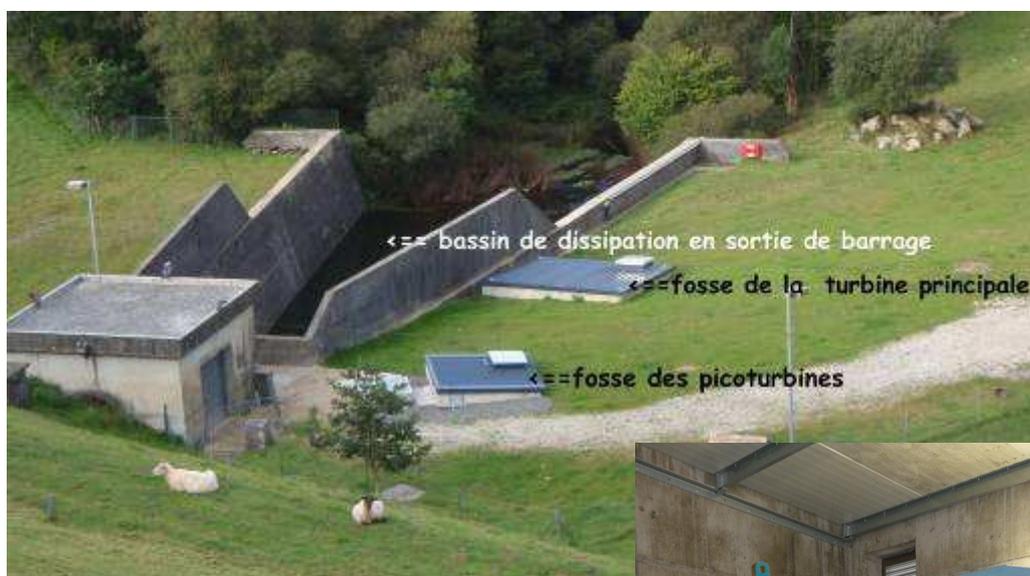




INSTALLATION D'UNE MICRO-CENTRALE HYDROELECTRIQUE AU BARRAGE DU DRENNEC

BILAN DE REALISATION



Syndicat de Bassin de l'Elorn / octobre 2010

SOMMAIRE

PRESENTATION	p.3
<u>Descriptif des travaux :</u>	p.6
<u>Plan général de l'installation :</u>	p.7
<u>Travaux réalisés – Plans et photos :</u>	p.9
Mise en place des conduites de dérivation :	p.9
Construction des 2 locaux enterrés d'accueil des groupes turbines :	p.13
Installation des 2 groupes turbines :	p.15
Pose des canalisations d'amenée d'eau et raccordement aux turbines :	p.17
Installation des armoires et branchements électriques :	p.18
<u>Mise en route de la microcentrale :</u>	p.20
<u>Réception des travaux et inauguration :</u>	p.22
<u>Diagrammes de suivi du fonctionnement 2010 :</u>	p.23

Annexes :

- **Procès Verbaux de réception et de fin de travaux**
- **Récapitulatif financier**

Syndicat de Bassin de l'Elorn

INSTALLATION D'UNE MICRO-CENTRALE HYDROELECTRIQUE AU BARRAGE DU DRENNEC

BILAN DE REALISATION

PRESENTATION

Par délibération en date du 27 mars 2007, le Syndicat de bassin de l'Elorn, propriétaire du barrage du Drennec, a décidé de lancer une étude de faisabilité pour l'installation d'une micro-centrale hydroélectrique permettant de récupérer l'énergie dissipée par la chute du barrage.

Cette décision a relancé un projet déjà étudié lors de la construction de l'ouvrage en 1980 ; malgré une pré-étude des équipements nécessaires à l'installation d'une micro-centrale, le projet n'a pas été réalisé à l'époque faute de rentabilité suffisante.

Les conditions de rachat de l'énergie hydraulique ainsi que les caractéristiques des équipements de production disponibles sur le marché ayant évolué, et la gestion hydraulique de la retenue étant mieux connue, une étude de faisabilité et de rentabilité méritait d'être réalisée à nouveau.

Une pré-étude, réalisée par l'espace info énergie de Brest et sa région (association ENER'GENCE), a confirmé l'intérêt d'étudier plus précisément le projet, basé dans un premier temps sur l'implantation d'une turbine unique sur la conduite d'alimentation amenant à la pisciculture PEIMA située sous le barrage, pour une puissance estimée à 49 kW et un coût d'investissement de 120 000 €.

Une étude de faisabilité a été lancée ensuite, avec un cahier des charges rédigé sur ces bases et comprenant la réalisation de la maîtrise d'œuvre en tranche conditionnelle.

L'ADEME et le Conseil Régional de Bretagne ont accordé un financement de 50% (25% chacun) pour la réalisation de l'étude et de la maîtrise d'œuvre.

C'est le bureau SHYNERGIE, de Courbevoie, qui a rendu le dossier d'étude en novembre 2007.

Cette étude a débouché sur un projet nettement plus complexe et plus coûteux (255 000 €HT hors raccordement électrique et ingénierie) que celui imaginé dans la pré-étude, et basé sur l'installation de 2 turbines :

- l'une récupérant l'énergie du débit constant affecté à la pisciculture PEIMA pour une puissance de 17 kW ;
- l'autre turbinant le débit supplémentaire variable via dérivation de la conduite forcée du barrage pour une puissance de 106 kW.

Le Syndicat de l'Elorn, sur la base de la bonne rentabilité du projet présenté, a décidé d'engager les travaux, et donc d'affermir la tranche conditionnelle (maîtrise d'œuvre) du marché, qui a cependant dû être reconsidéré du fait du surcroît de complexité du projet :

- installation de deux groupes turbines au lieu d'un ;
- contraintes importantes liées à l'alimentation de la pisciculture PEIMA.

La prise en compte des prescriptions de la pisciculture (dates et temps d'intervention limités, contraintes de débit et de pression restituée après turbinage, connexion obligatoire sur la conduite PVC de faible diamètre) a amené le comité de suivi à écarter dans un premier temps les propositions reçues des fournisseurs pour le groupe turbine secondaire (situé sur la conduite d'alimentation de la pisciculture), au rendement non garanti.

Le maître d'œuvre a finalement trouvé une solution alternative, proposée par une société Suisse, reposant sur l'installation de deux pompes inversées placées en parallèle sur la conduite PEIMA, et doublées d'un by-pass de sécurité. Cette solution, plus complexe et coûteuse qu'imaginé au départ, s'est avérée être a priori la seule répondant aux contraintes précitées.

Le prévisionnel de travaux a au final été porté à 370 000 €HT, mais la puissance récupérée par les turbines (140 kW au total) a également été augmentée du fait de leurs bons rendements, permettant de conserver une bonne rentabilité au projet.

L'avenant au marché de maîtrise d'œuvre, ré estimé sur ces nouvelles bases, a bénéficié d'une prise en compte financière de l'ADEME et de la Région de 40 % (20% chaque).

Déroulement des travaux :

Le déroulement des travaux a été découpé en plusieurs phases (conditionnées entre autres par les contraintes de la pisciculture expérimentale INRA située sous le barrage et dépendant de lui pour son alimentation en eau ; la consultation des entreprises s'est faite selon le schéma suivant :

Tranche 1 - dérivation : fourniture et pose d'une dérivation et de vannes de sectionnement en sortie de la conduite forcée du barrage : consultation des entreprises en avril 2008 et réalisation des travaux en février 2009 ;

Tranche 2 - turbines : fourniture de 2 groupes turbines : consultation des entreprises en novembre 2008, pour une livraison des turbines à l'été 2009 ;

Tranche 3 – génie civil et canalisations : construction des 2 locaux enterrés d'accueil des groupes turbines (travaux de génie civil) et fourniture et pose des canalisations d'amenée d'eau aux turbines : consultation des entreprises en avril 2009, pour des travaux à l'été 2009 ;

Tranche 4 - électricité : fourniture et installation des armoires et branchements électriques : consultation des entreprises en septembre 2009 et travaux en novembre 2009.

Parallèlement le Syndicat Départemental d'Energie du Finistère a procédé à la réalisation de travaux sur le réseau public du hameau du Drennec permettant le raccordement de la microcentrale, qui a eu lieu en décembre 2009.

