

Aménagement hydroélectrique de Monistrol d'Allier - reconfiguration du barrage de Poutès

Power station of Monistrol d'Allier Reconfiguration of the dam of Poutès

Guéric Perardel
EDF CIH Grenoble 37 rue Diderot 38040 GRENOBLE CEDEX
gueric.perardel@edf.fr

MOTS CLÉS

Barrage, pompage, modification d'ouvrage hydraulique.

RÉSUMÉ

La concession de l'aménagement de Monistrol d'Allier dans le Département de la Haute Loire est composée de deux chutes : une chute sur l'Allier (14 MW) et une chute sur son affluent l'Ance du Sud (15 MW). Les eaux des deux chutes sont turbinées dans une usine implantée à la confluence dans le bourg de Monistrol d'Allier

Le barrage de Poutès constitue la réserve de la chute Allier. C'est un barrage-poids vanné d'une hauteur de 17,7m et d'un volume de retenue de 1,7 Mm³. Ce barrage est au cœur de discussions engagées dans les années 80 pour le retour à une rivière sauvage sur la thématique du saumon. Depuis l'échéance de la concession en 2007, l'Etat recherche une solution de compromis acceptable par tous : EDF, les ONG et les élus. L'objectif est de limiter l'impact environnemental tout en maintenant la production hydroélectrique de la chute.

Le projet consiste à démolir le barrage actuel et à le remplacer par un seuil en rivière d'une hauteur limitée à 4 mètres. Ce seuil retient un plan d'eau qui permet d'alimenter une station de pompage. Cette station va compenser la perte de hauteur du barrage. Les pompes vont remonter l'eau dans un bassin qui mettra en charge l'adduction existante vers l'usine de Monistrol. Le seuil sera équipé des ouvrages de montaison et dévalaison piscicoles et de vannes permettant d'assurer une transparence sédimentaire complète lors des forts débits.

ABSTRACT

The concession of the Monistrol d'Allier development in the Department of the Haute-Loire consists of two falls : a fall on the Allier (14 MW) and one on its tributary, Ance du Sud (15 MW).

The waters of both falls are turbinéd at a power plant located at the confluence in the village of Monistrol d'Allier.

The Poutès dam constitutes the reserve of the Allier fall. It is a weight-sieved dam with a height of 17,7m and a containment volume of 1,7 Mm³. This dam was at the heart of discussions in the 80s about the return to a wild state of the river based on salmon. Since the end of the concession in 2007, the State has been looking for an acceptable compromise for all: EDF, NGO's (Non Governmental Organization) and the elected representatives. The objective is to limit the environmental impact while maintaining the hydroelectric production of the fall.

The project consists of demolishing the current dam and replacing it with an installation 4 meters high. This would allow sufficient water to feed a pumping station. This station would compensate for the loss of volume of the dam. The pumps would raise the water to the intake of the penstock to feed the turbine of the Monistrol power plant. The installation will be equipped with fish ladders for the free passage of fish and with gates allowing the maintenance of a natural sediment during the stronger flows.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1 Objectif de l'opération

L'opération consiste à reconfigurer le barrage de Poutès afin de limiter son impact environnemental tout en maintenant la production hydroélectrique de la chute « Allier » de l'aménagement de Monistrol.

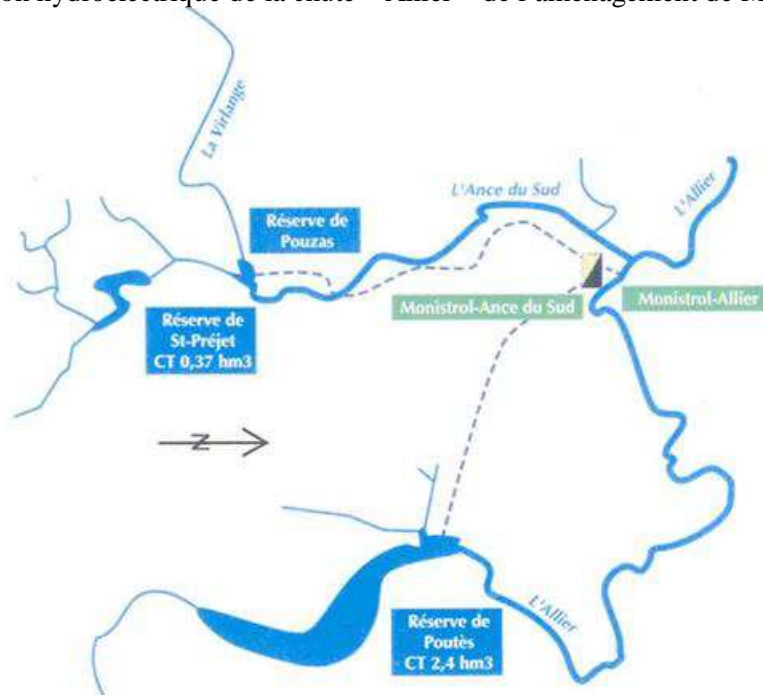


Figure 1 : Plan de l'Aménagement de Monistrol d'Allier

Le barrage actuel est situé sur le territoire des communes d'Alleyras et de Monistrol d'Allier. Pour une hauteur de 17,7m, sa retenue est longue de 3,5 km et la superficie est de 39 ha à la cote de retenue normale 650,20 m. La capacité utile est d'environ 1,7 millions de mètres cubes.



