

PARTIE 3 :

**EVALUATION DU POTENTIEL
HYDROÉLECTRIQUE**

VOLET A. EVALUATION DU POTENTIEL HYDROELECTRIQUE

A.I PRÉCISIONS CONTEXTUELLES ET METHODOLOGIQUES

A.I.1 ELÉMENTS CONTEXTUELS

La présente note est établie conformément à l'article R212-36 du code de l'Environnement qui précise que l'état des lieux du SAGE doit comprendre « l'évaluation du potentiel hydroélectrique par zone géographique établie en application du I de l'article 6 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 ».

Le bassin versant des Gardons est concerné par trois études sur le potentiel hydro-électrique réalisées à des échelles spatiales différentes :

- ➔ Evaluation du potentiel hydroélectrique du Bassin Rhône-Méditerranée – Février 2008 (Agence de l'eau RMC-ADEME ; Asconit – ISL),
- ➔ Evaluation du potentiel hydroélectrique mobilisable dans la région Languedoc-Roussillon et Contribution au volet hydroélectricité du schéma régional des énergies renouvelables du Languedoc-Roussillon - rapport phases 1,2 et 3, Janvier 2011 (DREAL, Asconit – ISL),
- ➔ Evaluation du potentiel hydroélectrique mobilisable dans la région Languedoc-Roussillon et Contribution au volet hydroélectricité du schéma régional des énergies renouvelables du Languedoc-Roussillon - rapport phases 4 et 5, Juin 2011 (DREAL, Asconit – ISL).

Dans le cadre de la réalisation de cette note, nous nous appuyons sur l'ensemble de ces études ainsi que la note type sur les potentiels hydro-électrique réalisée par l'agence de l'eau.

L'évaluation consiste à présenter des données factuelles portant sur le potentiel hydroélectrique des aménagements en place et des secteurs non équipés : potentiel en terme de puissance (exprimée en kw), et en terme de productible (quantité d'énergie susceptible d'être produite, exprimée en kwh). L'analyse développée évalue globalement le potentiel hydroélectrique du bassin versant des Gardons, compte tenu des conditions hydrologiques, du contexte réglementaire et des données de l'étude de l'Agence de l'eau.

La présente analyse a été réalisée en 2010 et n'a pas été réactualisée. Certains éléments peuvent donc être plus anciens que dans le reste de l'état initial.

A.I.2 MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE

Le potentiel hydroélectrique du bassin versant des Gardons a été estimé à partir des données fournies par l'Agence de l'eau et issues de l'étude d'évaluation du potentiel hydroélectrique du bassin Rhône-Méditerranée ainsi que des études régionales menées par la DREAL.

Ces études ont permis d'identifier des échelles différentes (sous-secteur Gardons, département du Gard), les éléments suivants :

- ➔ le potentiel d'optimisation, de suréquipement, ou de turbinage des débits réservés des centrales existantes ;
- ➔ le **potentiel d'aménagements nouveaux** identifiés par les producteurs (hors stations de transfert d'eau par pompage – STEP) ;
- ➔ le **potentiel d'aménagements de nouvelles stations** de transfert d'eau par pompage, identifiés par les producteurs ;
- ➔ le « **potentiel théorique résiduel** », identifié par le bureau d'étude et correspondant, en plus des projets identifiés par les producteurs, à un calcul établi par modélisation.

Cette identification a été croisée avec une évaluation des enjeux environnementaux établie selon la classification suivante :

- ➔ « **Potentiel non mobilisable** » : rivières réservées au titre de la loi du 16 octobre 1919, zones centrales des parcs nationaux ;
- ➔ « **Potentiel très difficilement mobilisable** » : réserves naturelles nationales, sites inscrits, sites classés, sites natura 2000, cours d'eau classés au titre de l'article L432-6 du code de l'environnement ;
- ➔ « **Potentiel mobilisable sous conditions strictes** » : arrêté de protection de biotope, réserves naturelles régionales, délimitation de zones humides, contenu des SDAGE SAGE et chartes des parcs naturels régionaux ;
- ➔ « Potentiel mobilisable suivant la réglementation habituelle ».