Remarques :

Les spécificités du projet, liées à sa nécessaire adaptation...

1. à un ouvrage préexistant et à ses modalités de gestion (nécessité de garantir l'absence d'impact sur la sécurité du barrage, et de conserver son rôle premier dans le soutien d'étiage de la rivière) ;
2. à la fourniture du débit d'alimentation de la pisciculture expérimentale INRA ;
3. à la préservation du paysage et de l'environnement du site et de la rivière ;

...ont conduit à reconsidérer plusieurs fois ses caractéristiques, ainsi que les modalités et la programmation des travaux.

Ainsi la tranche 1 (dérivations), qui conditionnait la suite des opérations, n'a pu être réalisée qu'en février 2009 du fait de la nécessité de couper l'alimentation de la pisciculture, ce qui est moins dommageable en période hivernale froide.

L'ouverture des plis pour la tranche 2 (turbines) a amené à reconsidérer le projet d'installer un groupe turbine secondaire sur la canalisation d'alimentation de la pisciculture ; en effet, le faible diamètre de la canalisation de raccordement au dispositif d'oxygénation de la pisciculture, ainsi que la nécessité de fonctionner en contre-pression, ont empêché les constructeurs de turbines « Francis » (prévue initialement) de garantir le rendement de cette turbine.

Une solution de rechange, via des « pompes inversées » de technologie suisse, a été découverte ensuite ; cette solution s'adapte bien à la contre-pression et se passe d'aspirateur nécessitant une augmentation de diamètre de la conduite.

Le projet s'est dans un premier temps orienté vers l'installation d'une seule turbopompe, mais dont le débit s'est avéré trop juste pour la pisciculture.

Malgré le surcoût, il a été décidé d'installer 2 turbopompes plus petites en parallèle, au rendement théorique très bon dans les conditions précises du site (hauteur de chute, débit).

Du fait des différentes contraintes rencontrées, mais également des choix effectués (locaux enterrés, notamment) pour une meilleure intégration du projet dans son environnement, le coût global du projet a été porté à plus de 400 000 €uros HT.

Sur la base de ces orientations le Syndicat de bassin a sollicité l'ADEME et le Conseil Régional de Bretagne, dont il a reçu des accords de participation à hauteur de 20% du surcoût calculé par rapport à une solution de référence pour les équipements liés à la production d'énergie :

Coût de la solution de référence : 252 600 €

Coût retenu pour le projet : 301 648 €

Participation ADEME + Région Bretagne : 19 619 €

Descriptif des travaux :

Les dérivations ont été prévues en conduites acier enterrées.

Les turbines, les génératrices attelées et leurs organes de réglages et de sécurité ont été installés dans des fosses enterrées, et leurs systèmes de commande de régulation et de connexions dans le local actuel présent en pied de barrage.

Le groupe turbine principal est constitué d'une turbine Francis fabriquée par la S^{té} Hydréo (ex THEE) avec une génératrice de 140 kW.

Le groupe secondaire est constitué de deux pompes inversées, d'origine Suisse (S^{té} Blue Water Power), accolées en parallèle à 2 génératrices de 15 kW.

Le raccordement au réseau EDF en rive droite du barrage a été fait par une liaison sous caniveau, dans un chemin de câble existant (prévu à l'origine).

Raccordement électrique :

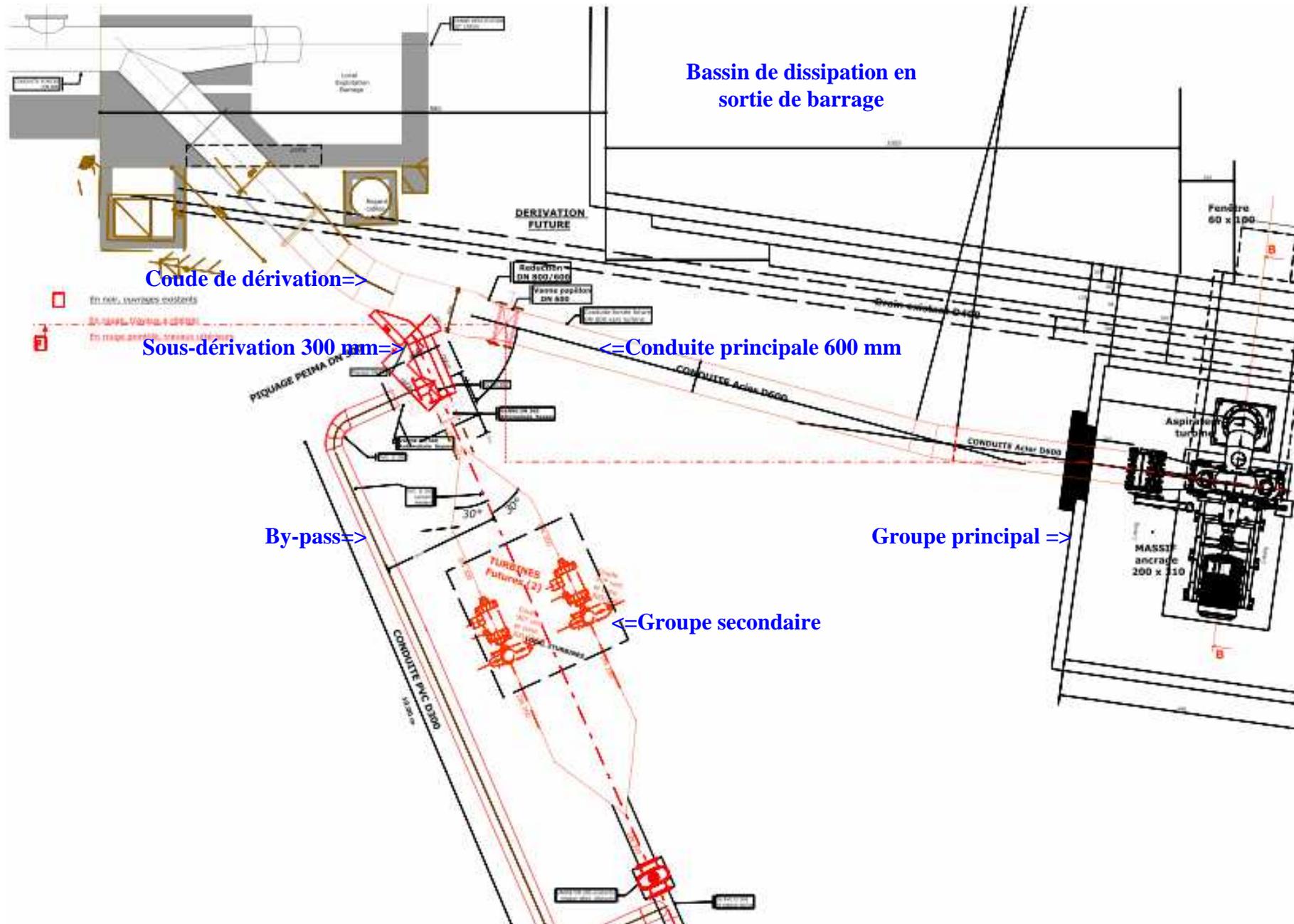
Une « étude de faisabilité » a été parallèlement demandée à ERDF (réseau distribution) concernant la possibilité d'injection du courant dans le réseau public.

Le résultat de l'étude s'est avéré favorable, à condition de renforcer et déplacer et remplacer un transformateur basse tension/moyenne tension.

Le Syndicat Départemental d'Energie du Finistère s'est finalement proposé pour assurer la maîtrise d'ouvrage du raccordement électrique.



Plan général de l'installation :



Travaux :

Un phasage des travaux a du être établi pour satisfaire à des contraintes à la fois techniques et environnementales, de continuité de l'alimentation réservée à la PEIMA, et de délais d'approvisionnement des matériels (turbines essentiellement).

