charge appliquée sur le terrain par la fondation.

R_0 : est la valeur du poids du terrain aux abords de la fondation après travaux.

$R_{v;d}$: est la valeur de calcul de la résistance nette du terrain.

La norme permet d'évaluer $R_{v;d}$ de la façon suivante :

$$R_{v;d} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;v} \times \gamma_{R;d;v}}$$

où :

A' : est la surface effective de la semelle (surface de la semelle si charge verticale et centrée).

q_{net} : est la contrainte associée à la résistance nette du terrain ($k_p \times p l^*$ pour une charge verticale et centrée sans influence de talus selon la méthode pressiométrique).

$\gamma_{R;v}$ et $\gamma_{R;d;v}$: sont les coefficients de sécurité liés au type de situation (ELS , ELU, séisme).

- Aux ELU :

$\gamma_{R;v}$: est le coefficient de sécurité pour le type de situation = 1.4 (situations durables et transitoire).

$\gamma_{R;d;v}$: est le coefficient de sécurité liée à la méthode de calcul = 1.2 (méthode pressiométrique).

- Aux ELS :

$\gamma_{R;v}$: est le coefficient de sécurité pour le type de situation = 2.3 (situations quasi permanentes et caractéristiques).

$\gamma_{R;d;v}$: est le coefficient de sécurité liée à la méthode de calcul = 1.2 (méthode pressiométrique).

Couche de forme

La couche de forme au droit des ouvrages sera réalisée selon les préconisations suivantes :

- purge des remblais, des graves argileuses et des éventuelles poches argileuses ;
- Mise en place d'une couche de réglage de 0.20 m en matériaux type 0/31.5 mm non gélifs, propres, à caractère drainant et soigneusement compactés ;
- réception de la couche de forme (module EV2 mini ≥ 50 MPa ; EV2/EV1 maxi $\leq 2,2$).

Contrainte de calculs et estimation des tassements

Tous les calculs faits, on obtient pour un radier posé sur la couche de forme définie précédemment :

- $R_{v;d}/A'_{(ELU)} = 0.32 \text{ MPa}$

- $R_{v;d}/A'_{(ELS)} = 0.20 \text{ MPa}$

Sous cette valeur de contrainte de service, pour les dimensions des radiers prévus et avec l'ancrage préconisé, les tassements absolus estimés seront négligeables.

Ces tassements seront à confirmer lors des missions ultérieures (mission G2 PRO, mission G3...).

7.2 Fondations par semelles (murs des chemins d'eau)

Les semelles seront ancrées dans la formation n°2 (calcaire).

Par ailleurs, il conviendra de respecter un encastrement de 1.00 m minimum par rapport au fond de la rivière afin de limiter les risques liés aux affouillements ou de mettre en place des protections anti-affouillement (palplanches, enrochements...).

En cas de rencontre de sols impropres (sols détériorés, passée argileuse...), leur purge sera impérativement effectuée. Au besoin, le niveau de fondation sera rattrapé par la mise en œuvre d'un gros béton jusqu'au bon sol.

Contrainte de calcul / capacité portante

Dans ces conditions et hors thématique liée à un glissement de terrain, les fondations seront dimensionnées selon les règles de la norme NF P 94-261 de Juin 2013 relatif aux fondations superficielles. Le principe est de satisfaire l'inégalité suivante :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d}$$

où :

V_d : est la valeur de calcul de la composante verticale de la charge appliquée sur le terrain par la fondation.

R_0 : est la valeur du poids du terrain aux abords de la fondation après travaux.

$R_{v;d}$: est la valeur de calcul de la résistance nette du terrain.

La norme permet d'évaluer $R_{v;d}$ de la façon suivante :

$$R_{v;d} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;v} \times \gamma_{R;d;v}}$$

où :

A' : est la surface effective de la semelle (surface de la semelle si charge verticale et centrée).

q_{net} : est la contrainte associée à la résistance nette du terrain ($k_p \times p_{le}^*$ pour une charge verticale et centrée sans influence de talus selon la méthode pressiométrique).

$\gamma_{R;v}$ et $\gamma_{R;d;v}$: sont les coefficients de sécurité liés au type de situation (ELS, ELU, séisme).

- Aux ELU :

$\gamma_{R;d}$: est le coefficient de sécurité pour le type de situation = 1.4 (situations durables et transitoire).

$\gamma_{R;d}$: est le coefficient de sécurité liée à la méthode de calcul = 1.2 (méthode pressiométrique).

- Aux ELS :

$\gamma_{R;d}$: est le coefficient de sécurité pour le type de situation = 2.3 (situations quasi permanentes et caractéristiques).

$\gamma_{R;d}$: est le coefficient de sécurité liée à la méthode de calcul = 1.2 (méthode pressiométrique).

Tous les calculs faits, on obtient pour un radier mis en œuvre comme défini précédemment :

- $R_{v;d}/A'_{(ELU)} = \mathbf{0.82\ MPa}$

- $R_{v;d}/A'_{(ELS)} = \mathbf{0.50\ MPa}$

Estimation des tassements

Sous la valeur de contrainte de service définie ci-dessus et pour des semelles de 1.5 à 2.5 m de largeur, les tassements absolus estimés sont inférieurs au ½ centimètre.

Ces tassements seront à confirmer lors des missions ultérieures (mission G2 PRO, mission G3...).

Enfin, les tassements théoriques s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'art et sous réserve du non remaniement du sol d'assise.

8) TERRASSEMENTS

D'après les éléments en notre possession, la réalisation du projet implique des terrassements en déblai dans toutes les formations.

Les travaux pourront, a priori, être réalisés avec des engins de moyenne puissance dans ces formations. Des moyens spécifiques type BRH seront nécessaires dans les calcaires **et ponctuellement dans les remblais.**

La réalisation des terrassements devra tenir compte de l'environnement du site et des avoisinants notamment le barrage existant et les aménagements liés. L'entrepreneur s'assurera que les engins utilisés ne portent pas préjudice à la stabilité des ouvrages existants.

La présence de la rivière constituera une sujétion importante pour la réalisation des travaux (risques d'affouillement, nécessité de se mettre hors d'eau...).