Photo 1 : Vue aval du barrage de Poutès

L'adduction est composée d'une galerie en charge de 3 km et d'une conduite forcée permettant d'exploiter 31 m³/s sous 64m de chute, soit 14 MW répartis sur trois groupes Francis.

Dans le cadre des études préliminaires, plusieurs solutions ont été envisagées pour réduire la hauteur du barrage avec l'objectif de limiter son impact sur les transits piscicoles et sédimentaires. Le choix s'est porté sur une reconfiguration du barrage au même emplacement avec réduction importante de sa hauteur et ajout d'une station de pompage pour maintenir l'alimentation de la galerie d'amenée vers Monistrol. La hauteur du nouveau barrage ne doit pas dépasser 4m pour faciliter le franchissement piscicole.

1.2 Rappel de la problématique et des enjeux du producteur

Ce barrage est au cœur de discussions engagées dans les années 80 pour le retour à une rivière sauvage propice au développement du saumon. Les associations militant pour le démantèlement du barrage sont les mêmes qui ont été à l'origine de l'abandon de plusieurs projets sur la Loire et le Cher, ainsi que du démantèlement des barrages de Maison Rouge et St Etienne du Vigan dans les années 90. Depuis l'échéance de la concession en 2007, l'Etat a recherché une solution acceptable par tous : EDF, les ONG et les élus (plutôt favorables à la conservation en l'état du barrage). La solution validée au niveau des études préliminaires apparaît comme le meilleur compromis entre les différents enjeux. Il était notamment nécessaire de concevoir une solution dont le coût et le bilan économique permettent de justifier l'intérêt de la concession.

2. PRESENTATION DU PROJET TECHNIQUE

2.1 Introduction

La reconfiguration du barrage de Poutès comprend la démolition partielle du barrage existant et la construction d'un seuil vanné, d'une station de pompage et d'un bassin de mise en charge de l'adduction. Le projet est présenté selon un lotissement qui correspond au découpage des ensembles fonctionnels d'ouvrage et des lots techniques :

- La conception du nouveau barrage et de ses équipements:
 - Le fonctionnement (hydrologie, les crues par saison, le franchissement piscicole)
 - Les équipements hydromécaniques du barrage,
- La conception de la station de pompage et l'alimentation électrique
- La réalisation des ouvrages
- La conduite du nouvel aménagement et l'incidence sur l'exploitation,

Les thèmes transverses (programme de réalisation, coût, incidences,..) font ensuite l'objet de chapitres spécifiques.

2.2 Le fonctionnement du nouveau barrage

2.2.1 Hydrologie du site

Le risque hydrologique de l'Allier sur le site de Poutès (bassin versant de 1014 km²) a été révisé par EDF DTG en 2007. Les valeurs de référence proposées sont les suivantes :

T retour (an)	Q _{moy 24h, non centré} (m ³ /s)	Q _{moy 24h, centré} (m ³ /s)	Q _{instantané} (m ³ /s)
10	452	493	755
20	618	674	1032
50	846	923	1413
100	1022	1114	1707
1000	1622	1770	2709
10 000	2208	2411	3687

Tableau 1 : Débits de crues sur le site de Poutès

La crue de projet sur le barrage en son emplacement actuel devrait donc passer de 2000 à 2700 m³/s. Une évaluation saisonnalisée du risque crues de fréquence 2, 5 et 10 ans a été étudiée afin d'aider à l'organisation et la planification des phasages de travaux dans la rivière.

2.2.2 Le passage des crues et les lignes d'eau

La future configuration du barrage du Poutès avec une hauteur de 4m le classe en catégorie D selon le décret du 11 décembre 2007. Les crues dimensionnantes pour l'ouvrage sont donc :

- La crue de projet égale à la crue centennale ;
- La crue de danger égale à la crue millénaire.

La ligne d'eau sur le site du barrage de Poutès est très influencée par la loi hauteur-débit à l'aval du barrage. En effet, la présence de gorges dans le cours aval entraîne une élévation rapide du niveau avec la montée des débits. Le nouveau barrage est noyé sous environ 10 m d'eau à la crue centennale et près de 14 m à la crue millénaire. Ces cotes devront servir au dimensionnement de la stabilité de l'ouvrage ainsi qu'à celui de la passerelle reliant les deux rives au-dessus des massifs existants.