Ainsi, les travaux se sont déroulés sur l'année 2009, en plusieurs étapes :

Pose des dérivations en février 2009 :

En coordination avec des travaux prévus par la PEIMA (nouveau dispositif d'oxygénation et de distribution de l'eau dans la pisciculture), pose de nouveaux départs sur la dérivation 800 mm en sortie de la galerie, au nombre de 2, au moyen d'une culotte de division en 2 branches :

- l'une en 600 mm en direction de la sortie du dissipateur, à destination du groupe turbine principal ;
- l'autre en 300 mm en direction de l'installation PEIMA sur laquelle un raccordement par by pass avec la conduite PVC existante 300 mm reconstitue l'alimentation de la pisciculture.

Réalisation des fosses de réception des deux groupes turbines pendant l'été 2009 :

- l'une attenante au bajoyer rive droite du bassin de dissipation, devant recevoir la turbine principale, et restituant l'eau turbinée au bassin de dissipation par une fenêtre percée en profondeur ;
- l'autre réalisée dans l'axe de la conduite PEIMA, devant recevoir la picoturbine, et contournée par le by pass d'alimentation de la pisciculture précédemment posé.

Installation des turbines et des conduites d'alimentation en fin d'été 2009 :

- prolongation de la branche 600 mm latéralement au dissipateur et installation de la turbine principale dans la fosse prévue, avec restitution à l'Elorn ;
- installation de la pico turbine dans la fosse prévue, et raccordement avec la dérivation 300 mm, et restitution au dispositif d'alimentation de la PEIMA.

Installation des armoires électriques et du raccordement au réseau à l'automne 2009 :

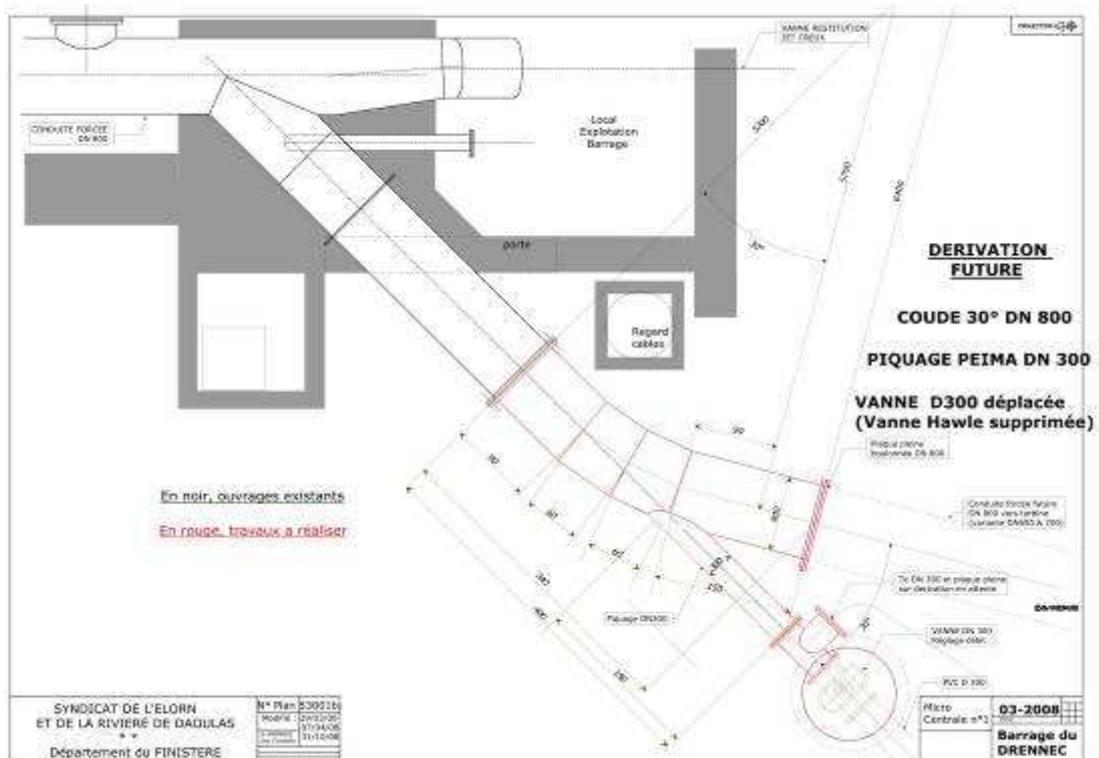
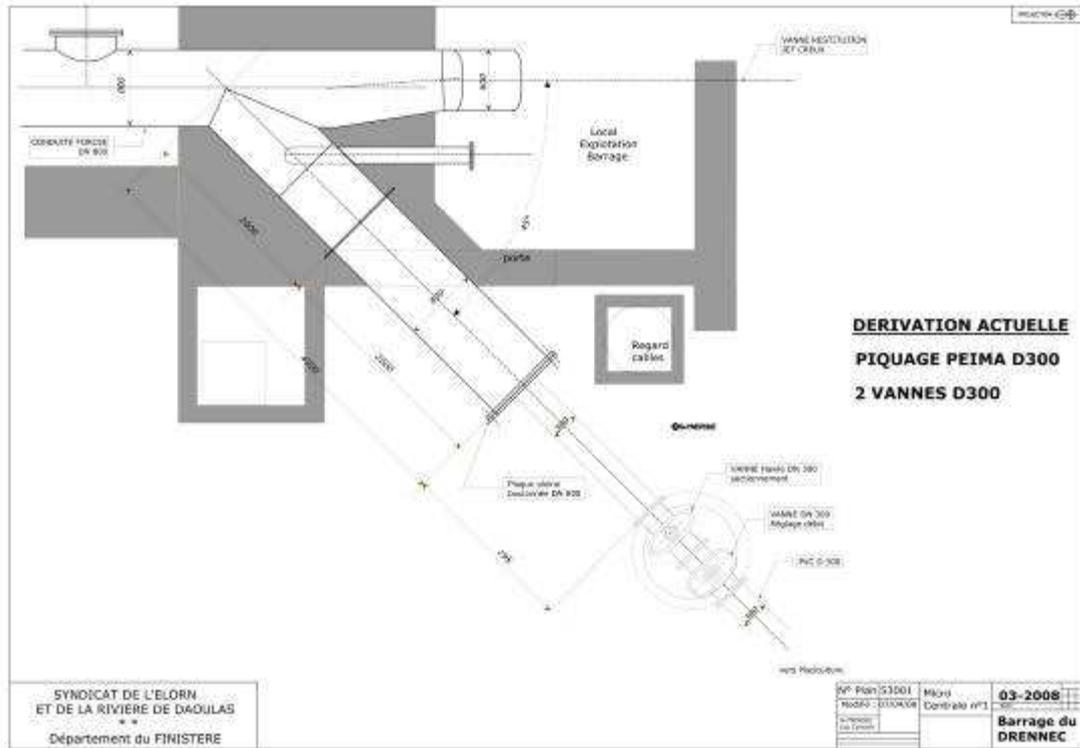
- travaux sur le réseau par le Syndicat Départemental d'Energie du Finistère : pose d'un câble souterrain et d'un transformateur 250 KVA ;
- installation d'un coffret de découplage et pose d'un compteur 4Q par ERDF ;
- installation et branchement des armoires électriques des 2 groupes turbine.

Mise en route à l'hiver 2009-2010

Travaux réalisés - plans et photos

Mise en place des conduites de dérivation :

Consultation des entreprises en avril 2008 et réalisation des travaux en février 2009.