Toutes dispositions devront être prises pour assurer la stabilité des ouvrages avoisinants et des talus avec notamment :

- pente maximale des talus de déblais envisageable en l'absence de surcharges en tête, de mitoyens et de venues d'eau : 2h/1v dans les remblais et les graves, 1h/5v dans les calcaires. Les talus devront être impérativement protégés des intempéries ;
- mise en œuvre d'un batardeau suffisamment fiché (vérification de la condition de Renard notamment). Il sera dimensionné en tenant compte de toutes les charges auxquelles il sera soumis (poussée des terres, poussée de l'eau, surcharge en tête, existants...)
- réalisation des travaux en période d'étiage ;
- pompage en fond de fouille adapté aux arrivées d'eau ;
- blindage des fouilles et renforcements locaux éventuels.

9) MURS DE SOUTÈNEMENT (CHEMINS D'EAU)

Pour le calcul des murs de soutènement, les caractéristiques suivantes seront prises en compte en se basant sur les essais réalisés :

Formation	Poids volumique γ (kN/m ³)	Cohésion c' (kPa)	Angle de frottement ϕ' (°)
Remblais à l'amont du mur (GNT supposée)	21	0	35
Remblai	18	2	25
Grave argileuse	21	2	35
Calcaire	24	40	30

Ces hypothèses devront être validées dans le cadre des missions de projet et/ou d'exécution comprenant la réalisation d'investigations complémentaires.

10) SUJETIONS D'EXECUTION

10.1 Pour les fondations

Il revient à l'Ingénieur Structure de préciser, une fois le projet établi, la limite acceptable de tassement vis-à-vis de la structure, ce qui amènera à redéfinir éventuellement la contrainte ELS, voire les principes de fondations.

La profondeur du toit de la formation n°2 est variable. Des surprofondeurs d'assise des fondations seront donc à prévoir. Une substitution en gros béton (semelle) ou GNT (radier) devra alors être réalisée afin de rattraper le sol d'assise.

Si des fondations doivent être fondées à des niveaux différents, on respectera la règle des 3B/2H. Cette règle devra également être respectée en mitoyenneté des ouvrages existants.

Par ailleurs, il conviendra de respecter les conditions de redans sur les appuis filants à savoir un rapport $H/L \leq 1/3$ avec H : hauteur du redan et L : Longueur de la semelle supérieure.

Afin de garantir une bonne transmission des efforts au sol d'assise, la largeur des fondations ne devra pas être inférieure à 0.40 m pour des appuis linéaires et à 0.60 m pour des semelles isolées.

Il conviendra de purger les éventuels remblais et vestiges enterrés, les sols de médiocres caractéristiques et les sols détériorés ou remaniés par les engins de terrassement ou les eaux de pluie avant coulage des fondations.

Lors de la réalisation des fondations, il conviendra :

- en cas d'instabilité des parois des fouilles, de prévoir un confortement adapté (blindage...);
- de nettoyer soigneusement les fonds de fouilles, et de bétonner immédiatement après nettoyage ;
- de pomper et évacuer les arrivées d'eau puis de procéder à la mise en œuvre d'un béton de blocage fortement dosé.

Toute anomalie détectée lors des terrassements devra nous être signalée afin de définir, en collaboration avec la Maîtrise d'œuvre et dans le cadre d'une mission complémentaire, les solutions envisageables.

Un contrôle des fonds de fouille pourra être réalisé par nos soins dans le cadre d'une mission complémentaire afin de s'assurer du respect du sol d'assise préconisé.

10.2 Mitoyens

La réalisation du projet actuel implique l'exécution de travaux au voisinage immédiat d'ouvrages et d'aménagements existants (barrages...). Toutes les précautions devront être prises pour leur éviter tout dommage ou pour éviter toute aggravation des éventuels dommages existants tant en phase provisoire que définitive (soutènements, interactions existant-projet...).

10.3 Aléas géotechniques connus et études complémentaires à réaliser

Le présent rapport clôt la mission de type G2 phase Avant-Projet confiée à ALIOS INGÉNIERIE.

Les études complémentaires, qui seront fonction des caractéristiques définitives du projet (géométrie, descentes de charges, niveau fini...), porteront notamment sur les aléas connus suivants :

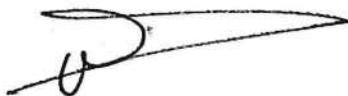
- confirmation de la nature lithologique, des caractéristiques géotechniques et de la continuité des formations afin de mieux cerner les éventuelles zones d'anomalies et ainsi de valider les dispositions constructives suggérées ;
- si nécessaire, reconnaissance des structures des ouvrages proches (barrages) et étude des solutions à mettre en œuvre pour assurer leur pérennité ;
- Etude des soutènements à réaliser le cas échéant (y compris vérifications des hypothèses de calculs).

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le choix et le coût final des ouvrages géotechniques. A cet effet, la présente étude (G2 AVP) devra être suivie conformément à l'enchaînement des missions géotechniques de la norme NFP 94-500 de novembre 2013, d'une mission géotechnique de conception (G2 phase PRO) et d'exécution (mission G3 à la charge des entreprises) ainsi que de la supervision géotechnique d'exécution (G4).

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve des conditions générales jointes ci-après.

Rédigé par :

S.NICOLAS



Relu par :

R.ROUSSEL-GALLE

Conditions Générales

1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du co-contractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit d'ALIOS INGENIERIE.

2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité d'ALIOS INGENIERIE ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis d'ALIOS INGENIERIE. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu qu'ALIOS INGENIERIE s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. ALIOS INGENIERIE réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

ALIOS INGENIERIE n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission. Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigation est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

SI ALIOS INGENIERIE déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte qu'ALIOS INGENIERIE puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. Plans et documents contractuels

ALIOS INGENIERIE réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, ALIOS INGENIERIE est exonéré de toute responsabilité.

5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager ALIOS INGENIERIE. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité d'ALIOS INGENIERIE est dérogée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur à ALIOS INGENIERIE modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

ALIOS INGENIERIE n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou ALIOS INGENIERIE avec un autre Prestataire.