Cette classification, si elle apporte une visualisation utile à l'échelle de la réalisation de l'étude menée par l'Agence (le bassin Rhône-Méditerranée), ne doit pas masquer la spécificité de chacun des outils liée à sa portée réglementaire propre et à la nature des périmètres qu'il définit. Les conclusions de l'étude en ce sens doivent donc être appréhendées avec un certain recul dès lors que l'on se situe à une échelle plus locale.

Ainsi, notre analyse sera présentée comme suit :

- ➔ La situation actuelle du bassin versant,
- ➔ Les contraintes réglementaires et catégories de potentiel,
- ➔ Les caractéristiques du bassin versant utiles pour l'analyse du potentiel hydroélectrique,
- ➔ L'évaluation du potentiel hydroélectrique.

A.II SITUATION ACTUELLE DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant des Gardons est équipé actuellement d'une micro-centrale hydroélectrique « au fil de l'eau » sur le canal de Boucoiran, au niveau du Moulin de la Roque. Elle exploite une hauteur maximale de chute de 2,40 m pour un débit maximal autorisé de 1,6 m³/s. Elle permet de produire une puissance maximale hydraulique disponible de 30 kW.

Cette micro-centrale se situe au niveau d'une ancienne minoterie au moulin de la Roque (propriété de M. Chapelot), aujourd'hui équipée d'une turbine de production hydroélectrique.

L'aménagement comprend :

- ➔ Un seuil déversant en rive droite constitué d'un mur d'une longueur de 14,5 m. Ce déversoir avait été construit en 1985 pour garantir la hauteur d'eau pour l'alimentation des gravières. Il a été réhaussé en 2000 de 20 cm pour les besoins de la production électrique. Il est donc situé plus haut que le déversoir d'origine. Il permet normalement d'assurer une chute d'eau réglementaire de 2,40 m pour un débit de 1600 l/s.
- ➔ Une vanne de fond qui permet l'écoulement des eaux lorsqu'il n'y a pas de turbinage.
- ➔ Un dégrillage qui constitue la prise d'eau vers la turbine. Le débit maximum de la turbine est de 1600 l/s, sauf lorsqu'elle est déconnectée, cas où le débit maximum n'est que de 800 l/s.

A.III RÉGLEMENTATION ET CATÉGORIE DE POTENTIEL

A.III.1 RÉGLEMENTATION

Les enjeux environnementaux sont établis, dans les études référence sur le sujet ; selon la classification suivante

Tableau 104 : enjeux environnementaux pour la classification

Types de réglementations	Catégories de potentiel		
	Potentiel non mobilisable	Potentiel très difficilement mobilisable	Potentiel mobilisable sous conditions strictes
Cours d'eau réservés (art 2 loi 1919)			
Parcs Nationaux (zone centrale)			
Réserves naturelles nationales			
Natura 2000 liés aux amphihalins			
Sites inscrits/classés			
Cours d'eau classés avec liste d'espèces comprenant des migrateurs amphihalins			
Parcs Nationaux (zone périphériques)			
Autres Natura 2000			
Cours d'eau classés autres migrateurs			
Arrêtés préfectoraux de biotope			
Réserves naturelles régionales			
Zones humides (Ramsar)			
Zones humides (inventaires locaux...)			
Dispositions particulières des SDAGE et SAGE relatives aux cours d'eau			
Parcs Naturels Régionaux			

Source : SDAGE RMC 2010-2015

Cette classification, si elle apporte une visualisation utile à l'échelle de la réalisation de l'étude menée par l'Agence (le bassin Rhône-Méditerranée), ne doit pas masquer la spécificité de chacun des outils liée à sa portée réglementaire propre et à la nature des périmètres qu'il définit. Les conclusions de l'étude en ce sens doivent donc être appréhendées avec un certain recul dès lors que l'on se situe à une échelle plus locale.

Ainsi, à partir de cette classification, une analyse spécifique des catégories de potentiel au regard des types de réglementation a été réalisée à l'échelle du bassin versant des Gardons.