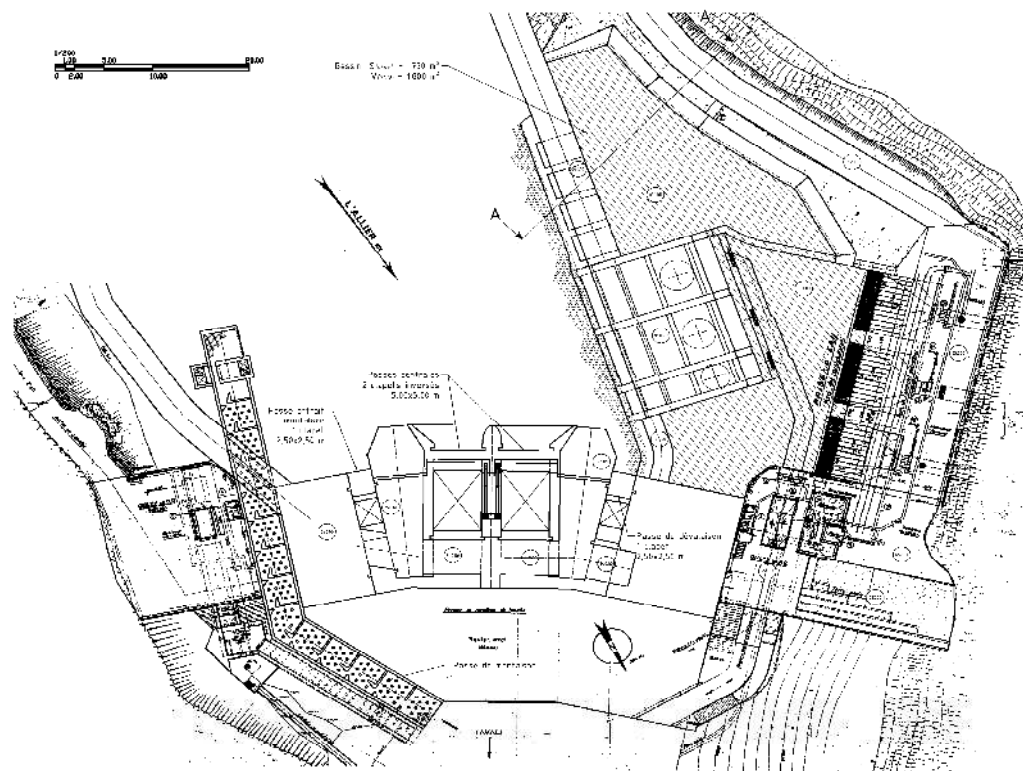


Figure 2 : Vue en plan du nouvel aménagement

2.2.3 Le franchissement piscicole

Le dimensionnement des ouvrages de migration piscicole a été réalisé en concertation avec les experts du domaine.

Montaison :

Les caractéristiques de l'ouvrage de montaison sont les suivantes :

- Passe à bassins à fentes verticales allant jusqu'au fond des bassins.
- Implantation en rive droite au niveau de l'emplacement de l'ouvrage actuel.
- 13 bassins de 3,25 x 3,25 m avec rugosité de fond (plots tronconiques + galets).
- Débit nominal de 1 m³/s (à la cote amont 638,70 m NGF).
- Chute entre bassins d'environ 25 cm, chute aval de 30 cm.
- Puissance volumique dissipée dans les bassins inférieure à 180 W/m³.
- Local de comptage vidéo en amont de la passe.
- Couverture par caillebotis, entrée hydraulique munie d'une grille et d'une vanne, sortie hydraulique batardable.
- Clapet d'attrait en rive droite.

L'ouvrage sera fonctionnel pour des débits variant du débit réservé (4 m³/s) jusqu'à un débit entrant de 100 m³/s. A cette valeur, le barrage est effacé (ouverture des 2 vannes centrales).

Dévalaison :

L'exutoire de dévalaison sera implanté en rive gauche, dans le prolongement des grilles de la station de pompage qui assureront le guidage des poissons. Un coursier béton (canal) d'une vingtaine de mètres permettra de traverser le barrage d'amont en aval. Un organe régulant le débit dans l'exutoire en fonction de la cote amont (vanne ou clapet) sera installé en amont ou en aval du coursier béton. Trois options sont donc proposées au stade APS :

- Exutoire reprenant la forme actuelle (contre pente amont, déversoir circulaire, pente aval), monté et abaissé par une vanne levante pour réguler le débit ;
- Clapet disposé en amont du coursier. Sa débitance est limitée ($< 10 \text{ m}^3/\text{s}$) afin de ne pas générer une chute supérieure à 80 cm sur le coursier ;
- Clapet disposé en aval du coursier et déversant dans le Vieil Allier. Sa débitance n'est pas limitée.

Il sera nécessaire de vérifier la progressivité de la mise en vitesse dans l'exutoire (physique) afin d'éviter le retour en arrière des poissons.

2.3 Lot équipements hydromécaniques du barrage

2.3.1 Descriptif technique des passes principales

La reconfiguration prévoit de construire de nouveaux équipements hydromécaniques pour récupérer la base des piles existantes. La solution économique serait de prévoir une seule vanne principale dans la passe centrale, mais cette configuration ne permet plus d'assurer la transparence et surtout la sécurité en cas de dysfonctionnement ou d'entretien d'un clapet.

Il est donc proposé la mise en place de deux clapets inversés dans la passe centrale avec arasement des piles. Ce type de vanne a été choisi pour libérer totalement le fil d'eau du lit de la rivière (transparence sédimentaire) tout en assurant le meilleur effacement en crues.