6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires à ALIOS INGENIERIE en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui d'ALIOS INGENIERIE, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée à ALIOS INGENIERIE avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, ALIOS INGENIERIE est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, ALIOS INGENIERIE a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigation limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 - phase PRO. Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance d'ALIOS INGENIERIE ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins d'ALIOS INGENIERIE dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par ALIOS INGENIERIE qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable d'ALIOS INGENIERIE. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire d'ALIOS INGENIERIE, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit d'ALIOS INGENIERIE. Si dans le cadre de sa mission, ALIOS INGENIERIE mettrait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. ALIOS INGENIERIE serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par ALIOS INGENIERIE au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent ALIOS INGENIERIE à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. ALIOS INGENIERIE est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où ALIOS INGENIERIE est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité d'ALIOS INGENIERIE et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité d'ALIOS INGENIERIE ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, ALIOS INGENIERIE peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures d'ALIOS INGENIERIE sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes d'ALIOS INGENIERIE, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par ALIOS INGENIERIE au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

ALIOS INGENIERIE n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil d'ALIOS INGENIERIE vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué à ALIOS INGENIERIE qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, ALIOS INGENIERIE ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par ALIOS INGENIERIE ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

ALIOS INGENIERIE bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à l'obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer ALIOS INGENIERIE d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel ALIOS INGENIERIE sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle surcotisation qui serait demandée à ALIOS INGENIERIE par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie d'ALIOS INGENIERIE qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maître d'ouvrage est tenu d'informer ALIOS INGENIERIE de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès d'ALIOS INGENIERIE qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels ALIOS INGENIERIE participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle surcotisation qui serait demandée à ALIOS INGENIERIE par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

ALIOS INGENIERIE assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. ALIOS INGENIERIE sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant ALIOS INGENIERIE qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessus pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée d'ALIOS INGENIERIE au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu qu'ALIOS INGENIERIE ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social d'ALIOS INGENIERIE, sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.



CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (Version novembre 2013)

1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution.

En particulier :

- Les missions d'études géotechniques préalables (étude de site G1 ES, étude des Principes Généraux de Construction G1 PGC), Les missions d'études géotechniques de conception (étude d'avant-projet G2 AVP, étude de projet G2 PRO et étude G2 DCE/ACT), Les missions étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif.
- Exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique.
- L'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit.
- Toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport.
- Toute mission d'étude géotechnique préalable G1 phase ES ou PGC, d'étude géotechnique de conception G2 AVP, ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée.
- Une mission d'étude géotechnique de conception G2 AVP, de projet G2 PRO et G2 DCE/ACT engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013

4. Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (<i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i>)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases:

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases:

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives:

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs: plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives:

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

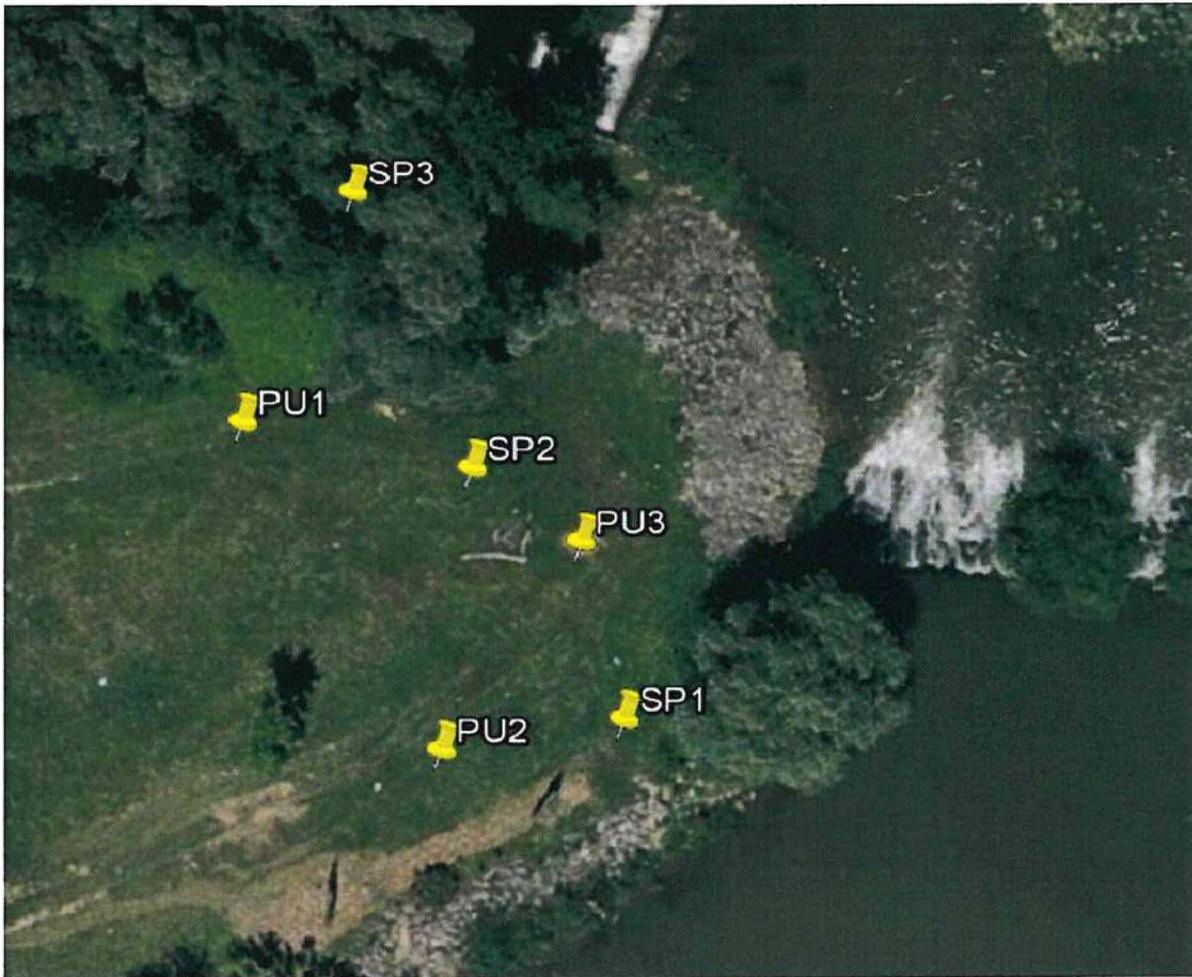
DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ANNEXES