A.III.2 CATÉGORIES DE POTENTIEL

A.III.2.1 Exigences conduisant à un potentiel non mobilisable

LE CLASSEMENT DES COURS D'EAU : LES COURS D'EAU RÉSERVÉS

Actuellement, le classement en rivières « réservées » constitue le critère le plus contraignant vis-à-vis du développement potentiel de l'hydroélectricité. Les « cours d'eau réservés » seront intégrés aux cours d'eau classés au titre de l'alinéa 1 de l'article L.214-17-1 du CE dont la finalité est :

- ➔ d'obliger à l'aménagement et à la gestion de tout ouvrage ;
- ➔ d'interdire la construction de nouveaux obstacles à la continuité écologique quel qu'en soit l'usage. Ils correspondraient ainsi encore à un potentiel non mobilisable dès lors que le classement L.214-17 serait effectif.

Certains cours d'eau du bassin versant des Gardons ont un statut de rivière réservée. Ils sont classés par décret au titre de l'article 2 de la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique. Sur ces cours d'eau, « aucune autorisation ou concession ne sera donnée pour les entreprises hydrauliques nouvelles ».

Les cours d'eau du bassin versant concernés sont les suivants (décret n°99-1138 du 27 décembre 1999) :

- ➔ Gardon de Saint Jean et ses affluents,
- ➔ La Salindrenque et ses affluents,
- ➔ Gardon de Mialet et ses affluents,
- ➔ Gardon d'Alès et ses affluents,
- ➔ Le Galeizon et ses affluents.

Il est donc actuellement impossible de projeter une augmentation du parc hydroélectrique sur ces cours d'eau.

PARC NATIONAL DES CÉVENNES

Le parc national des Cévennes s'étend sur trois départements : Gard, Lozère et Ardèche.

La zone cœur (anciennement appelée la zone centrale) du parc se situe principalement sur le département de la Lozère. Elle possède une protection environnementale très forte et globalement interdit tous les travaux publics ou privés qui pourraient nuire aux espèces et milieux naturels.

La mise en place de projets d'aménagements hydroélectriques est globalement incompatible dans cette zone cœur.

A.III.2.2 Exigences conduisant à un potentiel très difficilement mobilisable

CLASSEMENT DES COURS D'EAU AU TITRE DES POISSONS MIGRATEURS

A l'aval du bassin versant, le Gardon est classé au titre de la circulation des poissons migrateurs de la confluence avec le Rhône jusqu'au pont de Saint Nicolas (alose et lamproie). Il est donc impossible de développer l'hydroélectricité sur ce secteur.

Tout le bassin versant des Gardons est classé comme secteur prioritaire du plan anguille.

Les « **Zones d'action prioritaire** » du plan de gestion Anguille seront intégrées aux cours d'eau classés au titre de l'alinéa 1 de l'art. L.214-17-1 du CE dont la finalité est :

- ➔ d'obliger à l'aménagement et à la gestion de tout ouvrage,
- ➔ d'interdire tout nouvel ouvrage à la continuité écologique dans la zone prioritaire identifiée.
- ➔ Elles correspondraient ainsi à un potentiel non mobilisable dès lors que le classement L.214-17 serait effectif.

SITES CLASSÉS

Il existe de nombreux sites classés qui s'étendent sur le bassin versant des Gardons. Ceux qui concernent les cours d'eau sont : les gorges du Gardons et l'extension du pont du Gard.

Dans un site classé, les monuments naturels et les sites classés ne peuvent être ni détruits ni modifiés dans leur état ou leur aspect, sauf autorisation spéciale. Cette autorisation est délivrée, en fonction de l'ampleur des travaux, soit par le ministre chargé des sites après avis de la commission départementale des sites et, si le ministre le juge utile, de la commission supérieure des sites, perspectives et paysages, soit par le préfet de département.

A.III.2.3 Exigences conduisant à un potentiel sous conditions strictes

PARC NATIONAL DES CÉVENNES : ZONE D'ADHÉSION

La zone d'adhésion du Parc National des Cévennes s'étend sur la moitié aval du bassin versant des Gardons.

Comptes tenus des enjeux de conservation, il a été considéré que la zone d'adhésion des Parcs nationaux correspondait à un Potentiel hydroélectrique mobilisable sous conditions strictes.

SITES NATURA 2000

Le document d'objectifs (DOCOB) est au cœur du dispositif Natura 2000. Il définit des mesures de gestion et de conservation des habitats et espèces en tenant compte des activités économiques, sociales et culturelles qui s'exercent sur le site, ainsi que des particularités locales. Ces mesures ne conduisent pas à interdire les activités humaines si elles n'ont pas d'effets significatifs au vu des objectifs de conservation et de restauration des habitats et des espèces poursuivis sur le site. Néanmoins, les programmes ou projets de travaux pouvant affecter de façon notable les milieux ou espèces font l'objet d'une évaluation de leurs incidences portant sur les habitats et les espèces qui ont justifié la désignation du site.

