



**PROJET DE RECUPERATION d'ENERGIE
HYDROELECTRIQUE
AU BARRAGE DU DRENNEC**



ETUDE de FAISABILITE – APS



Novembre 2007

Plan de l'étude :

- Présentation
- 1 .Reconnaissance des ouvrages existants et descriptif sommaire
 - 1.1 .Caractéristiques techniques du barrage et de la retenue
 - 1.2 Caractéristiques des chutes disponibles et consistance de l'équipement
 - 1.3 Situation administrative
- 2. Ressources hydrologiques de l'Elorn
 - 2.1 Délimitation du bassin versant concerné par le projet.
 - 2.2 Hydrologie – Gestion de la retenue
 - 2.3 Hydrologie remodulée - Lâchers
- 3. Description du projet.
 - 3.1 Caractéristiques de l'aménagement - Dérivations
 - o 3.1.1 Culotte de division
 - o 3.1.2 Trace conduite d'amenée principale- local usine
 - o 3.1.3 By pass dérivation et fosse turbine
 - o 3.1.4 Locaux turbine
 - 3.2 Fonctionnement des Installations
 - o 3.2.1 Caractéristiques des groupes
 - o 3.2.2 Fonctionnement des groupes
 - o 3.2.3 Performance des installations
- 4. Estimation budgétaire. Prévion de recettes. Rentabilité du projet
 - 4.1 Estimation du coût du projet
 - 4.2 Conditions de l'estimation
 - 4.3 Organisation du chantier – Durée - Délais
 - 4.4 Valorisation de la production
 - 4.5 Economie du projet
- Conclusions

P

résentation

Le barrage du DRENNEC, ouvrage de retenue des eaux de l'Elorn pour le soutien d'étiage, est situé sur la commune de SIZUN – 29 Finistère.

Déclaré d'utilité publique par arrêté préfectoral en date du 12 novembre 1974, dans une stratégie de soutien à l'AEP du Nord Finistère, l'ouvrage a été réalisé en 1979, et mis en eau en 1982, avec un fonctionnement réglementé par arrêté préfectoral du 9 février 1982.

Sa capacité est de 8,7 millions de m³ pour une surface de 110 hectares à la cote 155 m NGF.

L'ouvrage, de 25 m de hauteur restitue les eaux à la cote normale 120.50 par une conduite forcée traversant le barrage en galerie.

Carte de localisation



Le projet mené par le propriétaire, le Syndicat Mixte pour l'Aménagement Hydraulique des Bassins de l'Elorn et de la Rivière de Daoulas, est la récupération d'énergie à travers les conduits de restitution de l'eau à l'Elorn.

Cette énergie est actuellement dissipée en chaleur et tourbillons dans les ouvrages suivants :

- (I) l'organe de réglage principal, en l'occurrence une vanne à jet creux qui en extrémité de la conduite forcée disperse les jets d'eau à 360° pour retomber dans une fosse à plots dissipateurs retournant à l'Elorn.
- (II) Une dérivation latérale à partir du piquage ϕ 800mm prévu à l'origine pour le système hydro-électrique et aménagé en définitive en dérivation, dans un conduit de petit diamètre (ϕ 300mm), d'un débit réservé vers une installation gravitaire d'oxygénation et de répartition de l'eau, en élévation, pour les besoins de pisciculture de la PEIMA.

Cet aménagement hydro-électrique, initialement prévu à la construction du barrage, n'a jamais été réalisé ; les conditions économiques restant jusque là moins favorables qu'elles le sont devenues actuellement.

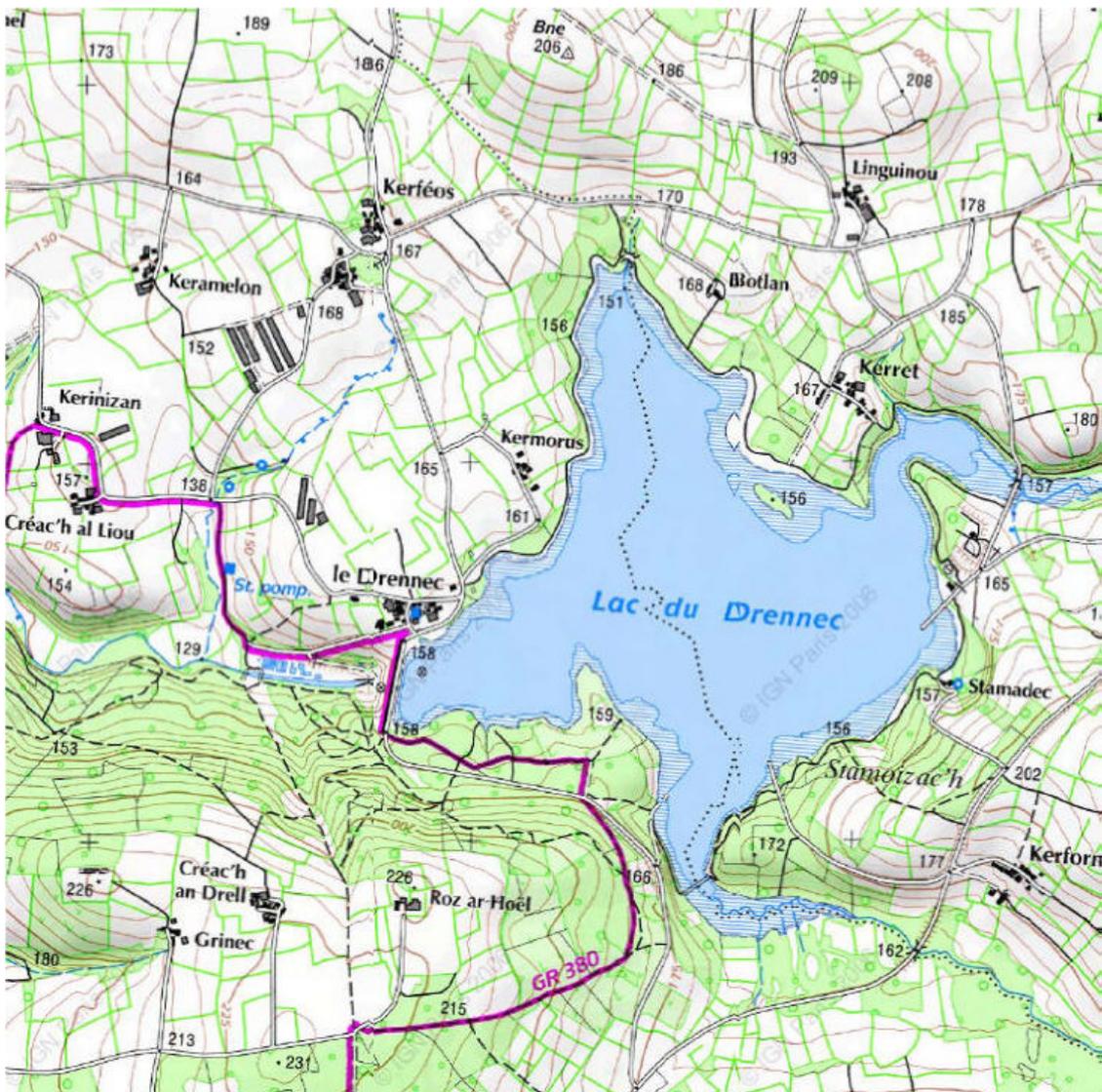
Reconnaissance des ouvrages existants et descriptif sommaire

Lors des missions de reconnaissance sur place effectuée par S_YNERGIE les 27 Juin et 21 Septembre et à l'aide des informations, données et plans transmises par les responsables du Syndicat de l'Elorn, les caractéristiques des ouvrages existants, les hauteurs de chute récupérables et la consistance des installations pour la génération d'énergie ont pu être précisées.