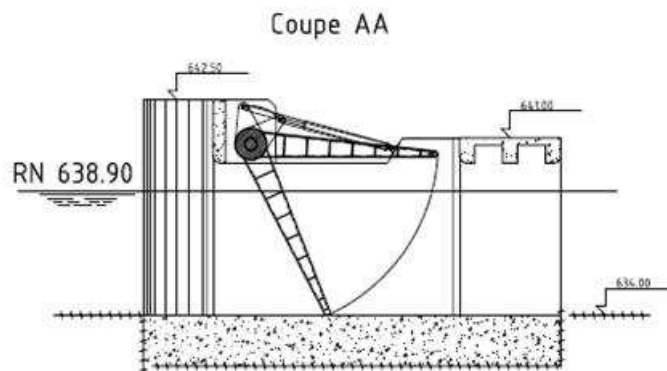


Figure 3 : Vue en coupe du nouveau barrage

La base des deux piles centrales est conservée et arasée entre 641,00 et 640,00 m.

La capacité d'évacuation d'un clapet est de l'ordre de $55 \text{ m}^3/\text{s}$, soit $110 \text{ m}^3/\text{s}$ au total. Il est prévu qu'à partir du débit dit morphogène (qui met en mouvement les matériaux du lit) estimé à $100 \text{ m}^3/\text{s}$, les vannes soient ouvertes pour assurer la transparence sédimentaire. Cette ouverture conduit à un abaissement de la ligne d'eau et à l'arrêt de la production hydroélectrique.

Chaque clapet peut être manœuvré indépendamment à l'aide d'un seul vérin, situé sur la pile centrale à construire.

Seuls des paliers d'articulation prendront place sur les piles d'origine. La compatibilité entre la stabilité de ces piles et les efforts à reprendre en provenance de ces paliers devra faire l'objet d'une vérification et probablement de travaux de renforcement ou ancrages spéciaux

Les deux vérins et les manetons sont protégés des chocs des corps flottants par une étrave en béton située sur le nez de pile centrale.

Les clapets, en position ouverte, possèdent des verrous hydrauliques d'extrémité permettant de les immobiliser dans l'écoulement, en cas de crue.

La création de 2 passes apportera un gain de souplesse dans le fonctionnement de l'aménagement et permettra de concilier plus facilement les différents objectifs :

- Franchissement piscicole et transparences sédimentaires
- Maintenance

L'accès à ces vannes se fait depuis la rive droite par l'intermédiaire d'un pont calé à la cote 639,20 mNGF et d'une passerelle calée à 640,00 m située sur les extrémités aval des piles. Chaque passe est équipée de rainures amont et aval, permettant un batardage à l'aide d'aiguilles aluminium afin de permettre la maintenance des clapets.

Les clapets sont considérés comme des évacuateurs de crues donc soumis aux contrôles périodiques réglementaires. Ils ont une tendance naturelle à l'ouverture pour assurer la sécurité de l'ouvrage. Vis-à-vis de l'aval, un dispositif devra assurer l'absence d'ouverture intempestive avec création d'une vague dans les gorges de l'Allier.

Une visite après chaque crue devra être menée afin de nettoyer les passes et vérifier les clapets avant de déverrouiller les clapets pour les remettre en service.

2.3.2 Equipements complémentaires :

En rive droite, un clapet de 2,50 x 2,50 m avec seuil calé à 636,40 m est destiné à créer un débit d'attrait nécessaire à l'approche des saumons vers la passe, ainsi qu'au débit réservé (suivant la saison) de 3 m³/s.

En rive gauche, un clapet similaire de 2,50 x 2,50 m avec seuil calé à 636,40 m est destiné au débit de dévalaison et/ou au débit réservé. Le débit de dévalaison est implanté à proximité des grilles pour faciliter le transit des alevins vers l'aval.

En cas de déclenchement de l'usine de Monistrol d'Allier, les deux vannes clapets RD et RG sont capables d'évacuer près de 30 m³/s à niveau de retenue normal et à pleine ouverture.

2.4 Lot station de pompage et équipement connexe

2.4.1 Descriptif technique de la station de pompage

Au stade des études APS, différents débits d'équipement ont été testés afin de rechercher le dimensionnement optimal du nouvel aménagement. L'équipement d'origine à 31 m³/s pour un module d'environ 17 m³/s correspondait à la possibilité de réaliser des éclusées avec un marnage important de la retenue. L'exploitation réelle est contrainte aujourd'hui par la limitation du marnage et l'augmentation sensible du débit réservé. Dans la configuration future, le marnage autorisé sera très limité et donc l'aménagement fonctionnera au fil de l'eau.

En conséquence, le dimensionnement optimal se situe entre la préservation d'une production au fil de l'eau, la limitation des constructions et équipements de la station de pompage et l'adaptation des équipements existants à l'usine de Monistrol. L'optimum est apparu dans un projet d'équipement à 18 m³/s qui permet de maintenir en exploitation deux des trois groupes de Monistrol.

Les hypothèses de fonctionnement de la station de pompage jusqu'à 18 m³/s conduisent à choisir en solution de référence un équipement composé de 2 + 1 pompes afin de couvrir au mieux les plages de débit en restant dans du matériel standard. Cette configuration est le résultat d'un choix par défaut qui n'oblige pas à l'étude comparative d'un panel complet d'équipements. La disposition proposée apporte une réponse fiable au cahier des charges. Il est possible que, suite à des études de faisabilité auprès des constructeurs ou suite à la consultation des entreprises, nous décidions une modification du choix du nombre et du type des pompes afin de tendre vers un optimum technico-économique.