Sur le bassin versant des Gardons, aucun site Natura 2000 a été classé pour la présence d'espèces ou habitats d'espèces prioritaires liés aux amphihalins (ce sont des espèces qui sont dans l'obligation de se déplacer entre les eaux douces et la mer afin de réaliser complètement leur cycle biologique, on peut citer la lamproie, l'anguille et l'aloise).

Sur le bassin versant des Gardons, **il existe 6 sites Natura 2000** (qui nécessitent des exigences conduisant à un potentiel sous conditions strictes) :

- ➔ Gardon de Mialet,
- ➔ Gardon de Saint Jean,
- ➔ Vallée du Galeizon,
- ➔ Falaise d'Anduze,
- ➔ L'étang de la Capelle,
- ➔ le Gardon et ses gorges.

Même si Natura 2000 n'est pris en compte qu'au niveau de l'étude d'impact et n'est donc a priori pas incompatible avec l'installation d'ouvrages hydroélectriques, on peut estimer que la présence de sites (notamment ceux liés aux milieux aquatiques) représente une contrainte forte pour de tels aménagements. **Il est donc proposé, dans le cadre de cette étude, de rattacher les sites Natura 2000 à un potentiel mobilisable sous conditions strictes.**

ARRÊTÉS PRÉFECTORAUX DE PROTECTION DE BIOTOPE (APPB)

Il existe deux arrêtés préfectoraux de protection de biotope sur le bassin versant des Gardons. Le premier se situe dans les gorges du Gardon et le deuxième sur la vallée de l'Avène. Même si la présence d'un APPB n'est pas incompatible avec un projet d'ouvrage hydroélectrique, il n'en constitue pas moins une contrainte réglementaire relativement forte qui peut aller jusqu'à l'interdiction d'implantation.

Un APPB présente des superficies très variables, comprises entre moins d'un ha et jusqu'à plusieurs centaines d'ha. Même si la présence d'un APPB n'est pas incompatible avec un projet d'implantation d'ouvrage hydroélectrique, il n'en constitue pas moins une contrainte réglementaire relativement forte qui peut aller jusqu'à l'interdiction d'implantation. **Les APPB liés aux milieux aquatiques seront donc pris en compte dans la suite de l'analyse et rattachés au potentiel « mobilisable sous conditions strictes ».**

LES RÉSERVOIRS BIOLOGIQUES

En référence aux articles L214-17 I et R214-108 du code de l'environnement, des réservoirs biologiques ont été identifiés sur le bassin versant des Gardons.

Les réservoirs biologiques sont considérés comme " les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux qui jouent le rôle de réservoir biologique au sens du 1° du I de l'article L. 214-17 sont ceux qui comprennent une ou plusieurs zones de reproduction ou d'habitat des espèces de phytoplanctons, de macrophytes et de phytobenthos, de faune benthique invertébrée ou d'ichtyofaune, et permettent leur répartition dans un ou plusieurs cours d'eau du bassin versant. "

Les réservoirs biologiques du bassin versant sont les suivants :

- ➔ le Dourdon,
- ➔ Le Galeizon,
- ➔ La Salindrenque,
- ➔ Le ruisseau le Gardon,
- ➔ Le Gardon d'Alès à l'amont des barrages de Sainte Cécile,
- ➔ Valat de Roumégous,
- ➔ Le Gard de sa source au Gardon de Saint Jean inclus le Gardon de Sainte Croix
- ➔ Le Gardon de Saint Germain,
- ➔ La Gard du Bourdic à Collias.

Les « Réservoirs biologiques » correspondent actuellement à un potentiel hydroélectrique difficilement mobilisable. En outre, les futurs classements au titre l'art.L.214-17-1 du CE interviendront en lien avec les réservoirs biologiques identifiés dans le SDAGE. Aussi, de manière optionnelle et complémentaire, les SDAGE peuvent fixer les orientations pour le classement des cours d'eau.