1.1. Caractéristiques techniques du barrage et de la retenue

Le barrage

- Longueur en crête 250 m
- Largeur en crête 8.70 m



- Cote NGF de la crête 158 m
- Cote NGF du déversoir de crues : 155.0 m

La retenue

- Surface à la cote maxi normale d'exploitation 155m : 110 ha
- Capacité utile de la retenue : 8 600 000 m³
- Capacité totale cote max exceptionnelle de 156.50m de la retenue : 10 300 000m³

✓ Bassin versant

- Aire du bassin versant à la prise d'eau : 24 km²
- Débit spécifique associé : 33.3 l/s/km²
- Module à la prise d'eau : 0.8 m³/s

✓ Ouvrages de prise d'eau

- Débit maximal dérivé conduit ϕ 800 mm : 2.5 m³ /s
- Débit maximal dérivé évacuateur tulipe : 81 m³ /s
- Débit maximal dérivé vidange de fond : 13 m³ /s

Dérivation de l'installation PEIMA

- Alimentation par piquage acier ϕ 300 mm sur plaque pleine ϕ 800mm et contrôle par vanne à commande manuelle dans regard.

- Adduction par conduite PVC ϕ 300mm de longueur 45 m environ.

L'installation actuelle est constituée d'une arrivée par un tube en U vertical ϕ 300mm débouchant à gueule bée cote 137.70 dans un bassin circulaire déversant sur son pourtour cote 136.50 pour une oxygénation de la lame d'eau dans une chute pour être dirigée ensuite vers la pisciculture.

- Cote de niveau d'eau normal d'alimentation actuelle : **137.70 m**

La modification de l'installation que la PEIMA a prévu de réaliser début 2008 en Février ou Mars consiste en l'érection d'une cheminée déversante - cote déversoir 140.45 -alimentant un bassin où, après passage par gravité dans une succession de plaques perforées, l'eau est conduite dans un filtre puis redirigée vers la pisciculture.

- Cote de niveau d'eau normal d'alimentation en projet : **140.54 m.**

Cette modification conduit ainsi à augmenter de 3.16 m soit **0.3 b** la pression de l'eau délivrée à l'installation, et diminue d'autant le niveau d'énergie récupérable sur la dérivation.

1.2. Caractéristiques des chutes disponibles et consistance de l'équipement

Compte tenu des dispositions légales d'exploitation qui prévoient un débit à délivrer compris 200 et 1000 l/s, et des dénivelées totales exploitables (cf 1.1), la puissance administrative ou PMB (Puissance maximale brute) récupérable dans des équipements énergétiques s'établit ainsi à :

✓ sur la dérivation (II) de l'installation principale

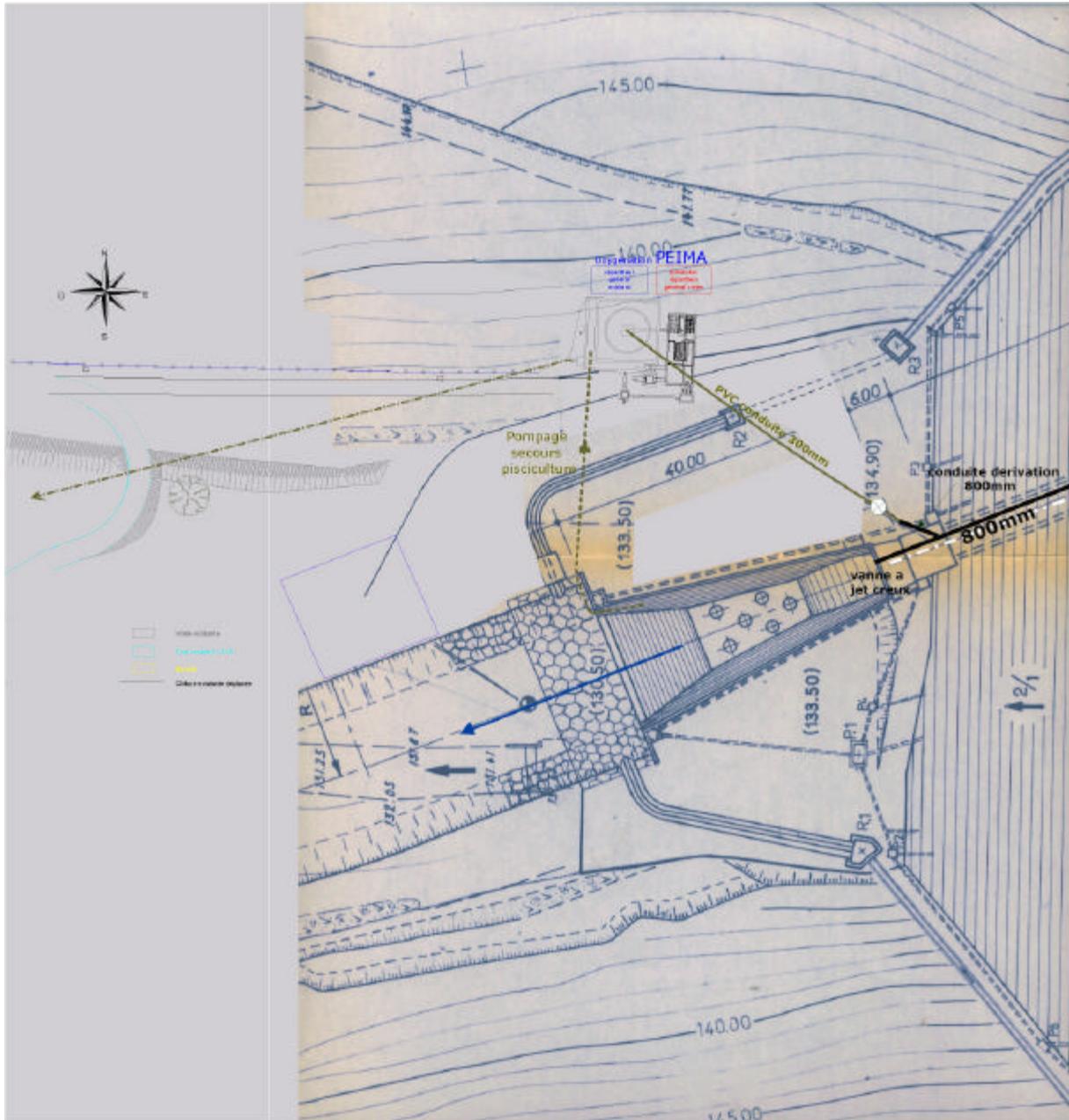
- Cote de prise d'eau normale 155.00 m
- Cote de restitution NGF 130.50 m
- Hauteur de chute brute : $H_b = 155.00 - 130.50 = 24.50$ m
- Débit maximum dérivé : 0.700 m³/s
- Puissance maximale brute (future turbine III) : $P_m = 9.81 \times q \times H_b$
 $P_m = 9.81 \times 0.7 \times 24.50$
 $P_m = \mathbf{168 \text{ kW}}$