Une contrainte dimensionnante est imposée par la vitesse d'entrée des grilles limitée à 30 cm/s et l'espacement des barreaux pour la protection des alevins. Ces contraintes conduisent à définir la surface minimale du plan de grille et imposent le dimensionnement de la station de pompage.

La configuration avec 2 pompes de 3/7,5 m³/s et une pompe de 1/3,2 m³/s est retenue. La station de pompage est définie à partir des normes internationales (ANSI 9.8-1998). Les redondances ne sont pas prévues car le taux de sollicitation permet d'assurer le temps de maintenance. Le type de pompe reste à confirmer car plusieurs choix sont possibles.

L'objectif de transparence de l'ouvrage à compter du débit morphogène évalué en première approche à environ 100 m³/s conduit à ouvrir les vannes du barrage pour établir un régime torrentiel sur le site. A compter de ce débit, la ligne d'eau dans la retenue s'abaisse fortement, ce qui aurait pour conséquence, si l'on souhaite continuer à exploiter la centrale, à abaisser sensiblement le calage des grilles fines et des pompes. Ce surcoût est apparu prohibitif vis-à-vis de la perte d'exploitation évaluée entre 1 et 2 %. De plus, l'exploitation des grilles fines en période de fortes eaux peut conduire à des pertes de charge et des contraintes d'exploitation importantes. Il a donc été choisi d'arrêter l'exploitation de l'aménagement à compter du débit dit morphogène estimé à 100 m³/s.

2.4.2 *Descriptif technique des équipements connexes*

Le déversement de la chambre de mise en charge vers la retenue est réalisé par des dalots en béton afin d'assurer la longueur de crête déversante. Le dégrilleur doit être immergeable. La manutention des pompes se fera à partir d'une grue mobile afin de limiter les équipements sur site qui seront fréquemment immergés par des crues.

Les cellules des pompes seront équipées de dispositifs de dévasement/dessablement suivant le type de pompe retenu. Il est en effet probable que les périodes d'inactivité des pompes conduisent à des dépôts importants et les constructeurs devront garantir les bons démarrages et fonctionnements quelle que soit la période d'arrêt.

La chambre de mise en charge sera équipée d'un dispositif de vidange, via l'actuel conduit de vidange du barrage. Il est en effet très probable que les crues (dépassement du niveau 646 pour une crue de retour 20 ans) conduisent à des embâcles avec remplissage partiel de la chambre de mise en charge. Les bois devront être évacués au grappin et les gravats ou petits corps flottants évacués par la vidange. Une provision financière est prévue pour la rénovation de la vidange.

2.4.3 *Alimentation électrique*

La création de la station de pompage nécessite un renforcement de l'alimentation électrique. Il est proposé deux options de raccordement : réseau ERDF 20 kV ou soutirage depuis Monistrol par un câble immergé dans la galerie. L'avantage, à confirmer en phase APD, va à la solution câble en soutirage.

L'installation comprendrait :

- L'équipement électrique incluant un poste HTA, un transformateur, la distribution et les auxiliaires alternatifs et continus, ainsi que le contrôle commande à installer dans un bâtiment à construire en rive gauche.
- Option 1 – Le raccordement au réseau ERDF HTA en 20 kV et le remplacement du câble de contrôle commande. Des renforcements de réseau ne sont pas à exclure et le contact est établi avec ERDF pour une étude.
- Option 2 – Alimentation par câble immergé en soutirage des groupes. Solution technique à valider après visite de la galerie.

2.5 La réalisation des ouvrages

2.5.1 *Contexte géologique et séisme*

Le rocher de fondation correspond à un gneiss de bonne qualité d'ensemble, affecté à flanc de versant par un phénomène de décompression. En rive droite, la fracturation du massif, combinée avec la foliation, délimite des configurations potentiellement défavorables qui nécessiteront des mesures de sécurisation pour les travaux qui seront engagés en pied de paroi RD.

En rive gauche, à l'extrémité RG de la prise d'eau, apparaissent des affleurements de micaschistes. La nature du contact entre les deux formations est vraisemblablement tectonique, par faille. Des reconnaissances géologiques / géotechniques sont engagées pour préciser les conditions de réalisation des terrassements et des constructions envisagés sur ce secteur.

2.5.2 Accès, installations et phasage des travaux

Les installations de chantier seront naturellement implantées en amont rive droite sur un terre-plein hors crues qui a déjà servi pour des installations de travaux. Les accès au chantier seront créés dans l'emprise de la retenue abaissée en rive droite et en rive gauche avec un passage submersible. Cette solution a été choisie pour éviter les aléas de négociation avec des propriétaires privés ; par contre cet accès présente l'inconvénient d'être indisponible en crues.

Les travaux de génie civil sont des travaux classiques qui ne présentent pas de difficultés particulières. Les aléas principaux portent sur :

- Le passage de la rivière sans possibilité de contrôle des débits,
- La saison d'hiver rigoureuse à cette altitude sur ce site,
- L'éloignement des centres urbains et les accès étroits,

Lors de l'APD et des consultations des entreprises, des solutions pourront être développées pour :

- La récupération des matériaux du barrage pour la confection des bétons,
- L'installation d'une centrale à béton sur le site,
- Le phasage des travaux afin de gagner sur le programme global,
- L'utilisation de la voie ferrée pour limiter les transports par route,...