IMPLANTATION DES SONDAGES



MICROCENTRALE
MONTBELIARD (25)
AMU159070



Chantier : MICROCENTRALE - MONTBELIARD - 25

Localisation

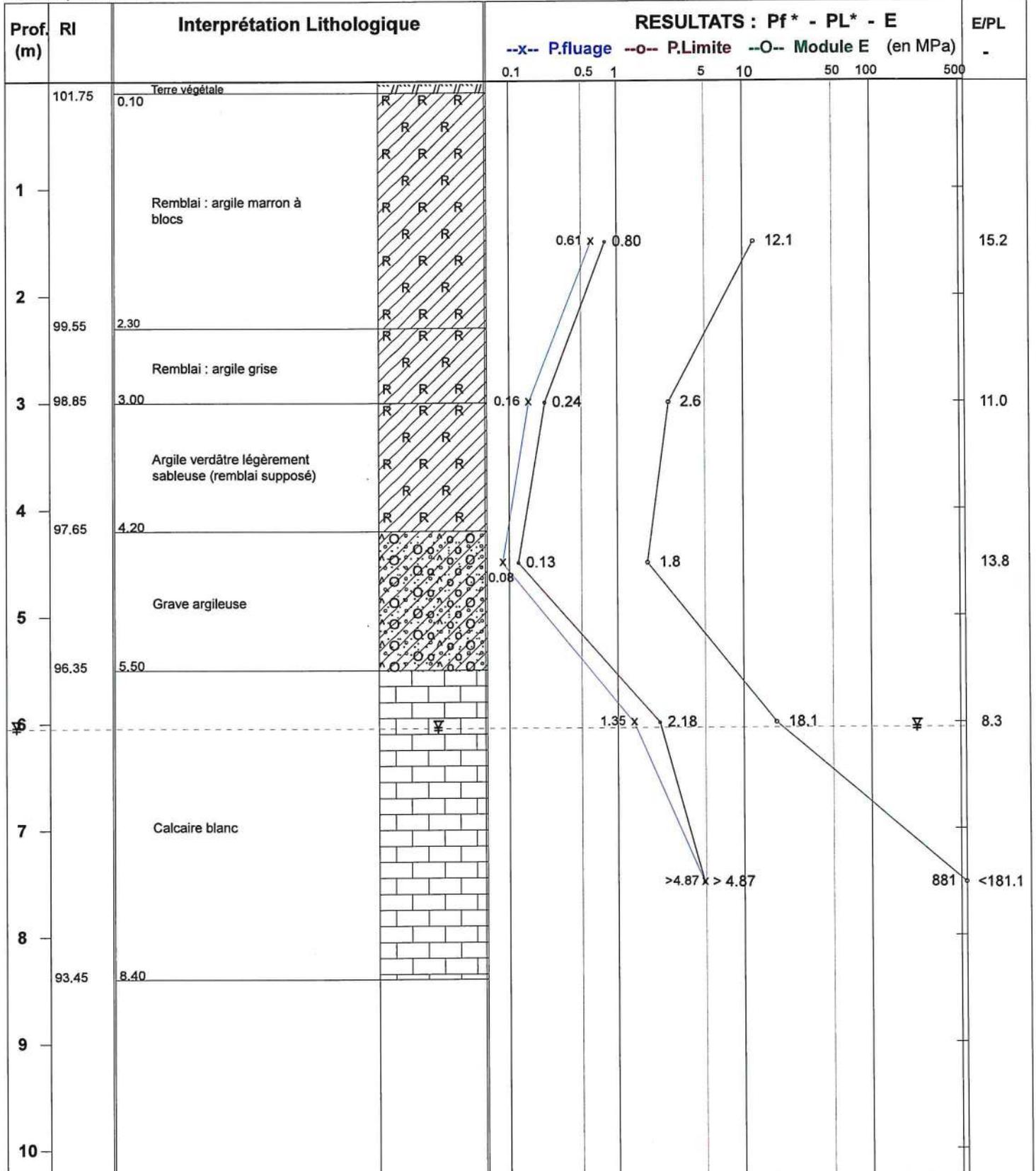
Date : 28/07/2015

Client : ARTELIA
Dossier : AMU159070

- X :
- Y :
- Z : 101.85 RI

Echelle prof. : 1/50°

Nappe : eau à 6.05 m.