✓ sur la dérivation (III) de l'installation PEIMA

- Cote de prise d'eau normale 155.00 m
- Cote de restitution NGF 140.54 m
- Hauteur de chute brute : $H_b = 155 - 140.54 = 14.46$ m
- Débit réservé actuel : 0.150 m³/s
- Débit maximum dérivé : 0.250 m³/s
- Puissance maximale brute (future pico- turbine) :
 $P_m = 9.81 \times q \times H_b$
 $P_m = 9.81 \times 0.25 \times 14.46$
 $P_m = \mathbf{35 \text{ kW}}$

✓ **Puissance maximale brute totale, PMB**
ou **Puissance administrative** :

$$P_m = 35 + 168 = 203 \text{ kW}$$



Plan des installations existantes en pied du barrage

1.3. Situation administrative

Le fonctionnement du barrage a été autorisé par arrêté préfectoral du 9 Février 1982 avec pour objet principal le soutien d'étiage et des quantités autorisées au lâchage comprises alors entre 200l/s et 1000 l/s. Par ailleurs, un débit minimum à maintenir en aval immédiat du barrage, doit être réservé et fixé à :

- 200 l/s entre le 1er janvier et le 30 septembre
- 250 l/s entre le 1er octobre et le 31 décembre

Afin de faciliter la gestion du régime de l'Elorn, le Syndicat envisage de porter le débit maximum à 1 500 l/s, et une demande à cette fin est actuellement en cours, auprès de la préfecture.

2.2. - Hydrologie – Gestion du barrage

On dispose de mesures hydrologiques sur l'Elorn depuis 20 à 25 ans sur des stations de jaugeage répartis ainsi sur le cours:

- 1 & 2. l'Elorn & le Mougau à Commana qui alimentent la retenue du Drennec,
- 3. l'Elorn à Sizun à l'aval immédiat de la retenue du Drennec,
- 4. l'Elorn à Ploudiry (station de Kerfaven),
- 5. l'Elorn à Plouédern, en aval de l'usine d'eau potable de Pont Ar Bled

Les modules spécifiques très élevés au sommet du bassin (Drennec) décroissent naturellement au fur et à mesure que le bassin s'agrandit :

Stations hydrométriques	Aire de B V	Module	Q spécifique	Crues
		Période :	1967/2004	T=50ans
Elorn Plouedern	260 km ²	5.50 m ³ /s	21 l/s/km ²	110 m ³ /s
Elorn a Ploudivy	202 km ²	4.4 m ³ /s	21 l/s/km ²	74 m ³ /s
Elorn à la Sizun	24 km ²	0.75 m ³ /s	31.3 l/s/km ²	11 m ³ /s

Au Drennec, les apports naturels sont mesurés aux stations 1 et 2.

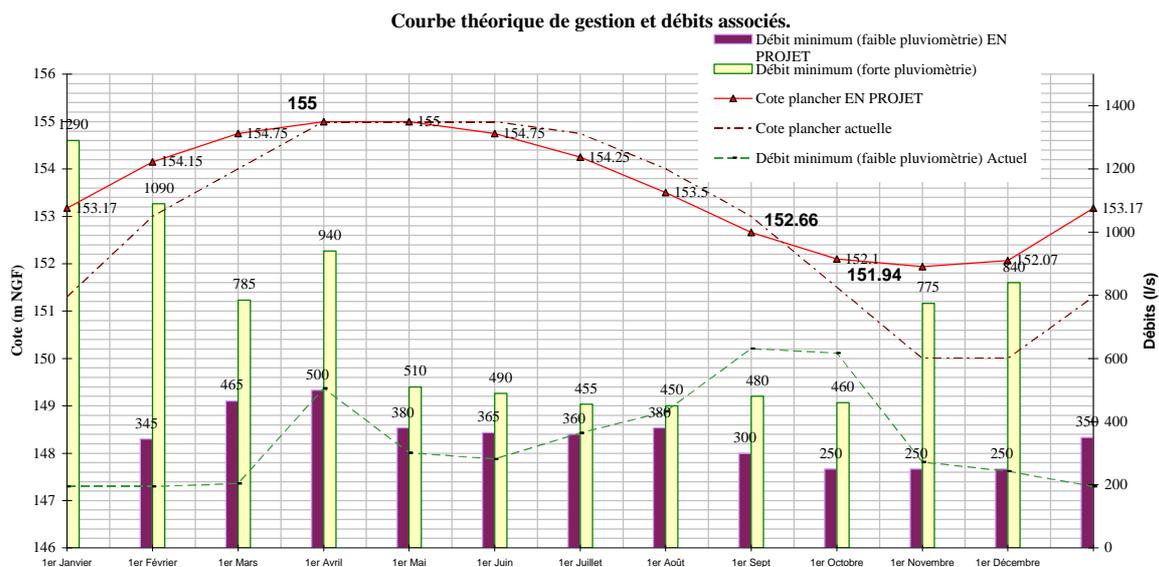
Les rues en aval ont les fréquences suivantes :

Débits caractéristiques	Station de Sizun
Q10	8.2 m ³ /s
Q20	9.6 m ³ /s
Q50	11 m ³ /s
Q100	16 m ³ /s
Q500	21 m ³ /s

Cette l'hydrologie est remodulée par la gestion de la retenue du Drennec qui permet d'assurer un soutien d'étiage pour maintenir un débit minimal lors des étiages.

Les débits remodulés sont enregistrés à la station 3.

Les consignes de gestion de la retenue procèdent en application de l'arrêté de 1982, à des lâchures programmées que l'on peut synthétiser dans le diagramme qui suit :



(en pointillé, les consignes actuelles et en trait continu, les consignes en projet)

Par ailleurs les mesures de surveillance et de contrôle de la retenue imposent une vidange de la retenue tous les 10 ans qui ces années là 1986-1987, 1996-1997, 2006-2007, conduisent à un régime exceptionnel du cours d'eau en aval du barrage, et entraînent pendant des périodes plus ou moins longues une diminution de la charge disponible sur la conduite de restitution.

2.2. - Hydrologie re modulée – Lâchers – Ressources exploitables ».

Les lâchers du barrage sont enregistrés depuis 1984 avec simultanément les hauteurs d'eau dans la retenue .

Ces données du 01/01/1984 au 25/06/2007 transmises par le Syndicat ont servi aux estimations de ressources (débit disponible et hauteur de chute) réalisées pour le projet.

Description du projet

Les plans et informations transmises, les reconnaissances sur place, les concertations ont permis de préciser les dimensions des ouvrages et des choix sur les possibilités d'équipement du site, sans modifier les entrées d'eau, restitutions et régulation des ouvrages, et d'optimiser un projet d'aménagement.