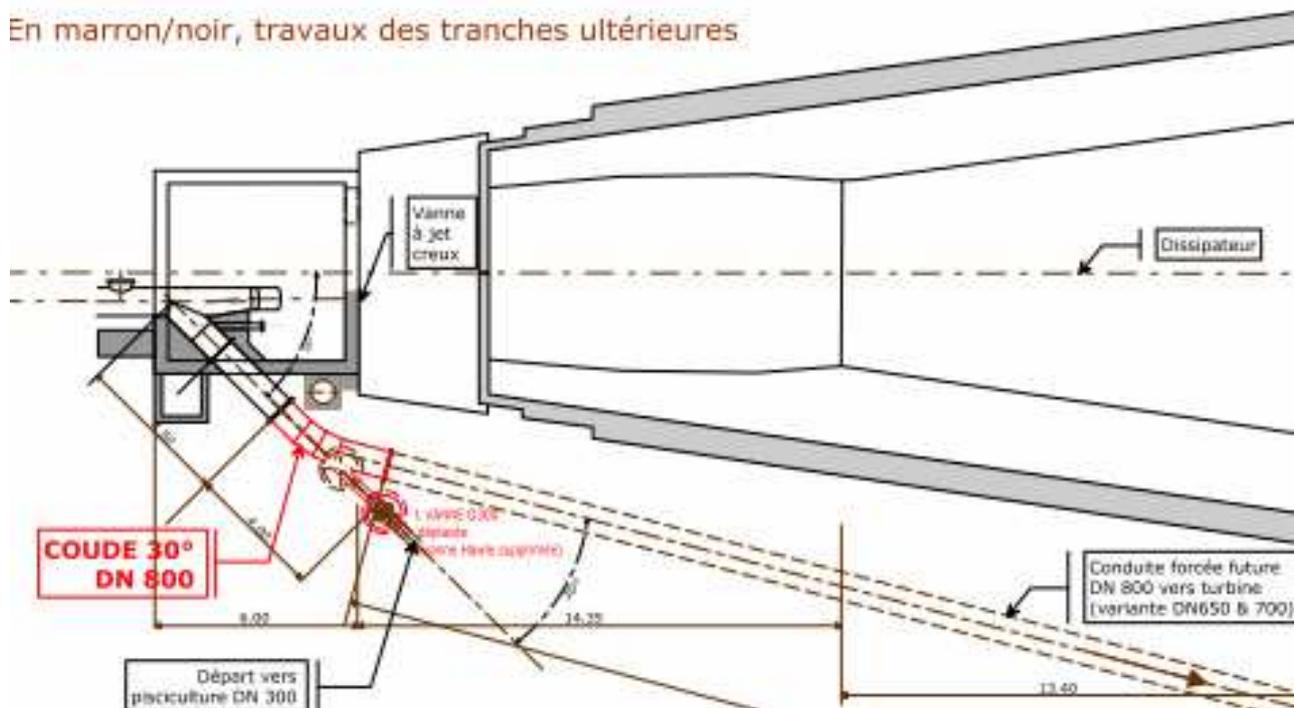
Plan des travaux réalisés en phase préparatoire :

DERIVATION FUTURE **Vue en plan**

En noir, ouvrages existants

En rouge, travaux a réaliser en 1ere tranche

En marron/noir, travaux des tranches ultérieures



Pose d'une dérivation et de vannes de sectionnement en sortie de la conduite forcée du barrage

De façon à éviter toute nouvelle coupure d'eau pour la pisciculture PEIMA, une canalisation by-pass PVC 300 mm a été installée conjointement à la pose de la dérivation, pour contourner le futur local du groupe turbines secondaire et rétablir la continuité de l'alimentation de la pisciculture ; de même, une vanne de sectionnement supplémentaire de 600 mm a été installée en bout de dérivation, et une vanne 300 mm de la PEIMA a été déplacée sur le Té de raccordement du by-pass pour permettre d'effectuer l'installation des turbines sans coupure d'eau.

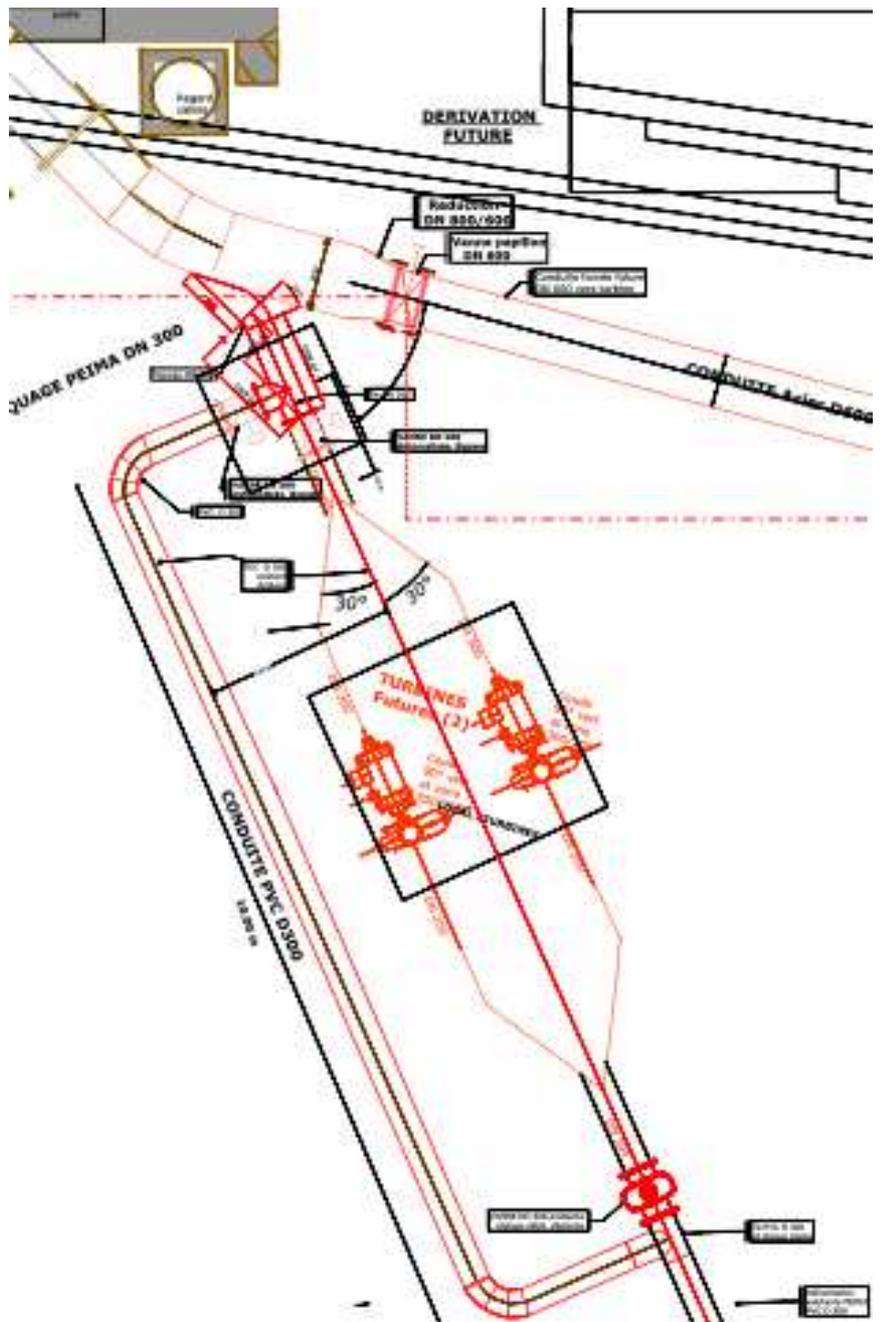
Ces travaux ont été effectués par l'entreprise Hartereau de Landerneau.