2.5.3 Démolition et reconstruction du barrage

Dans l'APS initial, le risque d'une mauvaise qualité des bétons réalisés pendant la guerre et le souhait de construire un barrage largement vanné avaient conduit à prévoir la démolition des passes et des piles existantes jusqu'à la fondation, puis la reconstruction d'un barrage neuf. Seules les culées étaient conservées.

La recherche d'une optimisation des travaux conduisait à imaginer la récupération du maximum des ouvrages et structures actuels, y compris les piles et la passerelle existante. Toutefois, l'ouverture de la passe centrale fera passer l'élancement des piles de 8 mètres actuellement à 18 mètres dans le futur. L'analyse factuelle des risques impose de prévoir un chemisage des piles par du béton et un complément de tirants et d'ancrages verticaux pour répondre en particulier aux normes modernes de protection contre les faibles séismes.

La solution de moyen terme consisterait à démolir les superstructures jusqu'à la future cote du nouveau barrage (environ 638,90) et la passe centrale jusqu'à la fondation. La ou les vannes centrales seront inscrites dans cette passe centrale limitée à 12 mètres et les clapets latéraux seront installés dans des pertuis à creuser dans les passes latérales. Cette solution implique la construction d'une passerelle neuve pour rétablir l'accès en rive gauche en crues. L'économie est limitée d'autant que la démolition devra être menée avec précaution pour ne pas ébranler les parties à conserver.

2.5.4 Construction de la station de pompage et du bassin de mise en charge

En première approche, la chambre de mise en charge est dimensionnée à 1000 m³ utile pour donner de la souplesse au fonctionnement coordonné du pompage et du turbinage. Au niveau de l'APS, le choix a été fait de conserver un bassin extérieur comme solution de base avec conservation intégrale de la prise d'eau actuelle. Au niveau de l'APD, il est prévu d'étudier une variante avec un bassin souterrain et une station de pompage en lieu et place de la prise d'eau actuelle.

2.5.5 Passerelle

Pour assurer l'accès aux installations rive gauche du barrage, y compris en crues, la création de pistes à partir du réseau routier existant a été écartée au vu des difficultés topographiques, géologiques et foncières. La solution d'une passerelle suspendue permet d'assurer cet accès et a fait l'objet d'une étude préliminaire par un cabinet spécialisé.

2.5.6 Aménagement de la retenue

Un aménagement de la retenue est prévu pour redonner une configuration stable aux berges de la nouvelle retenue.

Ces dépôts ont fait l'objet de cartographie et de sondages pour évaluer leur capacité à être remobilisés par un débit morphogène qu'il reste à fixer précisément et pour déterminer les possibilités de mises en dépôt hors ligne de crues.

2.5.7 Phasage des travaux et installations

Les différentes étapes du chantier seront les suivantes :

- Phase 1 (accès rive droite, plateforme amont, passage de l'eau par VDF actuelle) : démolition des vannes, déconstruction de la passerelle, arasement des piles et démolition de la rive droite du barrage. Création d'une passe dans le barrage en rive droite. Cette phase serait à réaliser à l'étiage d'été.
- Phase 2 (accès en rive gauche avec un seuil submersible, batardeau central, passage de l'eau par la brèche en rive droite du barrage) : fin de démolition du barrage, construction de la station de pompage et des vannes centrales et rive gauche du barrage.
- Phase 3 (accès rive droite, batardeau central, passage de l'eau par les nouvelles vannes centrales) : construction de la vanne rive droite et de l'échelle à poissons.

La réduction des ouvrages à démolir et reconstruire en phase 2 permet de réduire le délai global à 3 ans.

Les contraintes principales sont :

- Assurer le franchissement piscicole pendant toutes les étapes (dévalaison d'avril à juin et montaison de septembre à décembre),
- Tenir compte des hivers rigoureux dans cette région (décembre à février) et des risques de crues au printemps et automne,

2.6 Performance du nouvel aménagement

Des essais de performance et de rendement ont été effectués sur les groupes de l'usine actuelle. Les performances dans la future configuration ne sont donc pas connues mais l'objectif de la station de pompage et de remonter l'eau au moins au niveau du minimum d'exploitation de l'aménagement actuel. De nouveaux essais vont être organisés pour confirmer les conclusions.

Pour un équipement à 31 m³/s, la validation du fonctionnement des deux groupes sous une chute moindre était importante car au-delà de 28 m³/s le gain de puissance est très faible. Pour un grèvement à 18 m³/s, l'objectif sera de faire fonctionner un groupe principal et le groupe de restitution, soit environ 15 + 3 m³/s. Les essais réalisés par EDF/DTG permettront de confirmer l'évolution des rendements avec la diminution de la chute.

A partir d'une colline de rendement provisoire, il est possible d'obtenir le coefficient énergétique des groupes dans la future configuration. Celui-ci va diminuer d'environ 14 % par rapport à l'existant. Une réhabilitation du groupe conservé permettrait de limiter la perte à 11 %.