LES ZONES HUMIDES

L'importance des zones humides dans la gestion de la biodiversité et la gestion quantitative/qualitative de la ressource en eau n'est plus à démontrer et génère actuellement une attention croissante de la part des gestionnaires. Plusieurs textes réglementaires prennent en compte ce type de milieu : Loi « Développement des territoires ruraux » 2005-157 du 23 février 2005, Code de l'Environnement (Article L. 211-3), nomenclature « Loi sur l'Eau » et nouvelle loi sur l'Eau (article 21).

Le territoire du SAGE est riche en zones humides mais aucun inventaire détaillé n'existe. Néanmoins, l'inventaire des zones humides de plus de 1 ha ainsi qu'une étude sur leur priorisation pour la mise en place d'un plan de gestion distingue les zones humides suivantes :

Les zones humides classées en priorité 1 sont les suivantes :

- ➔ Plan d'eau et bras mort à la confluence du Gardon, du Briançon et du Rhône,
- ➔ Ripisylve et zone d'expansion du Gardon à l'aval du pont de Moussac à l'entrée des gorges,
- ➔ Ripisylve et bancs de galets du Gardon de l'aval de Ners à l'aval du pont de Moussac,
- ➔ Ripisylves et forêt alluviale du Gardon d'Anduze entre l'amont de Cardet et la confluence avec le Gardon de Saint Jean,
- ➔ Ripisylve et bancs de galets du Gardon d'Alès à la confluence avec le Gardon d'Anduze,
- ➔ Ripisylve de la Droude de Saint Cesaire de Gauzignan à la confluence avec le Gardon,
- ➔ Ripisylve et atterrissements du Gardon d'Alès de l'aval de la Grand Combe à l'amont d'Alès,
- ➔ Ripisylve du Gardon d'Alès du barrage de Cambous aux Taillades,
- ➔ Succession de retenues entre la confluence des Gardon d'Alès et d'Anduze, et Ners (zone humide artificielle).

12 zones humides sont en priorité 2 c'est-à-dire qu'elles ne sont pas prioritaires pour l'élaboration d'un plan de gestion. Néanmoins, elles nécessiteront un suivi régulier afin d'observer l'évolution des menaces qui pèsent sur celles-ci :

- ➔ Ripisylve de la Salindrenque des Horts à Lassalle (Cévennes),
- ➔ Ripisylve de la Candouillère (sur la Droude),
- ➔ Ripisylve et bras mort du Gardon entre Montfrin et Comps (Bas Gardon),
- ➔ Une série de zones artificielles sur le Bas Gardon : plan d'eau de l'ancienne gravière du Tord, plan d'eau de l'ancienne gravière de Pommières et Graves,
- ➔ Plans d'eau, atterrissements et ripisylve sur le Gardon au niveau de la Soubeyranne (Bas Gardon),
- ➔ Retenues des deux barrages sur le Gardon d'Alès : de Sainte Cecile d'Andorge et des Cambous,
- ➔ Ripisylve et bancs de galets de l'aval d'Alès jusqu'à la confluence avec le Gardon d'Anduze
- ➔ Plan d'eau de l'ancienne gravière des Habitarellles de Sauzet (Gardonnenque),
- ➔ Ripisylve des Seynes de Serviers à Labaume à la confluence avec le ruisseau du Mas Théophile (Uzège).

Les 10 autres sont en priorité 3, elles sont non prioritaires.

Les zones humides constituent donc des potentiels mobilisables sous conditions strictes.

LES MASSES D'EAU CONCERNÉES PAR LE PROGRAMME DE MESURES DES SDAGE

Ces masses d'eau sont notamment concernées par la restauration de la morphodynamique, de la continuité écologique et sédimentaire)

La restauration physique des milieux est une des orientations fondamentales directement reliées aux questions importantes identifiées lors de l'état des lieux des bassins ou issues d'autres sujets concernant l'eau devant être traités par les SDAGE.