départ by-pass



raccordement by-pass sur canalisation PEIMA

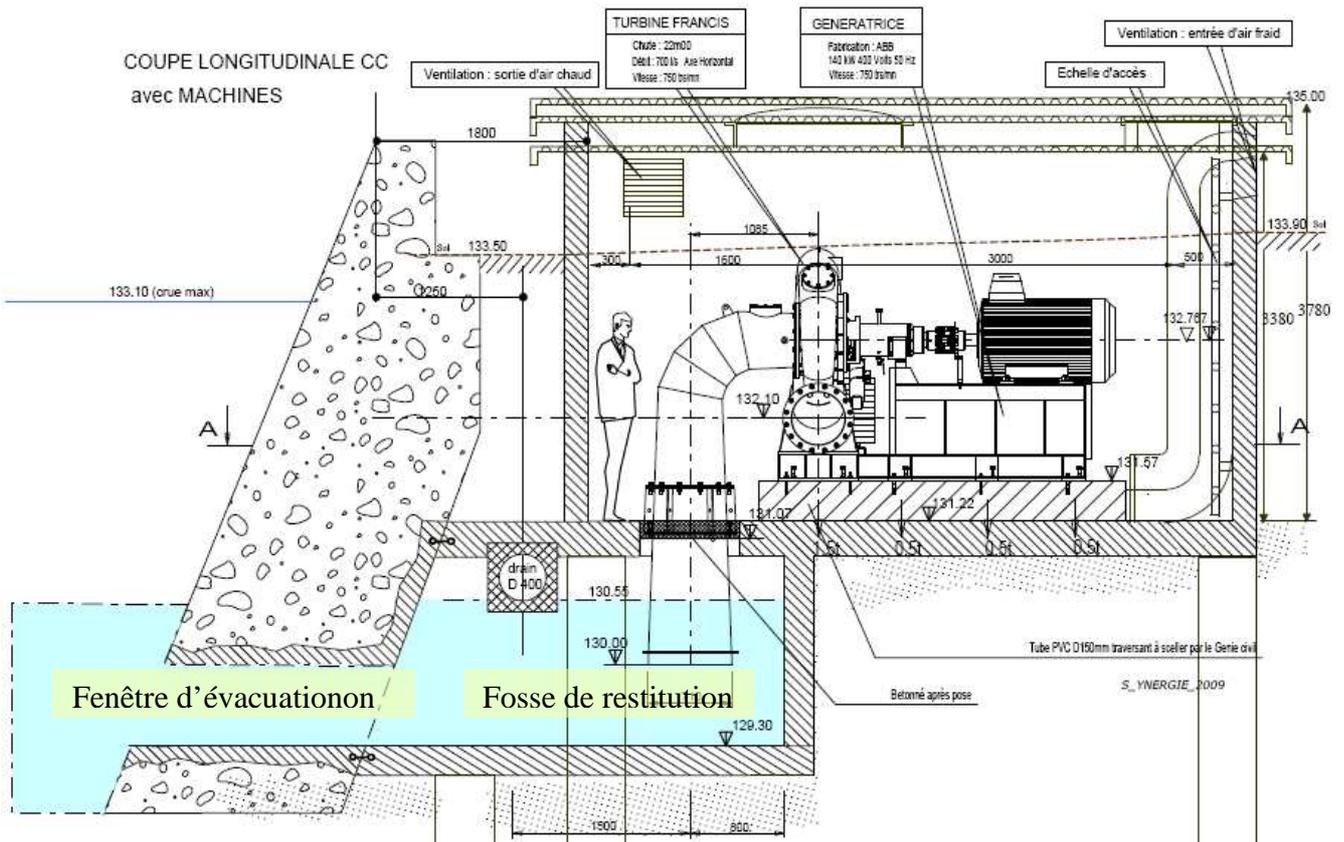


Construction des 2 locaux enterrés d'accueil des groupes turbines (travaux de génie civil) :

Consultation des entreprises en avril 2009, pour des travaux à l'été 2009.

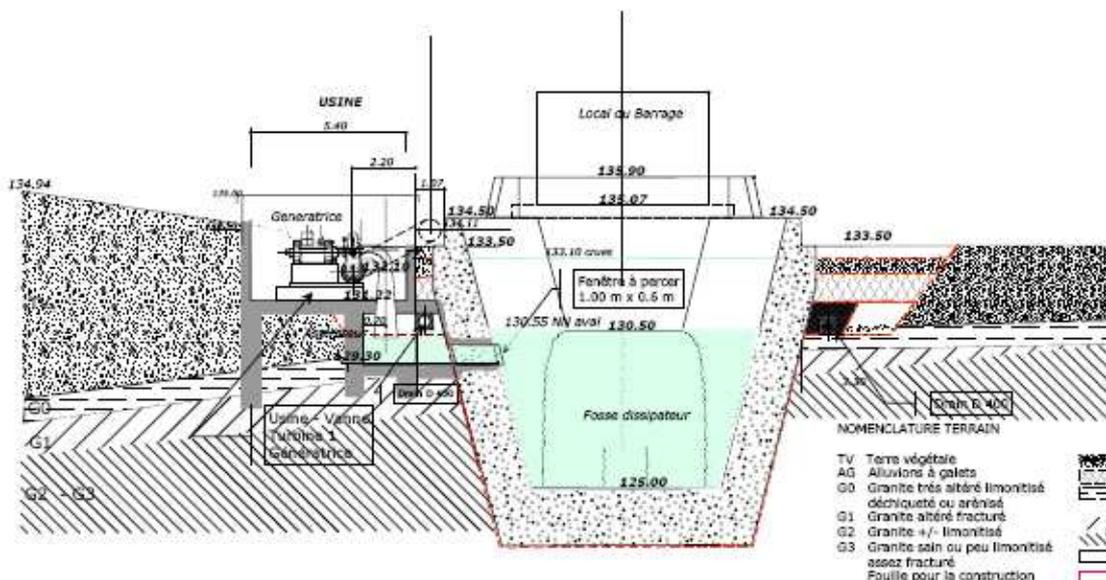
Cette tranche a concerné la réalisation de deux locaux semi enterrés :

- l'un, de 29 m², au sol attenant au bajoyer rive droite du bassin de dissipation, devant recevoir la turbine principale, complété par une fosse de restitution de l'eau turbinée se raccordant à l'Elorn via le percement d'une fenêtre de communication avec le dissipateur du barrage :

