

**Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie**

Faisabilité de petites-centrales hydroélectriques

Cahier des Charges

PREAMBULE

Le présent cahier des charges définit les études et analyses devant être réalisées pour permettre d'apprécier la faisabilité d'un projet de micro-centrale.

Il s'adresse aux investisseurs publics et privés avec, comme objectif essentiel, de leur donner les éléments principaux destinés à étayer leur décision finale d'investissement.

Les aménagements concernés ont une puissance comprise entre 100 kW et 10 MW et sont envisagés sur des chutes existantes créées par un seuil ou un barrage (la construction d'un nouveau barrage constituant une difficulté majeure dans le contexte actuel).

Il correspond à l'un des trois cas suivants :

- réalisation d'un aménagement sur un site qui n'a jamais été équipé (par exemple seuil d'un bief de navigation),
- remise en service d'un équipement abandonné,
- équipement complémentaire sur un site actuellement exploité.

Les analyses devant être réalisées pour étayer la faisabilité de l'opération ont été regroupées de la façon suivante :

- aspects techniques,
- aspects environnementaux,
- aspects financiers,
- aspects administratifs.

Ce cahier des charges vise à définir les analyses indispensables à l'établissement de la faisabilité de l'opération. Selon le contexte spécifique de chaque projet, des analyses complémentaires pourront être requises.

Le dossier de faisabilité peut être établi par l'investisseur avec l'aide éventuelle de bureaux d'études spécialisés, des financements spécifiques aux études pouvant être mis en place.

Il doit être souligné que l'appel à des entreprises ou des fournisseurs d'équipement comporte un risque substantiel que les solutions proposées correspondent à leur gamme de fourniture et s'écartent de la solution optimale pour l'investisseur.

Enfin, un guide de prédiagnostic des petites centrales hydroélectriques pouvant être consulté dans les délégations régionales de l'ADEME, donne différents compléments à ce cahier des charges (en particulier sur les sources d'information permettant de répondre à différents points de ce cahier).

SOMMAIRE

1	ASPECTS TECHNIQUES	1
1.1	GENERALITES SUR LE SITE	1
1.2	HYDROLOGIE	1
1.3	CHUTE	2
1.4	SELECTION DU DEBIT D'EQUIPEMENT	2
1.5	DESCRIPTION DU PROJET	2
1.6	ESTIMATION DE LA PRODUCTION	3
2	ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	5
2.1	MILIEU PHYSIQUE	5
2.2	MILIEU BIOLOGIQUE	5
2.3	LE MILIEU HUMAIN	6
2.4	MESURES COMPENSATOIRES	6
2.5	ANALYSES ULTERIEURES A PREVOIR	7
3	ASPECTS FINANCIERS	8
3.1	INVESTISSEMENT, EXPLOITATION ET MAINTENANCE	8
3.2	RECETTES D'EXPLOITATION	8
3.3	COMPTE D'EXPLOITATION	8
4	ASPECTS ADMINISTRATIFS	10
4.1	SITUATION ADMINISTRATIVE ACTUELLE	10
4.2	DEMARCHES ADMINISTRATIVES	10
5	DEFINITION D'UN PROGRAMME	11

1 ASPECTS TECHNIQUES

Cette partie concerne la définition du projet de façon à en estimer les coûts d'investissement et la production d'énergie, clés de la rentabilité de l'aménagement.

Elle doit commencer par une visite/inspection détaillée du site, l'investisseur pouvant se faire accompagner par un expert en petits aménagements hydroélectriques qui l'aidera à déceler les points clés de l'analyse de faisabilité et à concentrer ses efforts sur ces points.

1.1 Généralités sur le site

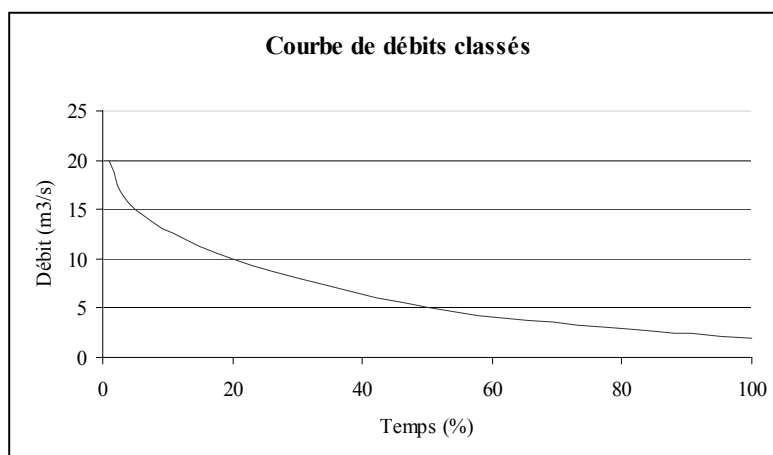
Les principales caractéristiques du site seront indiquées :