L'évolution du productible dans la future configuration peut donc être estimée sur la base de l'hydrologie du site avec les coefficients énergétiques précédents et des débits d'équipement de la station différents :

		Config actuelle	Configuration future					
			Non	Non	Non	Non	Non	Non
Éclusées	(-)	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Débit maximum usine	(m ³ /s)	28	28	23	21	19	17	15
Débit maximum rivière avant arrêt usine	(m ³ /s)	500	100	100	100	100	100	100
Volume annuel moyen turbiné	(Mm ³)	306,2	251,9	233,9	224,7	214,2	202,3	188,6
Pourcentages du volume	(%)	100%	82,3%	76,4%	73,4%	70,0%	66,1%	61,6%
Coeff. énergétique moyen turbines	(MW.s/m ³)	0,4924	0,4236	0,4236	0,4236	0,4236	0,4236	0,4236
Productible annuel moyen des turbines	(GWh)	41,9	29,6	27,5	26,4	25,2	23,8	22,2
Pourcentages du productible	(%)	100%	70,8%	65,7%	63,1%	60,2%	56,8%	53,0%
Consommation annuelle moyenne des pompes	(GWh)	0,0	4,6	4,3	4,1	3,9	3,7	3,4
Productible annuel moyen de l'aménagement	(GWh)	41,9	25,0	23,3	22,3	21,3	20,1	18,7
Pourcentages du productible annuel moyen de l'aménagement	(%)	100%	59,8%	55,5%	53,3%	50,8%	48,0%	44,8%

Tableau 2 : Incidences de la reconfiguration du barrage

La configuration à 31 m³/s permettait de conserver près de 60 % du productible actuel. Le passage à un équipement réduit de la station conduit à ne conserver que 49% du productible actuel. La réhabilitation du groupe principal de Monistrol devrait permettre de réduire cette perte de 1 GWh mais avec le surcoût de travaux correspondant.

2.7 Conduite automatique de l'aménagement

Le nouvel ouvrage fera l'objet d'une conduite en « fil de l'eau pur ».

Les débits classés de l'Allier à Monistrol d'Allier (BV = 988 km²) sur la période 1948-2008 sont représentés sur la figure suivante :

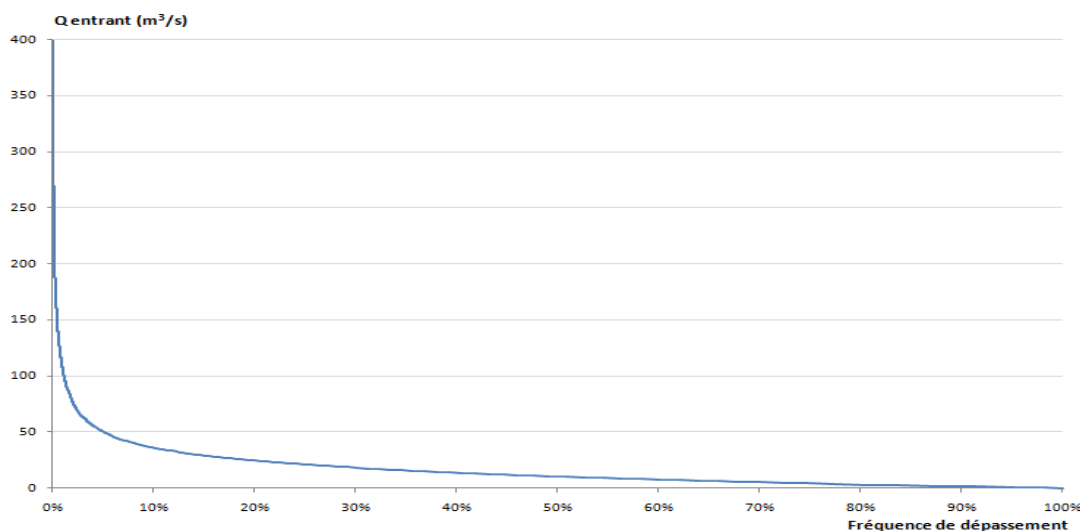


Tableau 2 : Débits classés de l'Allier à Monistrol

Le débit d'équipement est fixé à 18 m³/s et ne remet pas en cause les conclusions des simulations initiales faites à 31 m³/s.

L'étude a porté sur la conduite automatisée et les régulations en mode normal (sans défaut ni incident).

La mise en regard de quelques constantes caractéristiques de l'aménagement de Poutès permet d'appréhender les problématiques à résoudre pour pouvoir assurer la conduite du futur aménagement :

- L'usine de Monistrol sera équipée avec un des 2 groupes identiques et du groupe de restitution. Son débit total pourra varier entre 1 et 18 m³/s, avec une plage de débits non réalisables entre 3.2 et 5.5 m³/s.
- L'usine est alimentée via une chambre de mise en charge de volume utile de 1 050 m³.
- La chambre de mise en charge et l'usine sont séparées par 3000 m de galerie en charge.
- La station de pompage, alimentant la chambre de mise en charge, est équipée de 2 « grosses » pompes identiques et d'un « petite pompe ». Son débit pourra varier de 1 à 18 m³/s, avec une plage de débits non réalisables entre 3.2 et 3.5 m³/s.
- Le volume utile de la retenue est de 4 179 m³ (équivalent à 5 minutes de fonctionnement usine à pleine charge)

Ces ordres de grandeurs laissent entrevoir la difficulté qu'il y aura à trouver l'équilibre entre :

- Un ajustement rapide entre les écarts des 4 débits : débit entrant retenue, débit pompé de la retenue vers la chambre de mise en charge, débit entrant galerie, débit sortant usine.
En cas d'ajustement tardif, les faibles volumes disponibles ne permettront pas de compenser durablement les écarts de débit.
- Des réactions suffisamment douces et stables de la conduite pour éviter une mise en oscillation du système.