Les résultats et les options ont été soumis et discutés avec les responsables du Syndicat de l'Elorn et le Comité de liaison lors de réunions les 27 Juin et 21 Septembre. (Cf *Compte rendus*)

Les travaux à réaliser et équipements à mettre en place sont les suivants :

- installation d'un groupe hydro générateur (II) sur une dérivation parallèle supplémentaire - à réaliser par raccordement en aval du piquage latéral ϕ 800mm - se substituant en marche normale à la vanne à jet creux.
Deux options sont envisagées pour la restitution de la turbine :
 - o soit 60 m plus en aval par un court canal relié à l'Elorn, berge rive droite option (IIa)
 - o soit 30 m en aval dans un puits attenant au bajoyer rive droite du dissipateur, et communiquant avec ce dernier par une fenêtre à percer en profondeur - option (IIb)
- insertion d'une pico turbine et génératrice en by-pass sur la dérivation (III) et restituant dans le conduit d'amenée à l'installation d'aération et de distribution, sachant que cette dernière est en cours de modification par la PEIMA.
Cette turbine doit fonctionner sous la hauteur de chute résiduelle laissée par la surverse de l'installation PEIMA et l'ouverture de la vanne de réglage, qui fait actuellement office de brise charge.

Les dérivations seraient réalisées par des conduites en acier enterrées.

Les turbines, les génératrices attelées et leurs organes de réglages et de sécurité seraient installés dans des fosses et leurs systèmes de commande de régulation et de connexions dans le local actuel en pied de barrage agrandi si nécessaire par une extension sur sa face Nord.

3.1. - Caractéristiques de l'aménagement.

Dérivations – Aménagement du piquage ϕ 800 mm latéral à la conduite forcée du barrage

De nouveaux départs seraient à aménager sur la dérivation ϕ 800mm en sortie de la galerie, au nombre de 2 au moyen d'une culotte de division en 2 branches,

- l'une ϕ 800mm en direction de la sortie du dissipateur, avec prolongation de la branche en conduite acier ϕ 800mm (ou variante 700 mm) latéralement au dissipateur pour installation de la turbine principale en aval afin d'une restitution à l'Elorn en sortie de dissipateur.
- l'autre branche en petit diamètre en direction de l'installation PEIMA sur laquelle un raccordement en T avec la conduite PVC existante ϕ 300mm reconstituerait l'alimentation de la PEIMA et le maintien en permanence de son débit réservé de 0.200 m³/s à 0.250 m³/s

➤ 3.1.1 Culotte de division

Celle-ci pourrait être constituée d'un coude ϕ 800mm en direction de la sortie du dissipateur, sur lequel serait piquée, dans l'axe, la branche en petit diamètre (ϕ 300mm ou 500 mm). Sur cette dernière branche, ensuite, serait disposé un raccordement en T avec la conduite PVC existante ϕ 300mm, sur laquelle la vanne manuelle actuelle serait remontée pour le contrôle de l'alimentation de la PEIMA.

Les 2 nouvelles branches seraient provisoirement fermées à la fin de cette phase de travaux qui devrait être réalisée par anticipation (voir § 4.3). La fermeture serait faite soit par une plaque pleine boulonnée sur bride, soit par des vannes de sectionnement.

➤ 3.1.2 Tracé conduite d'amenée principale, local usine et restitutions

Pour l'aménagement de la dérivation branche principale, une tranchée serait creusée le long du dissipateur à partir de la culotte installée en phase 1, pour y raccorder et enfouir une conduite ϕ 800mm (*variante en ϕ 700mm*) en fonte ou en acier sur une longueur d'environ 55m.

En extrémité un puits serait creusé en rive droite de l'Elorn (IIa) pour y construire une chambre de restitution cote radier = cote lit de l'Elorn -1.00 m, surmontée par le local usine d'environ 40 m² de surface, cote plancher 133.35 (ligne d'eau crues exceptionnelles).

L'implantation de ce local est en aval des visées géométriques de surveillance du barrage et hors de leur champ.

Le puits serait relié à l'Elorn par un canal de fuite en béton ou en enrochements de 1 m de large creusé dans la berge RD et remontant progressivement vers le fonds du lit de la rivière.

Les travaux en berge de la rivière seraient entrepris à l'abri d'un batardeau érigé autour de l'emprise du canal, l'ouvrage étant nettoyé avant l'enlèvement du batardeau.

On se réserve la possibilité d'une variante avec restitution plus courte (IIb), directement dans la fosse de dissipation, par une fenêtre de 0.80 m² percée¹ dans le bajoyer RD de la fosse, en dessous du niveau d'eau normal de 130.50.

La longueur de conduite serait alors réduite à 15 m et le local usine et la chambre de restitution construite le long du bajoyer.

Dans le local serait installée la vanne d'isolement raccordée à la conduite, la turbine de type à réaction grande vitesse (type Francis par exemple), attelée à une génératrice asynchrone (II) et leurs systèmes de commande.

Les équipements électriques seraient installés soit dans ce local turbine, soit dans le local galerie actuel avec extension possible sur sa face Nord.

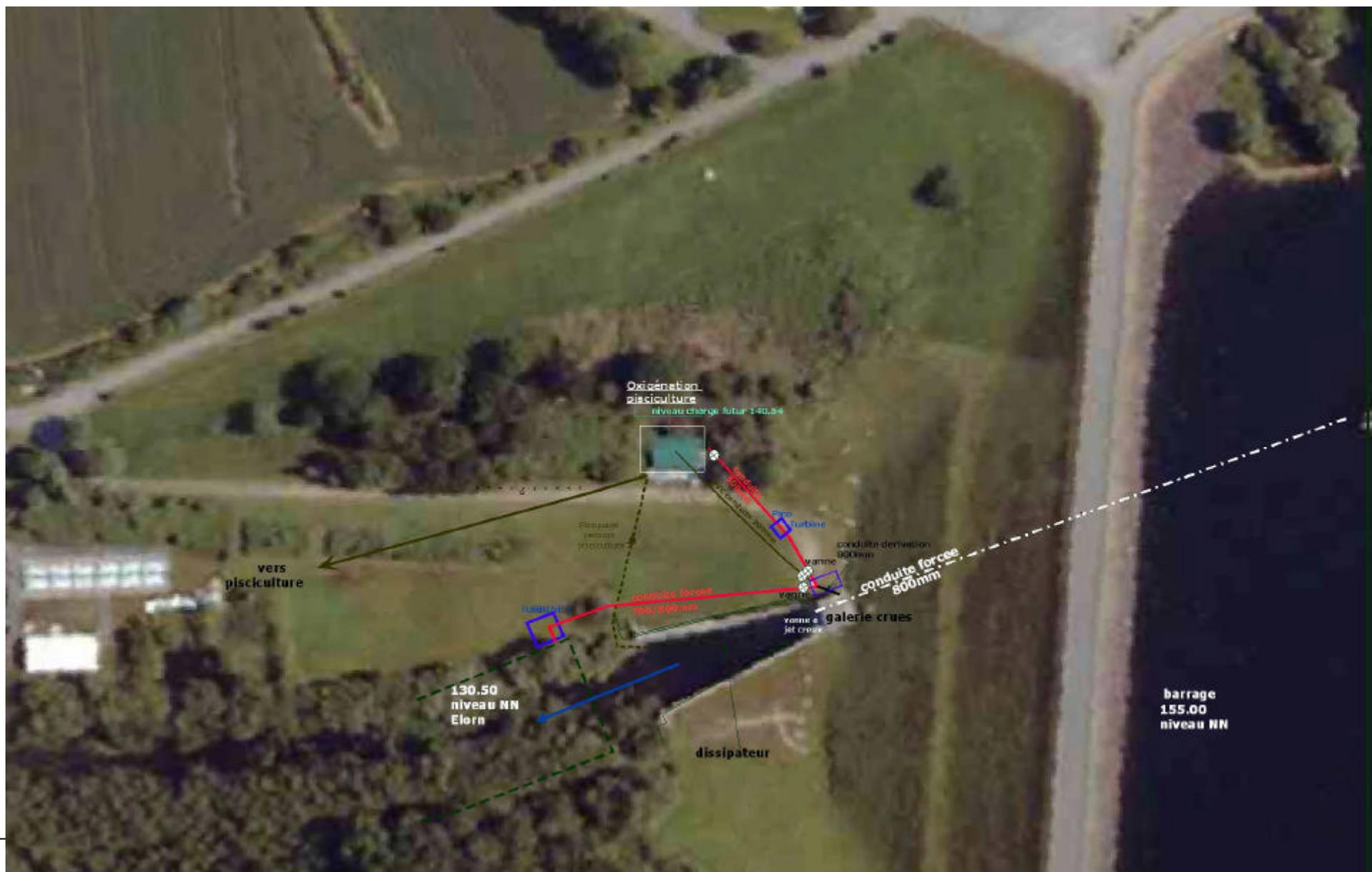
➤ 3.1.3. By pass dérivation et fosse pico turbine