- nom du cours d'eau,
- situation,
- superficie du bassin versant contrôlé à la prise,
- conditions du projet : projet nouveau, réhabilitation d'un site abandonné, équipement complémentaire (dans ce dernier cas, description de l'aménagement existant : puissance installée, débit d'équipement par groupe, type de groupes, année de mise en service),
- situation administrative : propriété des lieux, droits d'eau, autorisation d'exploiter, etc,
- identification de l'investisseur et des partenaires envisagés (entreprises, industriels, bureaux d'études).

un plan topographique couvrant l'ensemble du projet sera dressé et joint au dossier, sa précision devant permettre la définition de chaque composant de l'aménagement.

1.2 Hydrologie

L'analyse hydrologique doit permettre de déterminer les courbes de débits journaliers classés pour chacune des saisons d'application des tarifs de vente (voir 3.2). Il est recommandé d'établir ces courbes pour l'année moyenne et pour une année sèche (par exemple l'année décennale sèche), cette dernière information pouvant permettre d'apprécier l'impact d'années sèches sur la recette.



Le dossier comprendra :

- ❑ un descriptif succinct de la méthode utilisée pour établir ces courbes (utilisation de stations de jaugeage voisines, transposition de données sur un bassin voisin, etc),
- ❑ les courbes de débit journaliers classés pour chaque saison tarifaire et pour l'année moyenne (éventuellement pour l'année sèche si l'investisseur souhaite examiner la sensibilité des recettes à l'hydraulicité du cours d'eau).

1.3 Chute

L'attention est attirée sur le fait que, pour les forts débits (et donc aux périodes où l'énergie est valorisée de façon plus importante), le niveau aval peut augmenter plus rapidement que le niveau amont, diminuant ainsi la chute et la production hivernale.

La cote du niveau amont sera déterminée. Elle correspond en principe au niveau du seuil déversant du barrage et est donnée par les exploitants de celui-ci ou le règlement d'eau.

Comme indiqué précédemment, la détermination de la cote du niveau aval est plus délicate. Une cote doit être déterminée pour les conditions d'étiage (en été) et une cote pour les conditions moyennes hivernales (cette cote peut s'apprécier soit par des témoignages soit par des calculs hydrauliques de type loi de Strickler).

Deux chutes brutes seront ainsi déterminées :

- ❑ chute correspondant au fonctionnement à l'étiage,
- ❑ chute correspondant aux conditions hivernales.

1.4 Sélection du débit d'équipement

Généralement, le débit d'équipement s'exprime sous la forme Q_x , x étant le pourcentage du temps pendant lequel le débit naturel de la rivière est supérieure à Q_x . Par exemple, un débit d'équipement de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondant à Q_{80} signifie que le débit choisi est dépassé 80% du temps. Plus x est élevé, plus la centrale fonctionnera longtemps à son débit d'équipement.

Dans tous les cas, il est nécessaire de mener une réflexion sur le choix du débit d'équipement qui tient compte des débits naturels de la rivière (régularité), des possibilités physiques du site, des équipements existants sur les biefs amont et aval (une certaine harmonisation des débits d'équipement sur un tronçon de cours d'eau étant souhaitable pour éviter des variations importantes de débits (et donc de niveaux).

Le débit réservé déterminé (voir 2.4) devra être pris en compte.

Les aspects suivants devront donc être précisés :

- ❑ valeur du débit d'équipement et critère de sélection (des logiciels spécifiques permettent de dégager rapidement les coûts et recettes pour différentes configurations de projet),
- ❑ valeur du débit réservé et critère de détermination (voir 2.4).

1.5 Description du projet

Cette partie concerne l'investissement de construction et intègre les travaux de génie civil et la fabrication et la mise en service des équipements.

Pour le **génie civil**, on peut distinguer :

- ❑ le chemin d'eau (ouvrages conduisant l'eau à la centrale et/ou restituant les débits turbinés à la rivière),

- ❑ la centrale proprement dite.