Dans le cas contraire, des instabilités pourront naître

- des retards induits par le circuit de mise en charge.
- du caractère naturellement oscillatoire du système galerie/cheminée d'équilibre.
- de l'existence de plages de débit non atteignables par l'usine ou la station de pompage.

Choix de la solution étudiée

En phase Etude Préliminaire, deux architectures de conduite ont été étudiées. Chacune est basée sur le calcul de consignes de débit usine ou pompes à partir de la mesure de niveaux dans la retenue ou la chambre de mise en charge :

- **Régulations en cascade** : La retenue est régulée par la station de pompage et la chambre de mise en charge est régulée par l'usine
- **Régulations imbriquées**: La retenue est régulée par l'usine et la chambre de mise en charge est régulée par la station de pompage

Au stade APS, l'objectif était en effet de vérifier la viabilité d'au moins une solution de conduite de l'aménagement dans le nouveau cadre d'hypothèses. Le choix a porté sur la solution « Régulations imbriquées », qui, au stade études préliminaires, avait présenté les meilleures garanties de stabilité du système.

Résultats et Analyse

Les résultats simulés sur Matlab avec la base des débits entrants 2008 montrent que les contraintes de tenue de cote sont respectées. Il convient néanmoins de noter que les marges disponibles entre les extremums atteints et les extremums autorisés peuvent s'avérer minimes.

Les sollicitations des organes sont elles aussi jugées acceptables :

- Le nombre de démarrages annuels de chaque groupe est inférieur à 100. Le nombre de manœuvres horaires est inférieur à 100.
- Le nombre de démarrages annuels de la petite pompe est inférieur à 150 par an.
- Le nombre global de démarrages annuels des 2 grosses pompes est de 850. Une gestion appropriée des priorités entre pompes permettrait de répartir de façon homogène ces démarrages sur chaque pompe, soit 210 démarrages annuels par pompes. Chaque pompe démarre moins d'une fois par heure, sauf dans les cas extrêmes où elle peut démarrer 4 fois par heure.

La phase APD sera dédiée à :

- La prise en compte des données d'entrée imprécises en phases APS (essais DTG, données de la phase APD des autres lots).
- La recherche de la conception optimale de la conduite de la station de pompage et de la centrale de turbinage (en intégrant les observations des essais DTG). A ce titre, la régulation en cascade sera réétudiée sur la base de régulateurs proportionnels.
- La réalisation d'une répartition optimale à l'usine prenant en compte les rendements des groupes pour la future hauteur de chute.
- Compléments d'étude des modes dégradés.
- La mise au point des principes de conduite au barrage.

3. SYNTHÈSE DES COUTS

3.1 Coûts techniques

L'évaluation du coût technique au niveau APS est de l'ordre de 18 M€ auquel il faut ajouter les majorations de design et de construction, soit un budget de 24 M€ hors maîtrise d'œuvre.

A ce stade de l'étude, l'estimation n'intègre ni mesures compensatoires, ni frais pour acquisitions foncières, ni frais de raccordement au réseau.

A ce stade du projet, une provision pour risques et opportunités est ajoutée pour obtenir un coût global de réalisation

Principaux risques identifiés :

- Risque de dysfonctionnement de l'usine de Monistrol (bassin à surélever)
- Risque de confortement des rochers RD / RG
- Risque de submersion des batardeaux durant le chantier
- Risque d'alimentation des pompes à l'usine existante

Principales opportunités identifiées :

- Opportunité sur le choix du type de pompes
- Opportunité de mise en dépôt des gravats de démolition sur le site

3.2 Bilan économique :

Le coût global est pris en compte par les économistes dans le cadre de l'analyse du bilan économique de l'aménagement sur la durée de concession.

Malgré la réduction du débit d'équipement, le projet bénéficie des aménagements conservés en état (galerie, conduite forcée, cheminée d'équilibre, usine,...), ce qui permet de répondre à la première contrainte du projet qui est de dégager un bilan positif.

4. POINT D'AVANCEMENT DU PROJET

En 2013, EDF doit prendre la décision de lancer une demande de Concession sur la base de ce projet qui a recueilli un avis préalable favorable.

Les études APD seront poursuivies en 2013 et 2014 avec :

- Les compléments de topographie,
- Les reconnaissances géologiques et l'identification des matériaux en place,
- La modélisation physique du barrage pour optimiser le dessin des passes vis-à-vis du transit piscicole et du passage des crues,
- La modélisation physique ou numérique de la station de pompage pour finaliser le dimensionnement des grilles,
- De nouveaux essais de fonctionnement de l'aménagement avec un niveau amont réduit,
- Une étude des pompes par un spécialiste ou un constructeur,
- L'étude détaillée de la passerelle de franchissement,

- La modélisation complète du fonctionnement de la chaîne pompage/turbinage dans toutes les configurations d'exploitation normales ou dégradées.

Sous réserve du déroulement favorable des procédures, la mise en exploitation est estimée à ce jour en 2019 ou 2020.



Photo 2 : Photomontage du nouveau barrage