D'après le SDAGE, les cours d'eau du bassin versant des Gardons concernés par des problématiques de morphologie sont les suivants :

Tableau 105 : cours d'eau concernés par des problématiques de morphologie (SDAGE 2010-2015)

Nom	Masse d'eau	Echéance_Globale	Justification-parametre
Alzon et Seynes	FRDR10224	2027	nutriments et/ou pesticides, morphologie
ruisseau le briançon	FRDR10301	2027	nutriments et/ou pesticides, matières organiques et oxydables, morphologie, substances prioritaires
ruisseau l'allarenque	FRDR10318	2027	nutriments et/ou pesticides, morphologie
rivière le bourdic	FRDR10792	2027	nutriments et/ou pesticides, morphologie
ruisseau de carriol	FRDR10794	2021	morphologie
ruisseau de braune	FRDR11122	2027	nutriments et/ou pesticides, morphologie
rivière l'avène	FRDR11390	2021	morphologie, substances dangereuses
ruisseau la valliguière	FRDR11487	2027	morphologie
ruisseau de l'auriol	FRDR11699	2027	nutriments et/ou pesticides, morphologie
ruisseau grabieux	FRDR11713	2027	morphologie
ruisseau le grand vallat	FRDR11973	2021	nutriments et/ou pesticides, morphologie
rivière la droude	FRDR12022	2027	nutriments et/ou pesticides, morphologie
Le Bournigues	FRDR12120	2027	nutriments et/ou pesticides, morphologie
Le Gardon d'Alès à l'aval des barrages de Ste Cécile d'Andorge et des Cambous	FRDR380b	2021	pesticides, substances dangereuses, morphologie, hydrologie

Afin d'assurer le respect des objectifs environnementaux des SDAGE, les décisions prises au titre de la Police de l'eau et des milieux aquatiques doivent respecter les connexions avec les zones de reproduction, de croissance et d'alimentation des organismes, inclure des mesures de réduction d'impact et le cas échéant des mesures de compensation ou de restauration de zones fonctionnelles. Enfin, les SDAGE préconisent que les cumuls d'impact des aménagements soient pris en compte.

MASSES D'EAU EN BON ÉTAT ÉCOLOGIQUE

La DCE impose à tous les états membres de maintenir ou recouvrer un bon état des milieux aquatiques d'ici à 2015. Les masses d'eau ou cours d'eau en bon état écologique correspondent ainsi à un potentiel hydroélectrique mobilisable sous conditions strictes.

A.III.2.4 *Potentiel mobilisable sans contraintes particulières*

Outre la prise en compte des enjeux environnementaux recensés précédemment, la réglementation impose pour la création d'une installation à vocation hydroélectrique d'être en conformité avec :

- ➔ les 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),
- ➔ l'article de Loi (de La loi sur l'eau) applicable pour la demande d'autorisation d'exploiter et la liste des justifications à produire : étude d'incidence ou étude d'impact, etc.,
- ➔ l'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.

A.III.2.5 *Contexte réglementaire futur*

COURS D'EAU CLASSES

Il est prévu un nouveau classement des cours d'eau au titre de la loi du 30 décembre 2006 au plus tard le 1er janvier 2014.

A cette date, une nouvelle liste de cours d'eau sera établie pour lesquels « aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique » (article L 214-17).

Cette article concerne « les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux parmi ceux qui sont en très bon état écologique ou jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique, ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et eau salée (alose, anguille et lamproie) si nécessaire ».

Avec cette nouvelle loi, l'interdiction n'est donc plus liée à l'utilisation hydraulique, mais à la construction d'obstacle.

La loi impose également l'établissement d'une seconde liste de cours d'eau : « liste de cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux dans lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs ».