Dans l'analyse des différentes parties du projet, il est souhaitable de porter une attention particulière aux points susceptibles de générer soit des surcoûts pendant les travaux soit des difficultés ou des pertes d'exploitation comme, par exemple :

- ❑ les vitesses de l'écoulement (les pertes de charge et donc d'énergie étant proportionnelles à ces vitesses),
- ❑ la qualité (et l'étanchéité) du revêtement (influant directement sur les pertes de charge),
- ❑ l'absence de transition brusque (créant des pertes de charge singulières),
- ❑ la question des corps flottants (dimensions de la grille d'entrée – en prenant en compte les contraintes d'écartement des barreaux pouvant être imposées pour limiter la mortalité piscicole, dégrilleur, évacuation des déchets),
- ❑ les conditions de terrassements et de stabilité (aspects géotechniques),
- ❑ les conditions hydrauliques en crue (influence des crues naturelles sur le chemin d'eau),
- ❑ les conditions de réalisation des travaux (batardage, pompage, etc),
- ❑ les contraintes environnementales (voir 2).

L'attention est attirée sur les aspects géotechniques qui sont souvent mal appréciés et susceptibles d'entraîner des travaux supplémentaires lourds. En cas de doute, il sera souhaitable de :

- ❑ consulter un expert dont la mission sera d'apprécier les aléas géologiques et géotechniques du projet et de préciser les moyens permettant de les réduire,
- ❑ d'entreprendre une reconnaissance spécifique par sondage pour lever les incertitudes majeures.

Pour les **équipements** (turbines, alternateurs, équipements électriques), il est essentiel de préciser le type d'équipement (Kaplan pour les basses chutes concernées, pales et directrices fixes ou mobiles permettant une meilleure adaptation aux variations de débit), le type de génératrice, le type de régulation, la puissance unitaire des groupes et leur disposition (nombre et arrangement des groupes), contrôle-commande (sur site ou à distance). Les courbes de rendement permettront de mieux apprécier la production.

Un dernier point concerne le raccordement au réseau E.D.F., un contact avec cette entreprise étant souvent nécessaire pour s'assurer du point de raccordement et des frais afférents.

L'étude devra donc préciser :

- ❑ l'hydraulique du chemin d'eau pour le débit d'équipement,
- ❑ la teneur des travaux de génie civil et leur justification,
- ❑ les équipements prévus,

le dossier comportant un plan général du projet, un profil en long et quelques coupes types du chemin d'eau et un plan de l'usine.

1.6 Estimation de la production

Pour le calcul de la production en kWh, il doit être tenu compte des points suivants :

- ❑ variation des débits (voir 1.2),
- ❑ variation de la chute (voir 1.3),
- ❑ valeur du débit réservé (voir 2.4),

- ❑ pertes de charges à l'amont de la centrale (qui peuvent être importants si le chemin d'amenée est long et les vitesses élevées),
- ❑ rendements des équipements électromécaniques et électriques.

La production sera estimée pour chaque période correspondant à une condition tarifaire particulière (voir 3), un calcul pour des conditions hydrologiques sévères (année sèche) étant souhaitable.

2 ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Cette partie s'attachera à analyser les impacts de l'aménagement sur son environnement, et en particulier sur :

- ❑ le milieu physique : hydrologie et eaux souterraines ; morphologie ; physico chimie,
- ❑ le milieu biologique : hydrobiologie, faune piscicole et pêche, végétation et faune riveraine,
- ❑ le milieu humain : usages de l'eau, paysage, environnement sonore, socio-économie et sécurité.

Dans le cadre de l'étude, ces aspects seront analysés rapidement au stade de faisabilité, sachant qu'ils devront ultérieurement être étudiés de manière exhaustive dans une étude d'impact pour obtenir l'autorisation d'exploiter.

2.1 Milieu physique

Le classement éventuel du cours d'eau sera vérifié, qu'il soit effectif ou en projet.

2.1.1 Hydrologie et eaux souterraines ; morphologie

L'impact de l'aménagement sera évalué sur le régime hydrologique du cours d'eau. On raisonnera en particulier en terme de variations de hauteur d'eau et de débit à l'amont et à l'aval de l'aménagement, et de vitesse de variation de ces paramètres.

L'influence éventuelle de l'aménagement sur les écoulements souterrains sera abordée ainsi que sur la morphologie du cours d'eau.