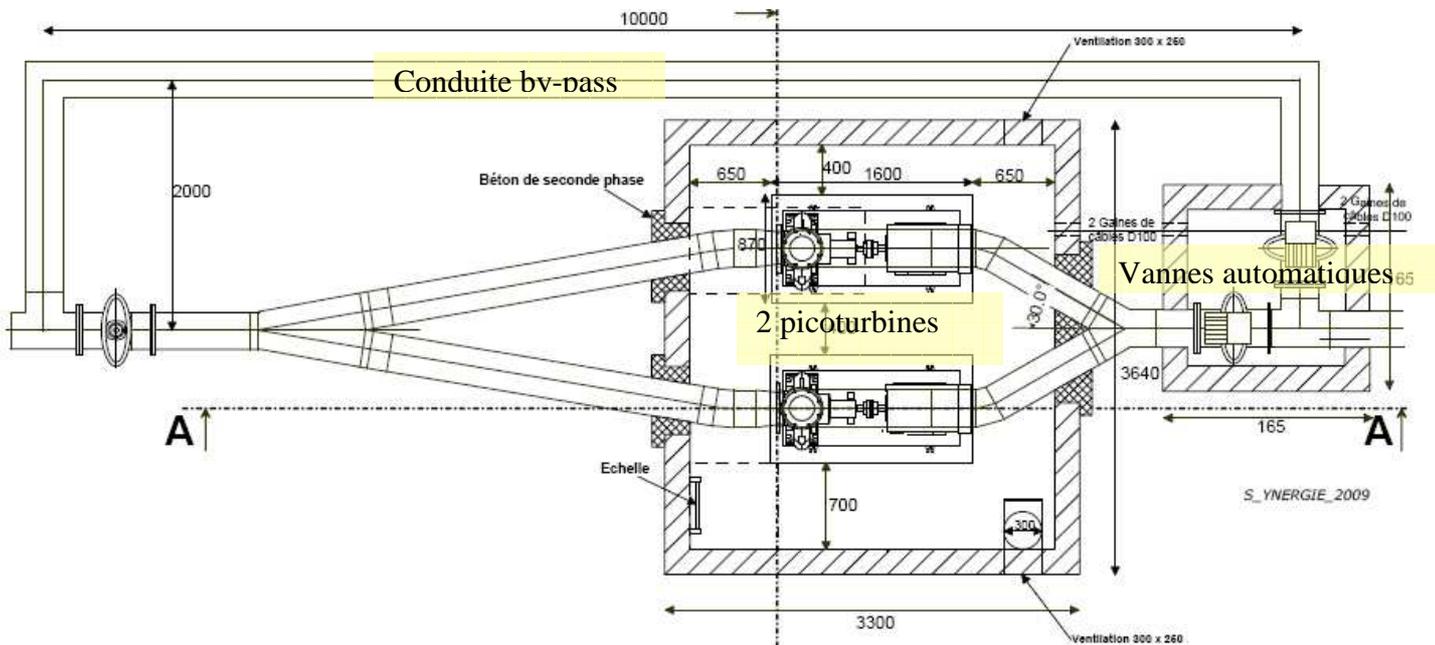


COUPE B - B - Restitution dans le bassin de dissipation

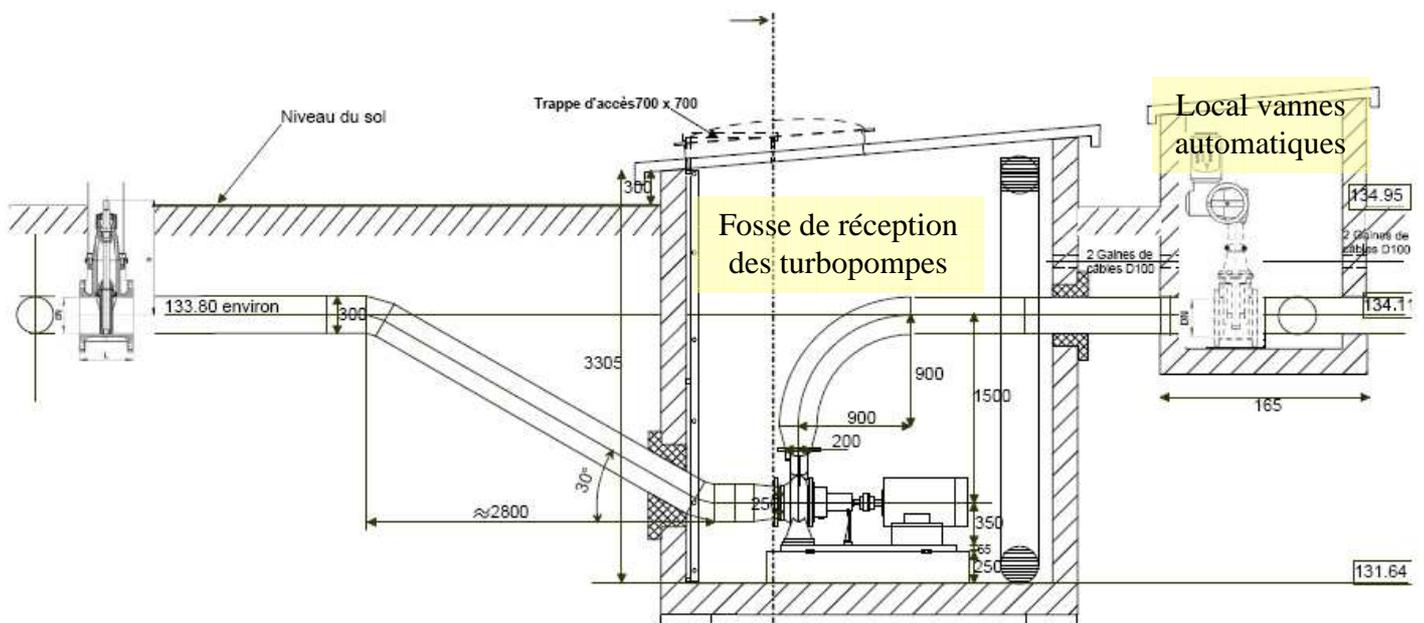
USINE 1B en PROJET



- l'autre, de 12 m² au sol, réalisé dans l'axe de la conduite PEIMA, devant recevoir les picoturbines, et contourné par le by pass d'alimentation de la pisciculture précédemment posé :



Vue du dessus : 2 turbopompes en parallèle, contournées par un by-pass



Coupe longitudinale

Ces travaux ont été effectués par l'entreprise Crenn, de Plougastel-Daoulas.

Installation des 2 groupes turbines :

Consultation des entreprises en novembre 2008, pour une installation des turbines à l'été 2009.

Cette tranche a concerné la fourniture et la pose des équipements turbines et matériels annexes (cônes de raccordement, vannes de garde, groupes de graissage, groupes hydrauliques, génératrices asynchrones), sur la base des caractéristiques définies par l'étude de faisabilité et par les calculs de débits hauteurs de chutes et pertes de charges issues des principes de gestion du barrage.

3 fournisseurs de turbines susceptibles de répondre ont été présélectionnés par le maître d'œuvre, et 6 autres entreprises ont demandé le dossier de consultation ; mais seulement 2 ont finalement déposé une offre, pour des turbines de type « Francis ».

Le choix a rapidement été effectué pour le groupe turbine principal, avec une turbine Francis de la S^{te} Hydréo, de plus de 120 kW et aux caractéristiques bien adaptées au projet :



turbine Hydréo à l'atelier

Caractéristiques :

débit nominal : 700 l/s ;

hauteur de chute nette : 22,3 mètres ;

122,6 kW électrique

Pose de la turbine Francis dans la fosse principale

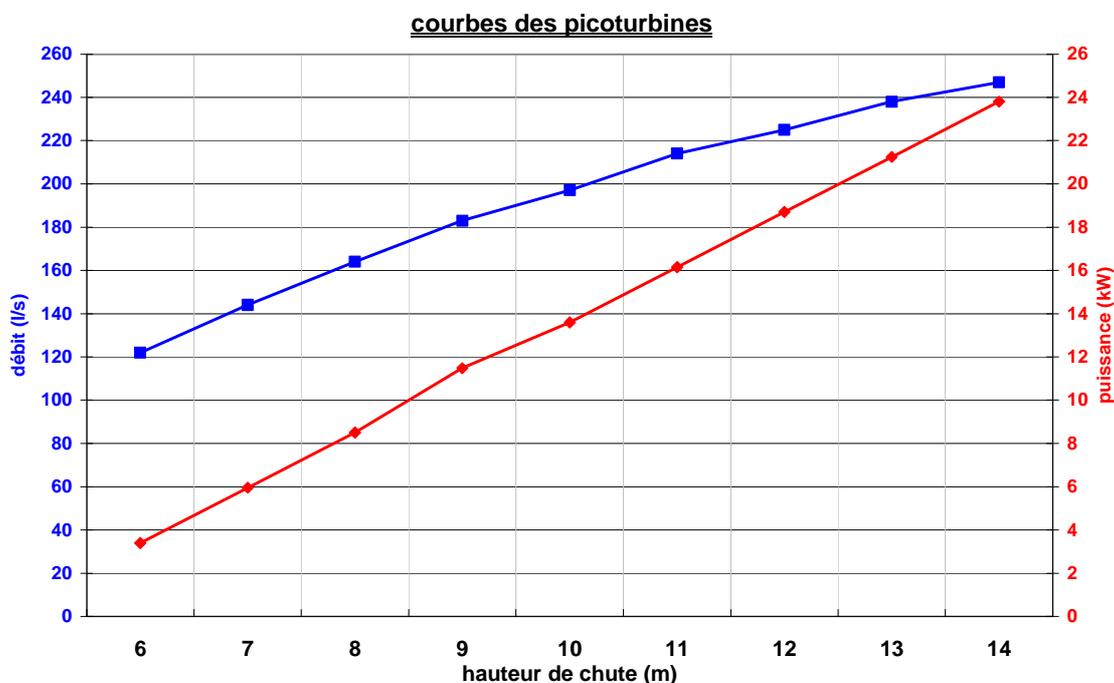


Par contre, l'équipement du groupe secondaire avec une turbine Francis également s'est avéré moins intéressant (coût proche du groupe principal pour une puissance très inférieure) et surtout n'était accompagné d'aucune garantie sur le rendement de l'équipement, du fait des caractéristiques de la canalisation d'amenée d'eau à la pisciculture PEIMA, d'un diamètre trop faible et devant laisser une contre pression pour le système d'oxygénation aval, avec de plus des pertes de charge difficiles à estimer.

L'ouverture de la consultation a permis de trouver un fournisseur Suisse (Blue Water Power) spécialisé dans les « pompes inversées », bien adaptées au fonctionnement en contre-pression et proposées par ailleurs avec un système de by-pass automatique géré par des vannes motorisées.



Pose des pompes inversées dans la fosse secondaire



Le débit nécessaire pour l'alimentation de la PEIMA ne correspondant pas aux caractéristiques du matériel disponible, le choix s'est porté sur le montage de deux pompes inversées en parallèle, au rendement très bon dans la gamme de hauteurs de chute du barrage.

Pose des canalisations d'amenée d'eau et raccordement aux turbines :

Consultation des entreprises en avril 2009, pour des travaux à l'été 2009.