OUTILS DE FORAGE

Taillant Ø 66 mm	08.40 m

TUBAGES

DATES D'EXECUTION

28/07/2015	08.40 m

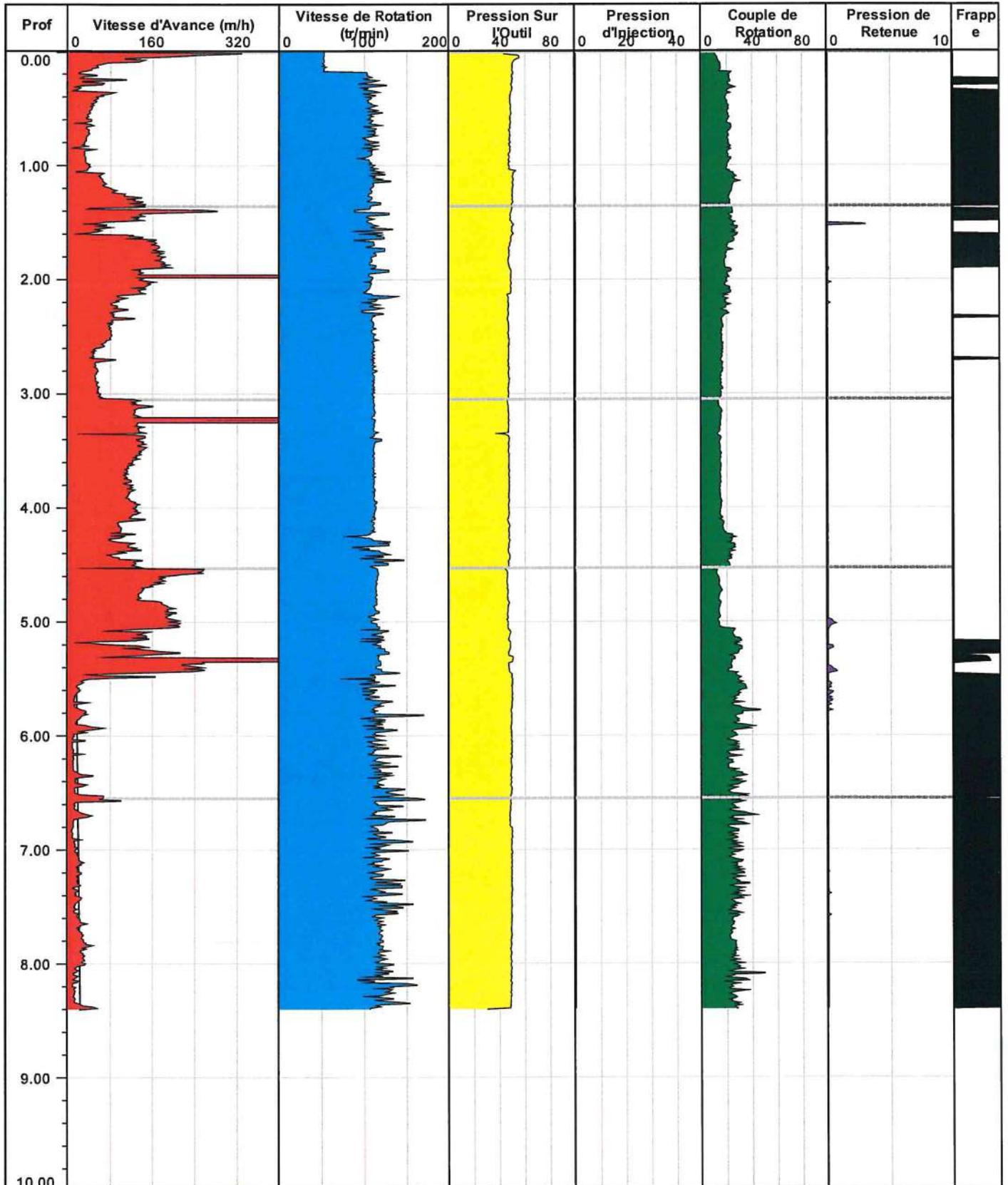
OBSERVATIONS : Forage éboulé à 7.8 m

ESPRESS-2 Version 6.38 - Traitement d'essais pressiométriques selon la norme NF P 94-110-1

Sondage SP1



Chantier : MICROCENTRALE
Ville : MONTBELIARD - 25
Client : ARTELIA
Dossier : AMU159070
Profondeur: 8.4 m