2.1.2 Physicochimie

La qualité physicochimique de l'eau sera recherchée à partir d'une collecte d'éléments bibliographiques existants, elle concernera principalement les paramètres suivants : température, oxygène, pH, conductivité, azote, phosphore, MES, DB5, DCO, chlorophylle. L'influence probable de l'aménagement sur la qualité de l'eau (notamment modification du temps de séjour de l'eau dans la retenue amont, modification du transport des sédiments, relargage de polluants actuellement piégés dans la retenue, modification des caractéristiques du cours d'eau à l'aval et de sa température ...) sera abordé.

2.2 Milieu biologique

2.2.1 Hydrobiologie

La qualité biologique de l'eau sera recherchée à partir de données existantes. L'influence probable de l'aménagement sur la qualité de l'eau sera abordée.

2.2.2 Faune piscicole et pêche

Le peuplement actuel sera évalué à partir de données existantes. Pour cela, tous les contacts nécessaires seront pris (DDAF, DIREN, fédérations de pêche, CSP).

L'impact de l'aménagement sur la vie piscicole sera examiné : modification du milieu, risque de mortalité à la traversée des turbines, possibilité de remontée et de dévalaison sur le seuil. En particulier la nécessité technique et réglementaire de réalisation d'une passe à poissons sera appréciée, et l'avis de l'administration sera pris à ce sujet.

Une analyse sera menée concernant le tronçon court-circuité par l'aménagement. Une valeur sera proposée pour le débit réservé et justifiée tant sur le plan réglementaire que sur la préservation du milieu aquatique dans le tronçon court-circuité.

2.2.3 Végétation et faune riveraine

Elles feront l'objet d'un inventaire rapide obtenu par une visite du site et la recherche d'éléments bibliographiques. L'existence de zone protégée (inscription, ZNIEFF ou autres...) sera vérifiée.

L'impact de l'aménagement sera abordé, notamment celui du marnage induit par le fonctionnement de l'usine.

2.3 Le milieu humain

2.3.1 Usages de l'eau

Les usages de l'eau dans le secteur de l'aménagement seront recensés. Il s'agit en particulier de :

- sports d'eau vive,
- baignade, promenade,
- navigation.

Un inventaire de l'ensemble de ces usages sera fait avec les différents acteurs concernés afin d'apprécier les enjeux et les contraintes qui peuvent y être associés.

Les besoins en eau à proximité du projet seront identifiés (soutien d'étiage, prise d'eau agricole, eau potable ...).

2.3.2 Paysage

L'insertion paysagère du projet sera abordée. En particulier les éventuels sites protégés seront listés et localisés.

2.3.3 Bruit

Le bruit généré sera estimé, ainsi que la gêne qu'il occasionnera.

2.3.4 Socio-économie et sécurité

Les activités économiques locales seront listées. Les caractéristiques des communes concernées par le projet seront indiquées notamment leurs ressources fiscales. L'influence du projet sur ces activités sera abordée et financièrement quantifiée: influence positive (apport fiscal pour la commune, création d'emploi) et influence négative (gêne des autres usages).

Les effets de l'aménagement sur la sécurité publique seront analysés, notamment en terme de variation de débit et de hauteur d'eau sur le cours d'eau, de sécurité quant à l'accès à l'usine.

2.4 Mesures compensatoires

L'analyse des impacts objet du chapitre 2.3 fera l'objet de propositions de mesures compensatoires :

- adaptations du projet pour répondre aux contraintes identifiées (par exemple réalisation d'une passe à poissons, traitement architectural, insonorisation, adaptation du mode de gestion de l'ouvrage, etc.),

- mesures destinées à compenser la gêne induite sur les autres usages (par exemple réempoissonnement, aménagement d'une plage d'accès etc.).

Le débit réservé sera précisé, notamment s'il diffère des valeurs fixées par les textes réglementaires.

Ces mesures seront chiffrées et intégrées dans l'estimation économique.

2.5 Analyses ultérieures à prévoir

Les compléments d'analyse nécessaires à la poursuite du projet seront définies et chiffrées. Elles pourront par exemple concerner des prélèvements pour analyses de l'eau, la réalisation de pêches électriques, la définition précise du débit réservé par la méthode de microhabitat.