La conduite d'amenée en by-pass de l'adduction de la PEIMA serait réalisée en acier (ϕ 300mm ou 500 mm) jusqu'à la pico turbine qui restituerait dans une conduite en acier ϕ 500 mm basse pression raccordée à la base de la cheminée d'alimentation de la nouvelle installation de traitement PEIMA.

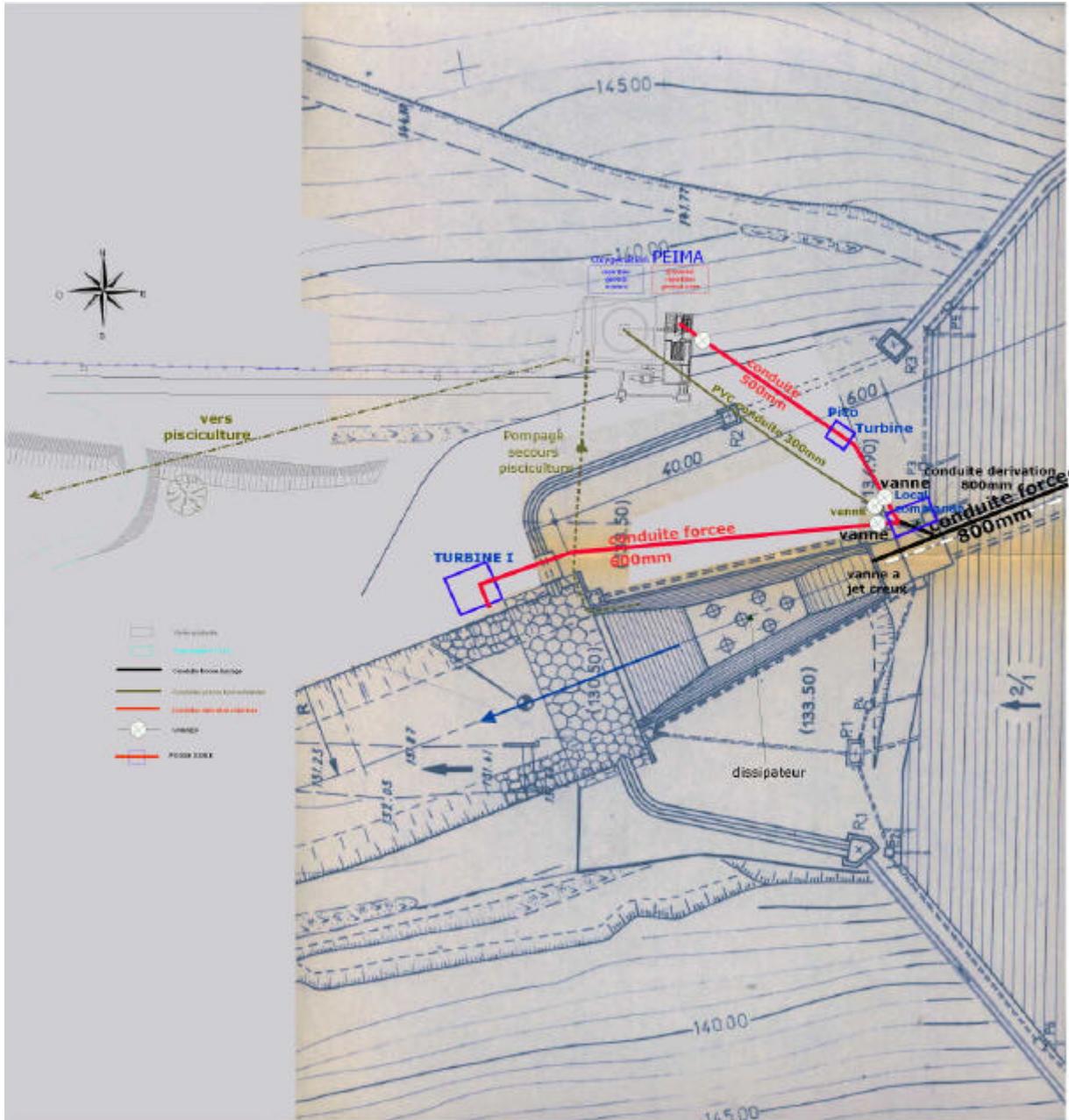
Pour le raccordement, il est prévu que lors de ses travaux, la PEIMA réalisera la communication avec le pied de la tour en ϕ 500 mm et laissera le conduit provisoirement fermé en attente de la connexion à la pico turbine.

voir ci-après le schéma explicatif des raccordements et des conduites

¹ Cette variante est conditionnée par la faisabilité et l'économie du percement d'une fenêtre de 0.80m² dans le bajoyer RD du dissipateur



et ci-dessous, un plan indicatif du projet en relation avec les installations de la PEIMA en projet et les différents ouvrages accessoires du barrage



➤ **3.1.4 – Locaux turbines**

Les turbines, les génératrices attelées et leurs organes de réglages et de sécurité seraient installés dans des fosses et leurs systèmes de commande de régulation et de connexions dans le local actuel en pied de barrage agrandi si nécessaire par une extension sur sa face Nord.

Les turbines à vitesse synchrone seraient attelées directement aux générateurs.

Les turbines seraient munies d'une manœuvre de l'organe de distribution servo commandée pour faire face :

- pour la turbine principale aux variations des lâchers du barrage
- pour la pico- turbine aux consignes de débit réservé

Les générateurs seraient du type asynchrone CA 50Hz - 1500 t/mn ou 1000 t/mn à régulation de tension et triphasé 400V, avec 230V au neutre.

Une batterie de condensateurs leur serait associée pour fournir l'énergie réactive requise.