Chantier : MICROCENTRALE - MONTBELIARD - 25

Localisation

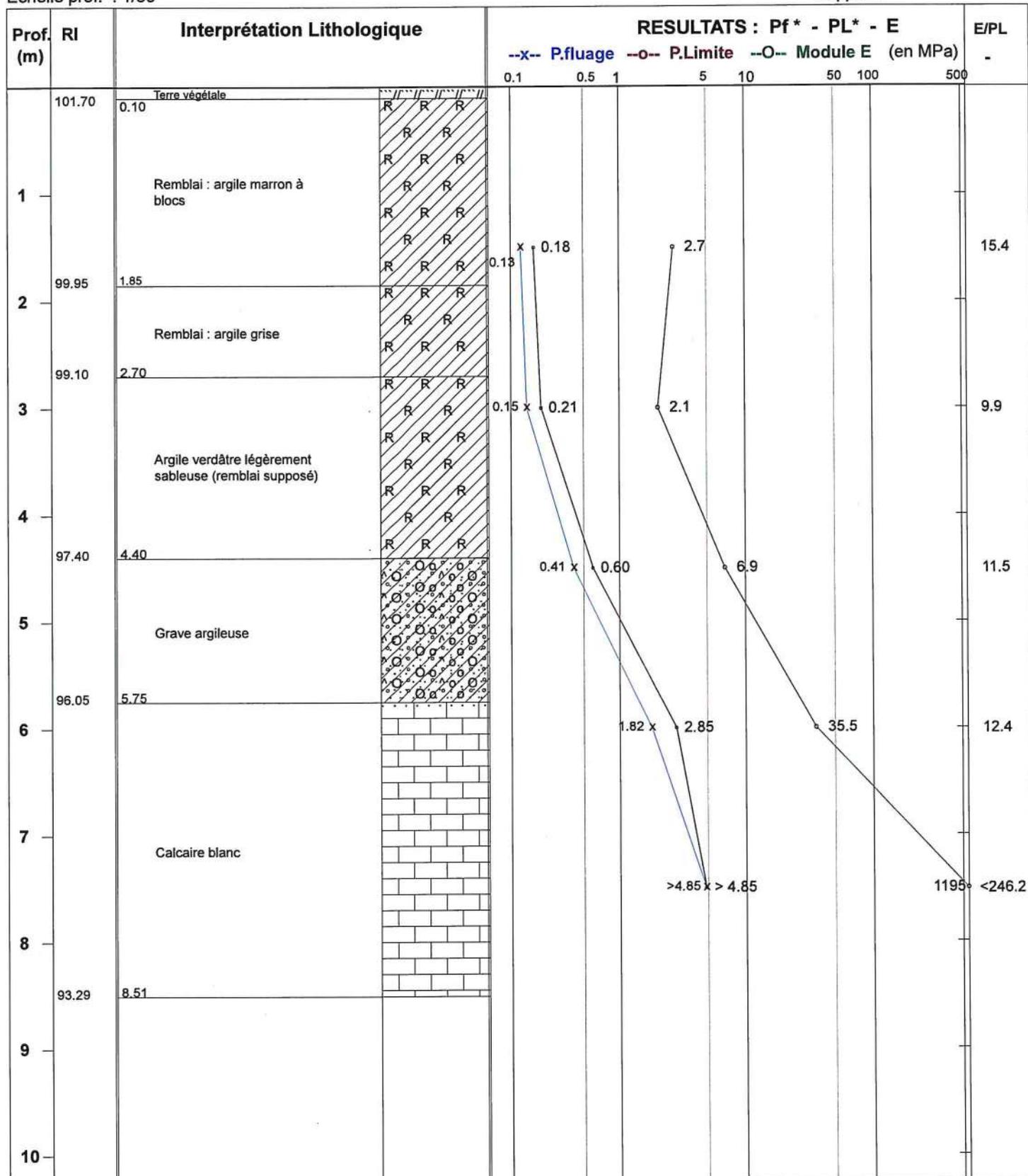
Date : 28/07/2015

Client : ARTELIA
Dossier : AMU159070

- X :
- Y :
- Z : 101.8 RI

Echelle prof. : 1/50°

Nappe : /



OUTILS DE FORAGE

Taillant Ø 66 mm	08.51 m

TUBAGES

DATES D'EXECUTION

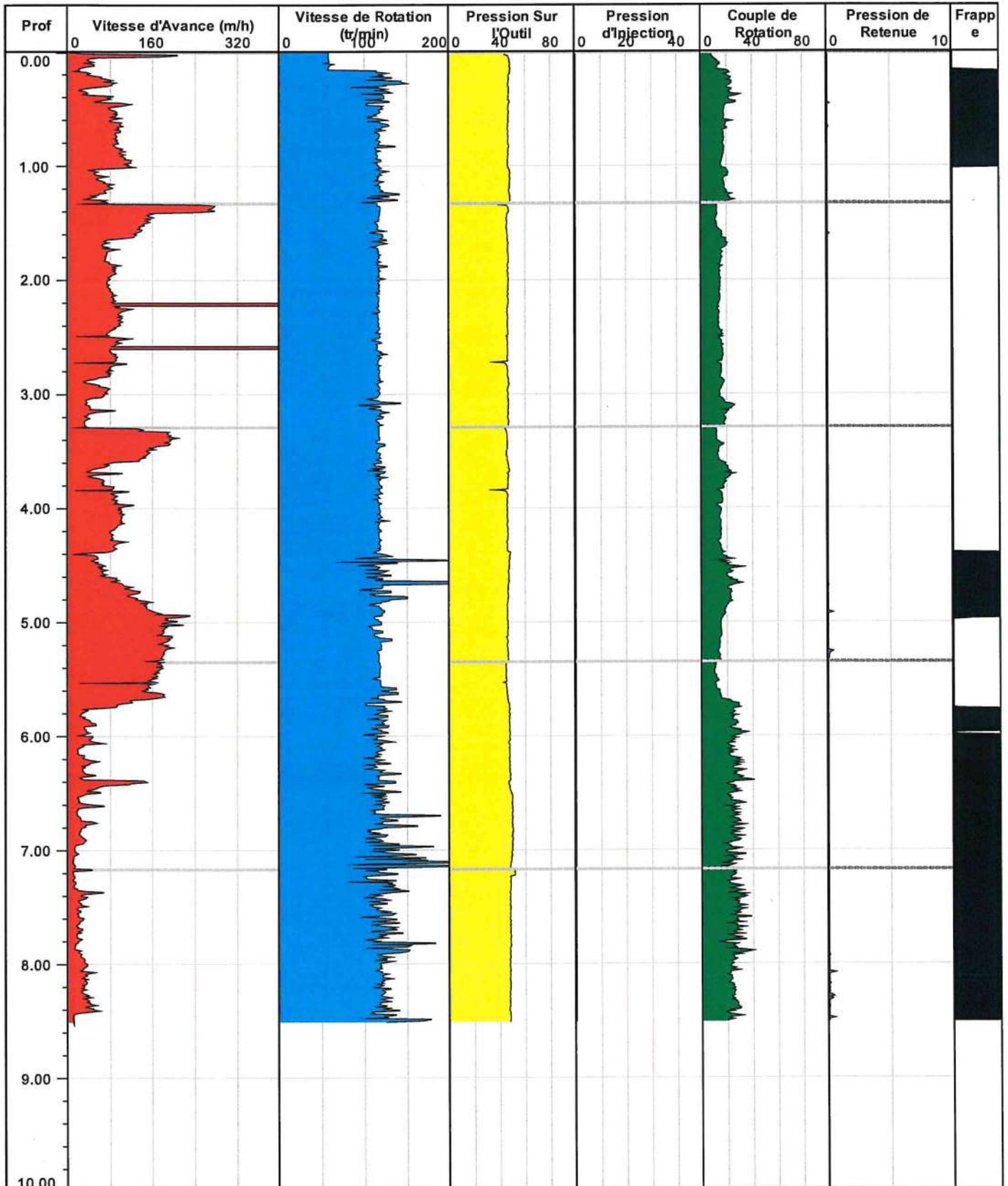
28/07/2015	08.51 m

OBSERVATIONS : Forage éboulé à 4.05 m

Sondage SP2



Chantier : MICROCENTRALE
 Ville : MONTBELIARD - 25
 Client : ARTELIA
 Dossier : AMU159070
 Profondeur: 8.51 m