3 ASPECTS FINANCIERS

Cette partie concerne :

- les coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance
- les recettes d'exploitation

3.1 Investissement, exploitation et maintenance

Les coûts d'investissements résultent de l'étude du projet et comprennent :

- les coûts d'acquisition foncière,
- les coûts d'études, reconnaissances et maîtrise d'œuvre,
- les dépenses de génie civil,
- les dépenses d'équipements (depuis la turbine jusqu'au raccordement au réseau).

L'expérience montre que l'aléa le plus important concerne la partie génie civil pour laquelle il est souhaitable de réaliser une analyse suffisamment précise ou de prévoir une marge financière suffisante.

Les coûts d'exploitation et de maintenance qui correspondent à des dépenses de personnel, de matières premières, d'entretien, de pièces détachées, etc.) dépendent de plusieurs facteurs :

- matériel d'exploitation mise en place (contrôle à distance),
- expérience et organisation de l'exploitant,
- qualité et vétusté des équipements.

Ces coûts s'évaluent souvent sous la forme d'un pourcentage de la recette annuelle (un pourcentage de 20% étant une valeur souvent rencontrée).

3.2 Recettes d'exploitation

Les recettes d'exploitation seront directement calculées en utilisant les barèmes d'achat de E.D.F. appliqués à la production calculée (voir 1.6).

3.3 Compte d'exploitation

Le compte d'exploitation à faire sur une durée de 15 années (ou sur la durée des emprunts prévus) prend en compte :

- la recette de la vente de l'énergie produite (en année moyenne et en année sèche),
- le remboursement des emprunts contractés pour couvrir l'investissement,
- les frais annuels d'exploitation et de maintenance,
- les différentes taxes applicables.

Un indicateur de la rentabilité économique du projet est le temps de retour de l'investissement qui, selon la définition de l'UE (programme THERMIE) prend en compte :

- le coût d'investissement du projet I (conception, construction et mise en service),
- la recette annuelle E,

□ les frais d'exploitation et d'entretien annuel M.

Ce temps s'exprime par :

$$T = I / (E - M)$$

4 ASPECTS ADMINISTRATIFS

Un point précis sera fait sur l'aspect administratif du projet, à la fois sur la situation actuelle et sur les démarches qu'il convient d'envisager.

4.1 Situation administrative actuelle

Elle sera aussi exhaustive que possible et pour cela tous les contacts avec l'Administration seront pris (notamment impérativement la MISE).

Les informations suivantes seront fournies :

- propriétaire actuel du site (usine, seuil, cours d'eau),
- service instructeur de la police de l'eau pour ce site,
- statut du cours d'eau (domanial ...),
- existence d'un droit d'eau et obtention du document correspondant (autorisation, concession, droit fondé en titre ...). En particulier il précisera le débit dérivé autorisé, le débit réservé, la durée du droit d'eau, les conditions d'exploitation, toute autre contrainte éventuelle,
- existence d'un classement ou d'un projet de classement du cours d'eau,
- existence d'un règlement particulier relatif au cours d'eau (navigation, soutien d'étiage, consignes de crues, arrêt estival de turbinage, etc.),
- servitudes éventuelles liées à l'existence d'autres droits d'eau.

4.2 Démarches administratives

Elles seront listées, et comporteront au minimum les informations suivantes :

- compatibilité du projet avec le SDAGE,
- textes de loi ou règlements dont relève le projet pour l'autorisation d'exploiter : autorisation ou concession (loi pêche pour le débit réservé, loi sur l'eau pour l'autorisation d'exploiter et de travaux),
- article de loi (de la loi sur l'eau) applicable pour la demande d'autorisation d'exploiter et liste des justifications à produire : étude d'incidence ou étude d'impact, etc.,
- article de loi (de la loi sur l'eau) applicable pour la demande d'autorisation de réaliser les travaux : travaux provisoires en rivière, vidange de retenue, travaux modifiant le lit du cours d'eau, classification selon le montant prévisionnel des travaux, etc.

Ces investigations feront obligatoirement l'objet d'une concertation avec le service de l'Etat instructeur des demandes d'autorisation dont on obtiendra l'avis écrit sur la faisabilité du projet et les démarches à réaliser.

5 DEFINITION D'UN PROGRAMME

Un programme sera défini pour la poursuite du projet : il indiquera les reconnaissances, les études, les démarches administratives et travaux nécessaires. Il fera apparaître un calendrier, un chiffrage et l'articulation entre les différentes phases.