3.2. – Fonctionnement des installations

➤ 3.2.1 Caractéristiques des groupes

✓ Groupe principal sur la dérivation (II)

- Hauteur de chute brute : $H_b = 155.00 - 130.50 = 24.50$ m

- Débit d'équipement : « **qe1** » = 0.700 m³/s

- Pertes de charges mini au débit d'équipement
(conduites, coudes, singularités, vannes) = 2.50 m
(dans l'hypothèse d'un débit réservé mini de 200 l/s et d'une dérivation D800 de 55m)

- Hauteur de chute nette maxi au débit d'équipement : $H_n = 24.50 - 2.5 = 22$ m

- Puissance turbine max : 115 kW (turbine du type Francis à bêche spirale métallique)

- Puissance électrique aux bornes : **106 kW**

✓ Pico turbine sur la dérivation (III)- vers PEIMA

- Hauteur de chute brute maxi normale : $H_b = 155 - 140.54 = 14.46$ m

- Débit d'équipement : « **qe2** » = 0.250 m³/s

- Pertes de charges mini au débit d'équipement : 1.60 m
conduites, coudes, singularités, vannes) = 1.60 m

- Hauteur de chute nette maxi au débit d'équipement : $H_n = 14.46 - 1.60 = 12.86$ m

- Puissance turbine max : 21 kW (turbine du type Francis à bêche spirale métallique)

- Puissance électrique aux bornes : **20 kW** (18 kW avec turbine principale en route)

✓ Puissance maximale électrique aux bornes : $106 + 18 =$ **124 kW**

➤ 3.2.2 Fonctionnement des groupes

L'installation sera conçue pour un fonctionnement automatique lié :

i) aux signaux de gestion du barrage :

- niveau de la retenue
- débit de la conduite en galerie : consigne « **qt** »

ii) à des capteurs prévus pour les installations de productions ou à installer :

- capteur de débit sur l'alimentation de la PEIMA pisciculture (soit le conduit d'alimentation, soit de la tour de l'installation d'aération signal d'état des groupes)
- consigne de débit pour l'alimentation PEIMA « **qr** »

iii) et à un asservissement lié de la vanne à jet creux, des systèmes d'ouverture des turbines et d'une servo commande à installer sur la vanne d'alimentation de la PEIMA.

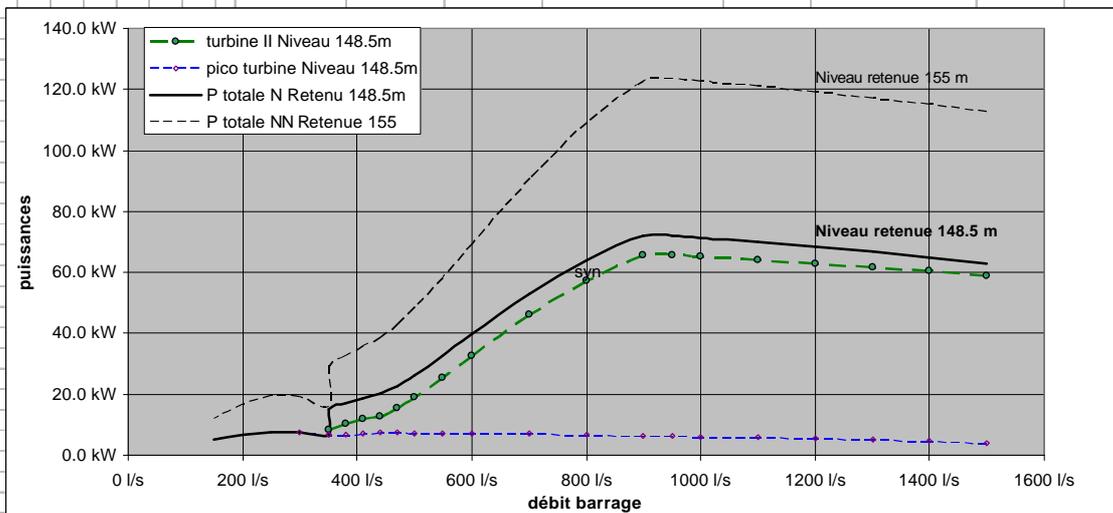
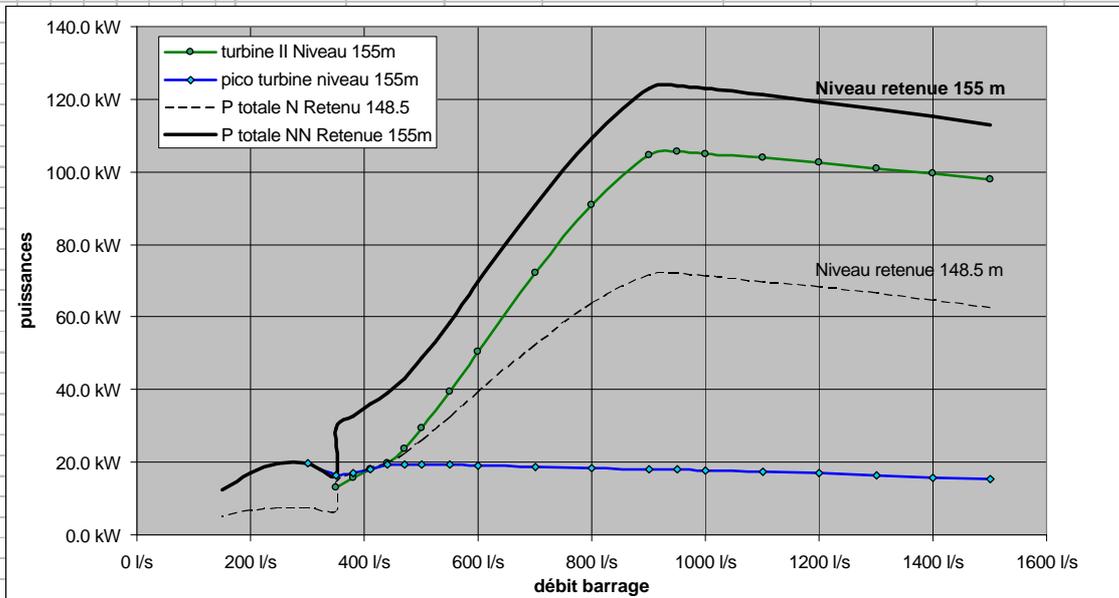
Les groupes se mettent en route de manière automatique .

On a établi dans le tableau qui suit une synthèse du fonctionnement et des puissances développées pour un niveau de la retenue normal soit : 155 m,
et représenté graphiquement l'évolution des puissances respectives des turbines et la somme résultante. Voir page suivante

Le même graphique a été dressé pour le niveau de retenue minimum « normal » soit : 148.5 m

Pour des niveaux de retenue compris entre 155.00 et 148.5 , les puissances obtenues sont intermédiaires.