Chantier : MICROCENTRALE - MONTBELIARD - 25

Localisation

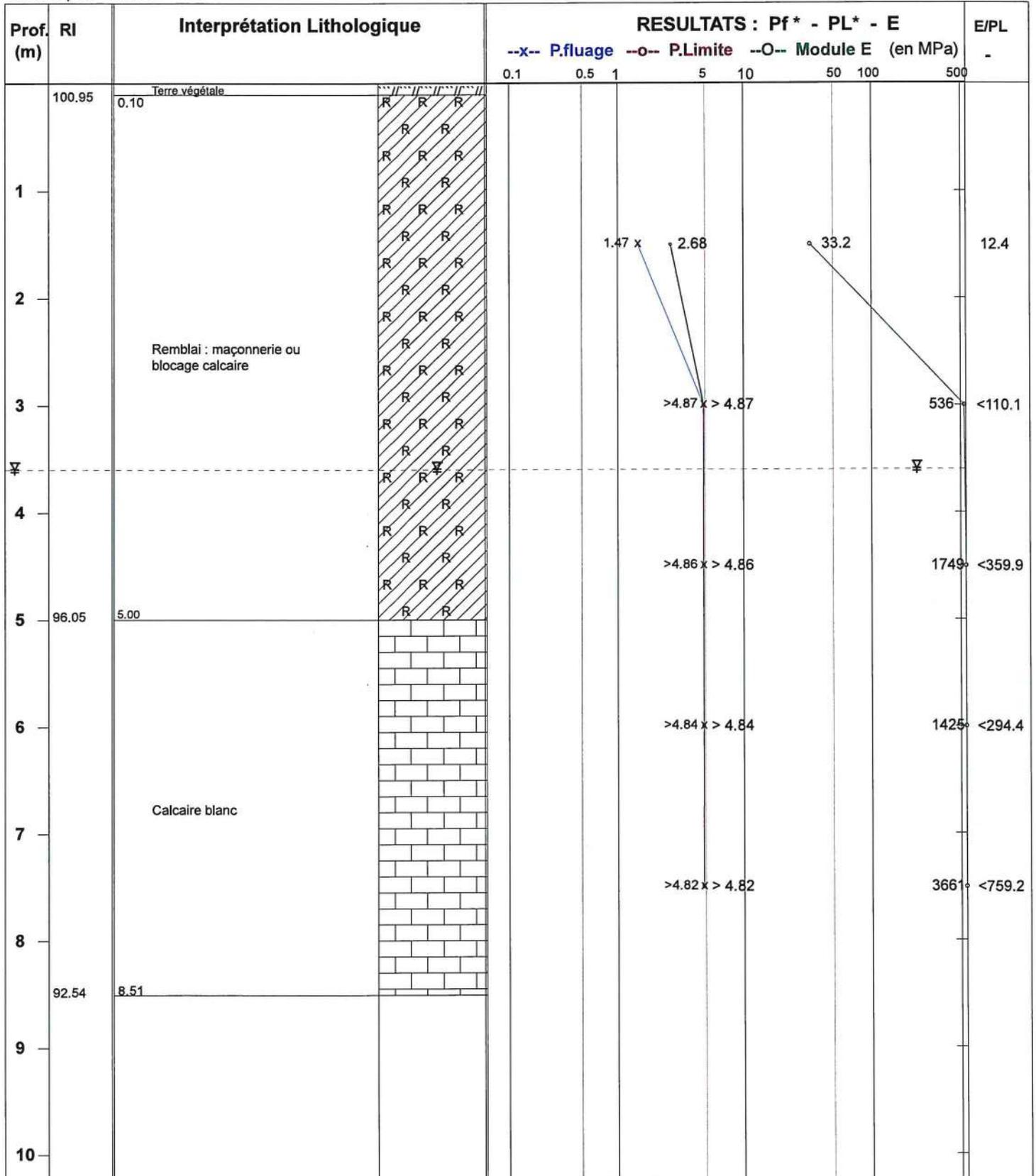
Date : 29/07/2015

Client : ARTELIA
Dossier : AMU159070

- X :
- Y :
- Z : 101.05 RI

Echelle prof. : 1/50°

Nappe : eau à 3.6 m.