Cette phase a concerné la pose de la conduite d'amenée DN600 de la turbine Francis et d'autre part les travaux d'installation et raccordement des deux pico turbines dans l'axe de l'ancien tracé de la conduite d'alimentation de la pisciculture.

Pose des conduites d'alimentation des deux groupes turbines :



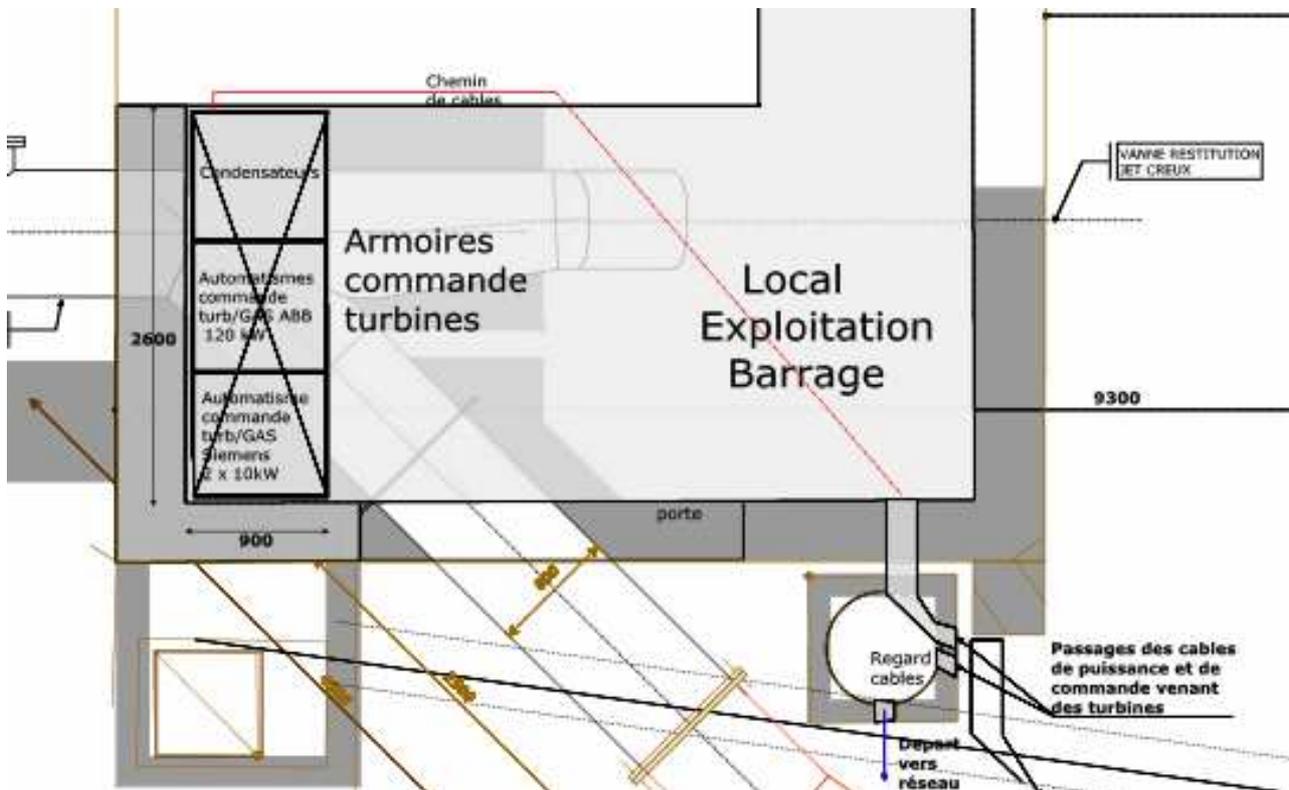
L'entreprise retenue pour cette phase a été l'entreprise Le Du de Ploufragan, qui a par ailleurs fourni les toitures métalliques (isolées et démontables) des fosses de réception.

Installation des armoires et branchements électriques :

Consultation des entreprises en septembre 2009 et travaux en novembre 2009.

Cette phase a consisté à effectuer les travaux :

- de raccordement électrique des deux installations de production hydroélectrique au local d'exploitation existant ; l'une, de 120 kW est distante de 12 m du local, l'autre de 2 pico groupes de 10 kW chacun, est distante de 5 m ;
- d'installation des systèmes de commande et de contrôle du groupe de 120 kW (le système des pico groupes est livré par le fournisseur) ;
- de la connexion de l'ensemble au câble de connexion au réseau en attente dans le regard extérieur au local.



L'entreprise Bernard de Plouédern a finalement été retenue pour ces travaux, sur la base notamment des plans fournis par la S^{té} Hydréo pour la réalisation de l'armoire électrique, et avec l'armoire et les servomoteurs des vannes automatiques fournis par la S^{té} Blue Water Power.

Un coffret de découplage a dû être installé selon les caractéristiques demandées par le gestionnaire du réseau (ERDF), ainsi qu'une batterie de condensateur pour compenser l'énergie réactive demandée par les génératrices asynchrones.

Le raccordement au réseau électrique a été effectué via un coffret de raccordement et un compteur tarif vert 4Q posé par ERDF.

Les travaux préalables sur le réseau électrique (pose d'un nouveau transformateur et d'un câble souterrain) ont été réalisés par le Syndicat Départemental d'Énergie du Finistère.



coffrets de découplage et de raccordement au réseau



armoires électriques pour les deux groupes turbines



branchement des vannes automatiques

chemin de câbles de la turbine Francis :



Une visite des installations par des représentants de l'ADEME et du Conseil Régional a eu lieu le 12 février, et a permis de faire le point sur l'évolution du projet et son possible accompagnement financier.

Mise en route de la microcentrale :

La mise en route de la microcentrale a été effectuée en deux temps, à chaque fois lors d'un pic de froid et d'une baisse de tension sur le réseau :

1. La turbine principale a été couplée au réseau le 16 décembre 2009, et le démarrage de la production a été notifié à EDF Obligation d'Achat à compter du 17 décembre.

Le fonctionnement de cette turbine a donné immédiatement satisfaction, en acceptant un débit de 870 l/s barrage plein (pour 700 l/s nominal) pour une puissance de 139 kW (pour 123 kW contractuel), soit une production d'électricité journalière d'environ 3 300 kWh dans ces conditions.

2. La mise en route des 2 petites turbines a été reportée de 3 semaines sur indisponibilité du fournisseur ; le couplage au réseau a été effectué sans problème le 6 janvier.

La puissance obtenue s'est cependant avérée inférieure d'un tiers aux prévisions, du fait de pertes de charges importantes dans la conduite d'alimentation de la pisciculture sur laquelle sont installées les turbines.

Conditions hivernale lors de la mise en route :