Débit lâcher	Débit lâcher	Vannages	Turbine II		Pico-turbine		Total
			Etat	puissance	Etat	puissance	
	1500 l/s	Vanne a jet creux en fonctionnement	Turbine II pleine puissance	97.8 kW	Turbine à 250 l/s	15.2 kW	113 kW
	> 1000 l/s	Vanne a jet creux en fonctionnement	Turbine II pleine puissance				
	1000 l/s	Ouverture vanne a jet creux		105.0 kW	Turbine à 250 l/s	17.8 kW	123 kW
	950 l/s			105.6 kW		18.0 kW	124 kW
	900 l/s		Turbine II pleine puissance	104.7 kW	Turbine à 250 l/s	18.2 kW	123 kW
	800 l/s			90.8 kW		18.5 kW	109 kW
	550 l/s			39.4 kW	Turbine à 250 l/s	19.2 kW	59 kW
	350 l/s	Ouverture dérivation II	Démarrage turbine	13.2 kW	Turbine à 200 l/s	16.4 kW	30 kW
	250 l/s	Dérivation pisciculture à 250 l/s			Turbine à 250 l/s	19.7 kW	20 kW
	200 l/s	Dérivation pisciculture à 200 l/s			Turbine à 200 l/s	17.0 kW	17 kW
150 l/s	Dérivation pisciculture à 150 l/s			Turbine à 150 l/s	12.4 kW	12 kW	



En cas d'arrêt d'urgence (découplage pour coupure du réseau, sécurité etc.), ouverture progressive de la vanne asservie d'alimentation et fermeture rapide des directrices asservies de la turbine.

Les arrêts différés se font par des manœuvres progressives.

Les sécurités existantes et alarmes associées seraient conservées, c'est à dire :

- déclenchement du pompage de sécurité en cas de déficit de 20 l/s enregistré sur l'alimentation de la PEIMA.
- alarme et intervention sous astreinte dans l'heure.

Par les systèmes de gestion mis en place, cette sécurité pourrait être affinée et simplifiée, le réglage du débit d'alimentation PEIMA n'étant plus dépendant d'une manœuvre manuelle de la vanne de contrôle, mais d'un système de manœuvre servo commandé à partir du signal d'un capteur de débit et d'une consigne.

Le système autorise un réglage fin du débit délivré, mais aussi une analyse des fluctuations et de leur tendance pour d'éventuelles manoeuvres automatiques préalables à une intervention manuelle.

Par ailleurs, l'historique de fonctionnement pourra être conservé permettant non seulement le contrôle mais l'analyse des incidents ouvrant la voie à d'éventuelles améliorations.

Lors des périodes sensibles pour la qualité des eaux de l'Elorn notamment en saison très sèche, on pourra, pour pallier l'éventuel déficit en O² des lâchers, prendre les mesures suivantes :

- diminuer le débit dérivé du groupe principal (et même l'arrêter) et laisser le débit libéré bénéficier de l'oxygénation engendrée par les diffusions de la vanne à jet creux, et cela en fonction du degré d'oxygénation produit par la turbine et les remous de sa restitution.
- soit prévoir la mise en place d'un mur d'eau amovible à la sortie de l'aspirateur. Ce système serait constitué d'une paroi en métal de 1 à 1.5 m de haut et inclinée sur laquelle des escaliers de 15 à 20 cm de haut et 1 à 2cm de large créeraient des chutes successives. Il serait glissé dans les rainures de batardeau prévues dans le canal de restitution.

La hauteur de chute perdue dans ces conditions pour l'exploitation de la turbine ne représente qu'une proportion de 5 à 8% de la chute nominale, mais en revanche développerait une énergie de l'ordre **6 Wh/m³** pour compenser le déficit éventuel d'oxygénation.

➤ 3.2.3 Performances des installations

Le dimensionnement des équipements a été le résultat d'une optimisation revenu des ventes/ investissement, notamment par simulation du productible, sur la durée des mesures de débit et de hauteur enregistrées en réalité.

Pour les choix retenus, les performances de productible issue de ces simulations sont les suivantes :

✓ **Groupe principal sur la dérivation (II): 106 kW**

- Estimation productible moyen compte tenu d'une indisponibilité des installations de 10% correspondant aux arrêts pour entretien, maintenance, coupure du réseau etc :

▪ Hiver (N, D, J, F, M) :	180 500 kWh
▪ Été (A, M, J, J, A, S) :	<u>229 500 kWh</u>
▪ Total annuel :	410 000 kWh

✓ **Pico turbine sur la dérivation (III) vers PEIMA : 20 kW (18 kW avec turbine III en route)**

- Estimation productible moyen compte tenu d'une indisponibilité des installations de 10% correspondant aux arrêts pour entretien, maintenance, coupure du réseau etc :

- Hiver (N, D, J, F, M) : 48 000 kWh
- Été (A, M, J, J, A, S) : 72 000 kWh
- Total annuel : 120 000 kWh

✓ Puissance maximale électrique aux bornes : $106 + 18 = 124$ kW

- Estimation productible moyen total:

- Hiver (N, D, J, F, M) : 228 000 kWh
- Été (A, M, J, J, A, S) : 302 000 kWh
- Total annuel : 530 000 kWh

Une gestion de la retenue adaptée à un fonctionnement optimum des groupes tout en restant dans les limites des directives d'exploitation, pourrait légèrement améliorer ces performances.

E stimation budgétaire Prévision de recettes Rentabilité du projet

4.1. Estimation du coût du projet

✓ Estimation coût dérivation (II) - Groupe principal

Site :	DRENNEC				chute brute :	24.5 m
	puissance:	106.0 kW			chute:	22.0 m
					débit:	0.7 m ³ /s
COÛT du PROJET						
rubrique	Prix unitaire	Quantité			Prix Total	
I - GENIE CIVIL						
Installation de chantier						
Batar dage						
Demolition						
Tranchee conduite/pose						
Usine					23 000	
aléas imprévus		23 000	5%		1 000	
						24 000 € HT
II - CONDUITE FORCEE						
(ET LIAISON PRISE)						
Fourniture	longueur = m					
Transport	Tuyaux acier D= 225 mm					
Assemblage_soudure					27 000	
aléas imprévus		27 000	5%		1 000	
						28 000 € HT
III - EQUIPts HYDRO-ELECTRIQUES						
Hydro-mécanique						
Fourniture	Turbine	115 kW				
Montage						
Electricité						
Fourniture	Alternateur	130.0 kW			121 000	
Montage						
Transport					2 000	
aléas imprévus		123 000	5%		6 000	
						129 000 € HT
sous TOTAL HT sans raccordement						181 000 € HT
					Coût unitaire	
S_YNERGIE 20.09.2007		106.0 kW			1 708	F ht/kW

✓ Estimation coût dérivation (III) – Pico turbine

Site :	DRENNEC			chute brute :	14.46 m
	puissance:	20.0 kW		chute:	12.9 m
				débit:	0.25 m3/s
COUT du PROJET					
rubrique	Prix unitaire	Quantité		Prix Total	
I- GENIE CIVIL					
Installation de chantier					
Demolition					
Tranchee conduite/pose					
Fosse Usine				5 000	
aléas imprévus		5 000	5%	300	
					5 300 € HT
II - CONDUITE FORCEE					
(ET LIAISON PRISE)					
Fourniture					
Transport					
Assemblage_soudure				7 000	
aléas imprévus		7 000	5%	400	
					7 400 € HT
III - EQUIPts HYDRO-ELECTRIQUES					
<i>Hydro-mécanique</i>					
Fourniture	<i>Turbine</i>	21 kW			
Montage					
<i>Electricité</i>					
Fourniture	<i>Alternateur</i>	25 kW		54 000	
Montage					
Transport				1 900	
aléas imprévus		55 900	5%	3 000	
					58 900 € HT
sous TOTAL HT sans raccordement					71 600 € HT

✓ Raccordement électrique au réseau

Un dossier de demande de raccordement a été envoyé à EdF ARD à Laval pour d'abord préciser le lieu possible et les conditions du branchement :

Le point de livraison au réseau BT ou HTA reste à préciser, ainsi que la sollicitation éventuelle du Syndicat d'électrification. .