OUTILS DE FORAGE

Taillant Ø 66 mm	08.51 m

TUBAGES

DATES D'EXECUTION

29/07/2015	08.51 m

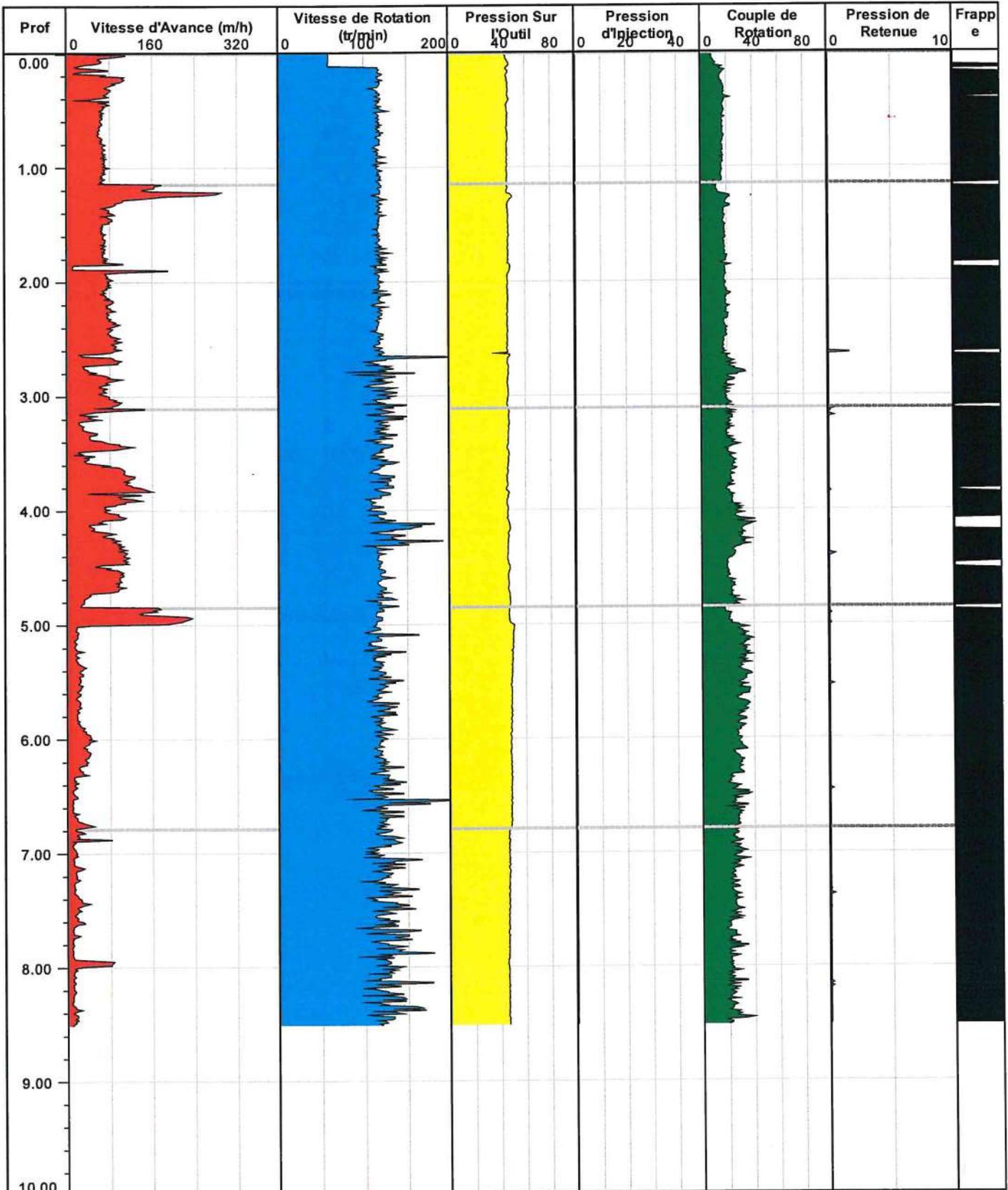
OBSERVATIONS : Forage éboulé à 8.0 m

ESPRESS-2 Version 6.38 - Traitement d'essais pressiométriques selon la norme NF P 94-110-1

Sondage SP3



Chantier : MICROCENTRALE
 Ville : MONTBELIARD - 25
 Client : ARTELIA
 Dossier : AMU159070
 Profondeur: 8.51 m



Chantier : MICROCENTRALE - MONTBELIARD - 25

Client : ARTELIA
Dossier : AMU159070

Localisation

- X :
- Y :
- Z : 101.95 RI

Echelle prof. : /

SONDEUSE : PELLE MECANIQUE

Nappe : /

Récup %	Prof. (m)	RI (m)	SOLS	E.C.H.				Remarques
	0.10	101.85	<p>Terre végétale</p>					
	1.50	100.45	<p>Remblai : Argile marron, graviers, briques, plastique et quelques gros blocs</p>					
	2.30	99.65	<p>Remblai : Argile grise/noire sableuse, graviers, bois, blocs, ...</p>					
	3.30	98.65	<p>Remblai : Argile noire, graviers, blocs, bois, ... devenant plus sableux en base</p> <p>Fin du sondage</p>					

Sondage pour Windows Version 3.45 - imprimé le 29/07/2015

OUTILS DE FORAGE

TUBAGES

DATES D'EXECUTION

28/07/2015	03.30 m

OBSERVATIONS : Bonne tenue des parois

Chantier : MICROCENTRALE - MONTBELIARD - 25

Client : ARTELIA
Dossier : AMU159070

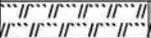
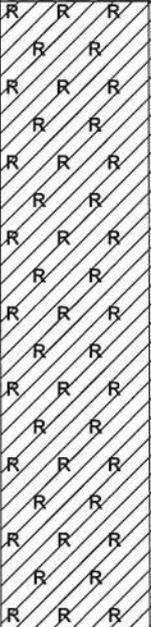
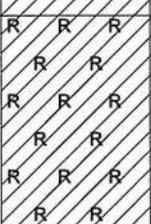
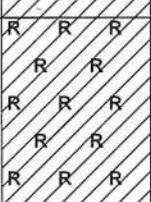
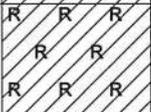
Localisation

- X :
- Y :
- Z : 101.85 RI

Echelle prof. : /

SONDEUSE : PELLE MECANIQUE

Nappe : /

Récup %	Prof. (m)	RI (m)	SOLS	ICM	Remarques			
	0.10	101.75	 Terre végétale					
	1.80	100.05	 Remblai : Argile marron, graviers, briques, plastique et quelques gros blocs					
	2.40	99.45	 Remblai : Argile grise/noire sableuse, graviers, bois, blocs ...					
	2.90	98.95	 Remblai : Argile noire, graviers, bois, blocs, ...					
	3.20	98.65	 Argile verdâtre sableuse (remblai supposé) Fin du sondage					

Sondage pour Windows Version 3.45 - imprimé le 29/07/2015

OUTILS DE FORAGE

TUBAGES

DATES D'EXECUTION

28/07/2015	03.20 m

OBSERVATIONS : Bonne tenue des parois

Chantier : MICROCENTRALE - MONTBELIARD - 25

Client : ARTELIA
Dossier : AMU159070

Localisation

- X :
- Y :
- Z : 101.95 RI

Echelle prof. : /

SONDEUSE : PELLE MECANIQUE

Nappe : /

Récup %	Prof. (m)	RI (m)	SOLS		Prof. H.L.				Remarques
	0.10	101.85	R R R	Terre végétale					
	0.80	101.15	R R	Remblai : Argile marron/rose à blocs et graviers					
	1.40	100.55	R R	Remblai : Argile marron à graviers, blocs, ...					
	3.00	98.95	R R R R R R	Remblai : Argile grise/noire à graviers, blocs, ferrailles, bois, ...					
	3.30	98.65	R R R R R R	Remblai : Argile verdâtre avec gros blocs calcaires					
				Fin du sondage					

Sondage pour Windows Version 3.45 - imprimé le 29/07/2015

OUTILS DE FORAGE

TUBAGES

DATES D'EXECUTION

28/07/2015	03.30 m

OBSERVATIONS : Bonne tenue des parois

ALIOS

Chantier : MICROCENTRALE – MONTBELIARD (25)

Client : ARTELIA

28/07/2015

DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE – Sondages à la Pelle

➤ PU1 :



➤ PU2 :