picoturbines

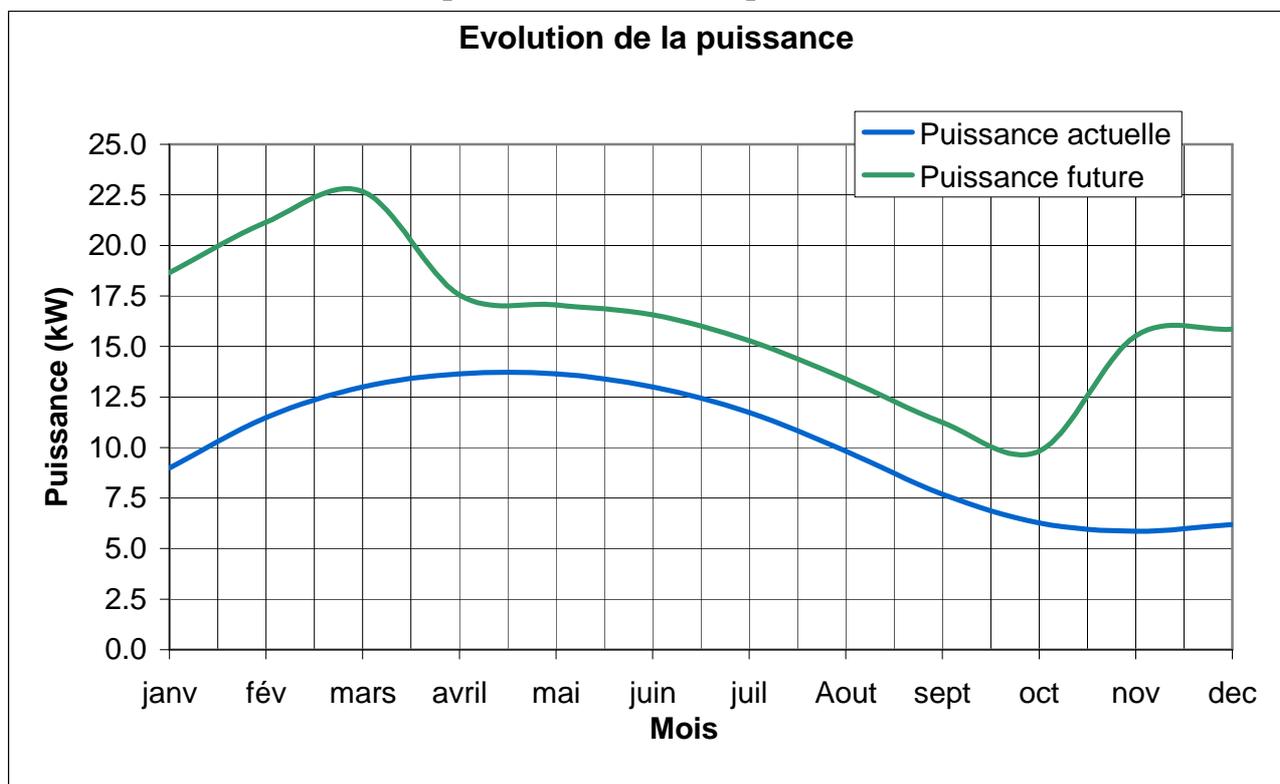
turbine Francis

écrans des deux automates de contrôle lors de la mise en route

Profitant de travaux à la pisciculture en mars, une inspection télévisée de la conduite a été effectuée, qui a confirmé la présence de freins hydrauliques.

Le doublement de cette conduite par une nouvelle conduite installée en parallèle, plus directe et permettant d'améliorer sensiblement le rendement des turbines, a été étudié, et sera réalisé en février 2011, pour minimiser l'impact de la nécessaire coupure d'eau pour la pisciculture.

Gain de rendement des picoturbines avec remplacement de la conduite aval :



Une consommation d'énergie réactive, facturée par ERDF, a été constatée sur les 2 mois suivant la mise en route ; un renforcement du dispositif de compensation (ajout de condensateurs supplémentaires) a été effectué rapidement et s'avère efficace depuis.

Des travaux de fiabilisation ont également été entrepris dans le cadre des différents marchés passés pour l'installation :

- reprise par l'entreprise de Génie Civil, de la chape béton de la fosse principale, qui s'est fissurée ;
- remplacement des servomoteurs des vannes automatiques des picoturbines par des modèles plus rapides et compatibles avec la sécurisation par onduleur.

Réception des travaux et inauguration :

La réception des travaux par le maître d'œuvre et le Syndicat s'est étalée de décembre 2009 à août 2010.

Un Procès Verbal de fin de travaux et de maîtrise d'oeuvre a été rédigé et signé le 5 août 2010.

(cf. PV en annexe)

L'inauguration officielle de la microcentrale a été effectuée le 9 octobre 2010, dans le cadre de la « Semaine de l'Elorn » que le Syndicat de Bassin organise chaque année pour faire le point sur les actions menées.

Sizun

OF 16-17 octobre 2010

Une microcentrale électrique au Drennec



Les élus ont pris connaissance et se sont rendu compte de l'efficacité de ce nouvel équipement innovant du barrage du Drennec.

Lors de la journée des élus clôturant la Semaine de l'Elorn 2010, Thierry Fayret, président du syndicat de bassin de l'Elorn, a procédé au lancement de ce nouvel aménagement, après une présentation des travaux du Sage, (Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau). Le syndicat a réalisé cette opération, afin de valoriser l'énergie dite renouvelable de la chute du barrage, auparavant perdue.

« Étant propriétaire des lieux, il était dommage de ne pas l'équiper

d'une centrale, sans contrainte de gestion supplémentaire, ni d'impact sur l'environnement » explique Jérôme Vassal, ingénieur au syndicat de bassin-versant de la rivière Elorn.

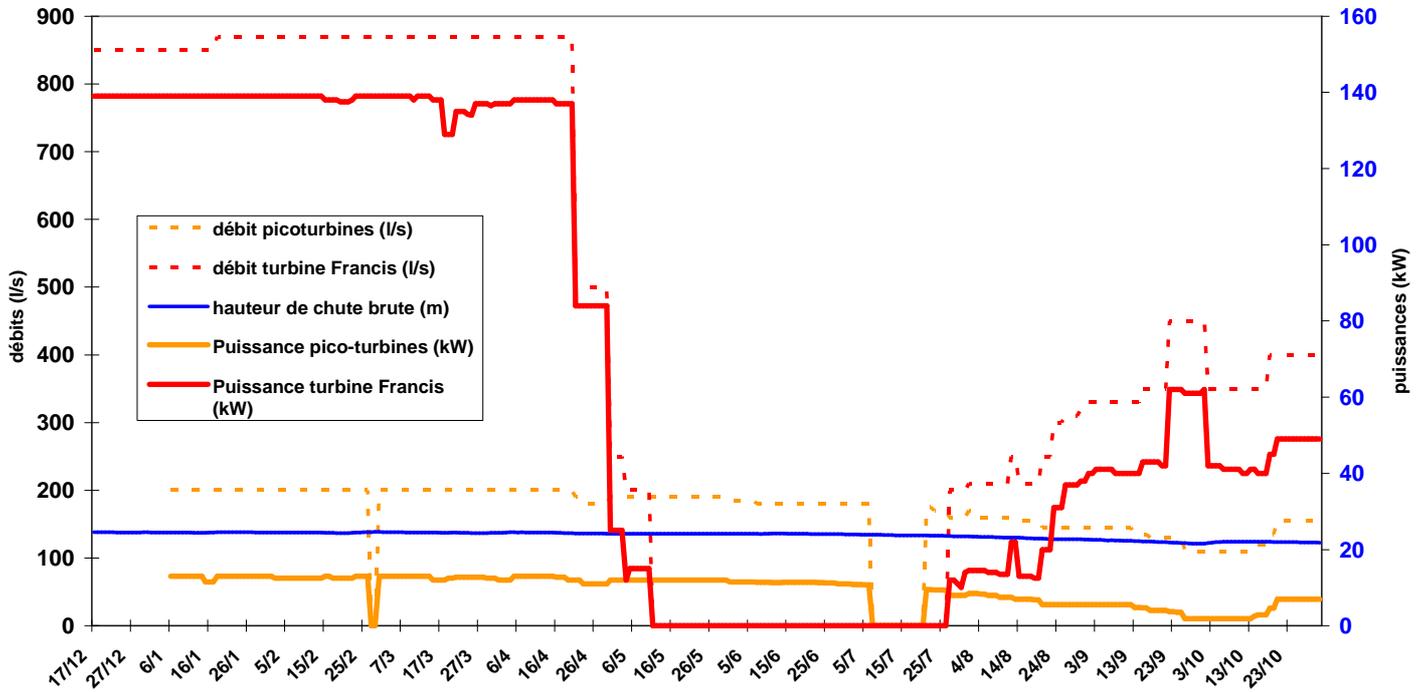
Le coût de cette nouvelle microcentrale est estimé à 500 000 € et la vente d'électricité est supérieure à 60 000 € par an, soit une rentabilisation prévue en moins de 10 ans. Enfin, ce nouvel équipement devrait permettre de produire annuellement plus de 600 000 kWh, soit la consommation de 120 maisons

La production annuelle prévisionnelle de la microcentrale est de 620 000 kWh, soit :

- 50 Tonnes Equivalent Pétrole
- 200 tonnes de CO2 évitées (sur la base de la production moyenne européenne de 340 g/kWh)
- la consommation de 120 maisons de 100 m² aux nouvelles normes (50 kWh/ m²/an)

Diagrammes de suivi du fonctionnement 2010 :

Fonctionnement de la microcentrale



Production de la microcentrale (2010)