Des informations complémentaires ayant été envoyées récemment, EdF ARD devrait pouvoir faire une proposition financière du raccordement.

✓ **Estimation du montant des travaux**

- Estimation du montant des travaux : 255 000 €
- Ligne souterraine de raccordement : 50 000 €

4.2. – Conditions de l'estimation

Le coût de ces travaux estimé en §4.1, sont basés sur des prix d'ordre établis en référence à d'anciens projets en archives.

Ces prix auront à être confirmés par les consultations de fournisseurs prévues dans les phases ultérieures et notamment celles d'entreprises de travaux locales à qui seraient confiés les plans et schémas guide d'installation des turbines transmises par les fabricants.

Ces estimations gardent cependant une valeur relative ayant permis la comparaison d'un choix à un autre.

4.3 – Organisation du chantier - Durée - Délais.

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

Ainsi trois étapes sont prévues :

- **Phase préparatoire :**

Des travaux pour la transformation de l'installation d'aération et de distribution de la PEIMA sont prévus début 2008 – Février ou Mars. On mettra à profit l'interruption d'alimentation occasionnée par les travaux pour aménager la dérivation actuelle avec la culotte de division à partir de la dérivation ϕ 800mm et 2 branches, celle ϕ 800mm (ou 700mm) en direction de la sortie du dissipateur, l'autre branche en direction de l'installation PEIMA avec reconstitution de l'alimentation de la PEIMA. par raccordement en T de la conduite PVC existante ϕ 300mm

- **Phase 2 :**

Prolongation de la branche ϕ 800mm (ou variante 700 mm) latéralement au dissipateur et installation de la turbine principale en aval avec restitution à l'Elorn.

- **Phase 3 :**

Installation de la pico turbine en by-pass de l'alimentation PEIMA.

La durée totale des travaux s'échelonne entre 12 et 18 mois, à partir de début 2008, dans la mesure où la demande d'autorisation aurait une réponse favorable dans ce délai.

Cette durée se répartit ainsi entre les phases :

- ⇒ Phase préliminaire : 1 mois
- ⇒ Phase 2 : 2 à 4 mois (démarrage selon délai fabrication turbine)
- ⇒ Phase 3 : 1 à 2 mois (démarrage selon décision)

Le délai le plus long est celui de la turbine, un équipement sur mesure, pour lequel les fabricants demandent en général au mieux 5 mois.

4.4 – Valorisation de la production.

L'objet de l'entreprise est la vente de l'électricité produite au réseau public

L'installation développant moins de 400 kW, elle peut bénéficier des dispositions spéciales pour les installations de moins de 400 kW, prévues par l'arrêté du 22 avril 2007.

De plus, une majoration de "qualité" est octroyée en hiver (quand la demande en électricité sur le réseau est la plus forte) aux installations dont la production est suffisamment régulière.

Ces prix sont fixés par arrêté ministériel et bénéficient d'une indexation avec mise à jour annuelle éventuelle. Les tarifs d'achat actuels sont ceux de l'arrêté du 22 avril 2007.

En première analyse, on s'est basé sur un tarif à « deux composantes » L'électricité produite peut être achetée jusqu'à 0,1519 € HT par kWh (cas de la production d'hiver grande régularité).

Tarif à 2 composantes P < 400kW	Euros/kWh
Hiver_base	0.0838
Hiver_bonus < 400kW	0.0345
Hiver_prime qualité ½ max 0.0336	<u>0.0168</u>
Hiver_Total	0.1351
Eté_base	0.0443
Eté_bonus < 400kW	<u>0.0182</u>
Eté_Total	0.0625

Le chiffre d'affaires moyen des ventes annuelles de la production s'élève ainsi à : **49 700 € HT**

Il faut en déduire les frais d'exploitation, correspondant à :

- entretien, nettoyage, maintenance, petites réparations, gestion
- assurances
- taxes : foncières, professionnelles,

estimés à 15 % du produit brut pour la turbine principale, 20% pour la pico turbine

Les recettes moyennes annuelles nettes HT s'élèvent ainsi à : **41 700 € HT**

4.5 - Economie du projet

✓ **Ratios de rentabilité**

Temps moyen de fonctionnement : 530 000 kWh/ 124 kW 4 300 heures

Coût au kW de l'investissement :

Hors coût de raccordement 2 056 €/kW avec coût de raccordement 2 460 €/kW

Coût du kWh (production sur 20 ans) : 255 000/530 000 x20 = **2.4 ct €/kWh**

Temps de retour brut de l'investissement : 255 000/ 41 700 = : **6.1 ans**
(hors raccordement)

Taux de rentabilité interne brut – TRI à 15 ans : **15 %**
(avec croissance de 1%/an des recettes)

Taux de rentabilité interne brut – TRI à 20 ans : **16.4%**
(avec croissance de 1%/an des recettes)

Valeur actualisée des recettes nettes sur 20 ans avec actualisation : 616 000 € HT
(en supposant une évolution normale des indices de référence des
prix d'achat de l'électricité de 1% , et des recettes ramenées a ce jour avec taux d'actualisation de 4%)

avec taux d'actualisation de 12%)

VA : 331 000 € HT

Impact de la récupération d'énergie renouvelable si l'on considère qu'elle se substituera à des sources d'énergie thermique fossiles :

Equivalents pétrole :

118 TEP

Emissions annuelles de CO2 évitées :
(dans le cas de vente de l'énergie sur le réseau actuel)

44 Tonnes

C ONCLUSIONS

Le récupération d'énergie au Drennec avec des turbines hydroélectriques est une solution d'intérêt dont la rentabilité, au regard des bonnes valeurs atteintes par les critères analysés, est assurée à moyen terme et qui devrait l'être encore mieux à long terme.

En effet on peut s'attendre d'abord à une augmentation des tarifs électriques supérieure à celle des indices utilisés.

Par ailleurs ou simultanément, et devant des contraintes environnementales réglementaires renforcées, l'aspect renouvelable de l'énergie a d'encore meilleures perspectives de valorisation à l'avenir. C'est déjà le cas dans d'autres pays européens, au Royaume Uni par exemple ou des Certificats d'EnR se négocient sur un marché spécifique.

Le coût des installations et donc l'investissement est assez important, dans une tranche qui rapportée au niveau de puissance avec 2000 /2500 € au kW est plutôt élevée.

Mais le retour sur investissement de l'aménagement – hors coût de raccordement - reste plutôt performant.

Et si l'on considère les taux de rentabilité interne ou la valeur actualisée des recettes sur 20 ans, ils justifieraient par exemple un recours à l'emprunt dans des conditions plus qu'acceptables.