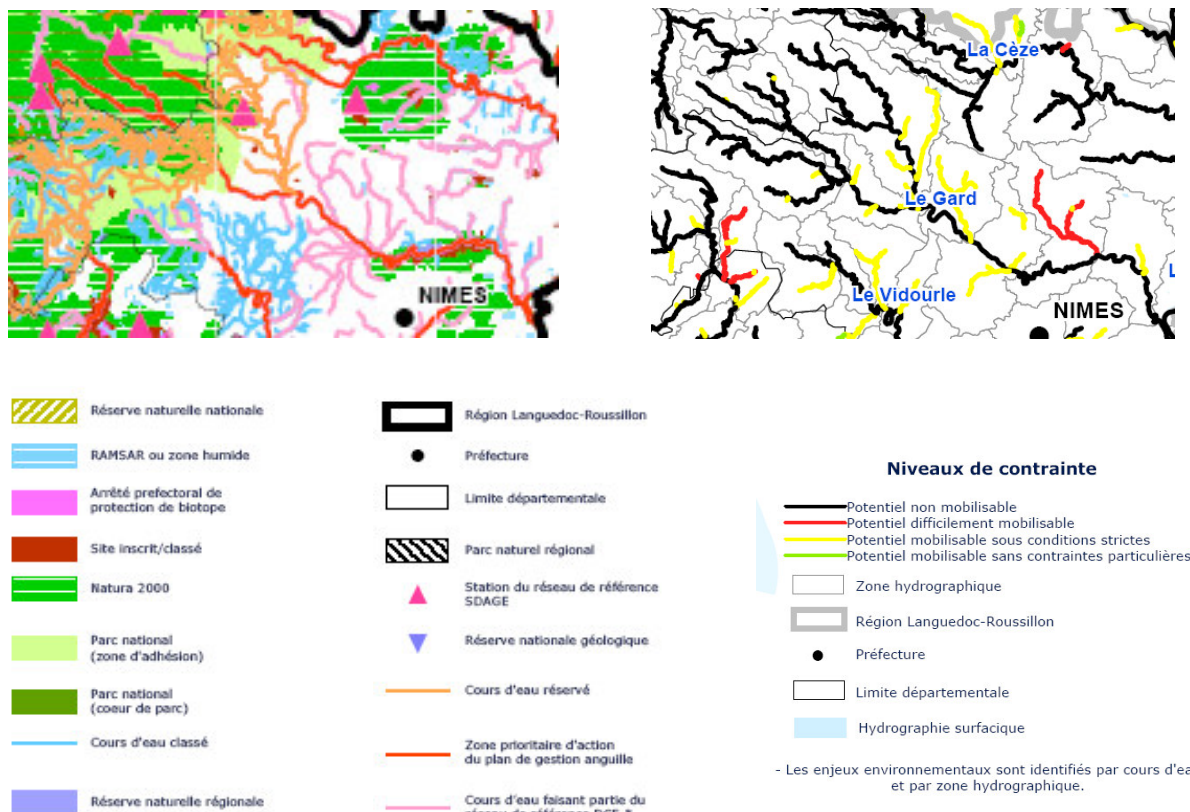
Enfin, pour les ouvrages nouveaux, la loi précise les mesures à mettre en place au regard du milieu aquatique et des espèces présentes. « Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite » (article L214-18).

A.III.3 SYNTHÈSE

Une analyse des tronçons a été réalisée à l'échelle du Languedoc-Roussillon afin de définir si ces potentiels sont difficilement ou non mobilisables.

La carte ci-dessous extraite de l'étude sur le potentiel hydroélectrique en Languedoc-Roussillon synthétise les niveaux de contrainte par cours d'eau.

Figure 75 : Enjeux environnementaux pour l'évaluation du potentiel hydroélectrique – situation actuelle – zoom sur les Gardons



Cartes issues de l'étude sur le potentiel hydroélectrique en région Languedoc Roussillon

Ainsi, sur le bassin, aucun secteur n'est mobilisable sans contrainte. Sous des conditions strictes, il est néanmoins possible de quelques affluents des Gardons, essentiellement situés à l'aval. Les tronçons Seynes et Azon sont difficilement mobilisables et le reste est non mobilisable.

A noter le cas particulier des ouvrages hydroélectriques déjà existants qui peuvent faire l'objet de suréquipement y compris dans un secteur géographique où le potentiel n'est pas (ou plus) mobilisable (pour tout nouvel ouvrage). De plus **un ouvrage existant à vocation autre qu'électrique pourrait être équipé en hydroélectricité** du moment que les caractéristiques de l'ouvrage ne sont pas modifiées (hauteur,...).

Par soucis de simplification, le potentiel non (ou difficilement) mobilisable s'entend pour tout nouvel ouvrage hydroélectrique dans la suite de ce rapport.

A.IV.2.1 Quelques définitions

La **puissance** est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre. La puissance correspond donc à un débit d'énergie.

Le **productible**, produit de la puissance par un temps, est homogène à une énergie. Lorsque les informations relatives aux puissances et aux productibles n'étaient pas disponibles (pour les sites existants ou potentiels) et pour l'évaluation du potentiel théorique, les formules suivantes ont été employées :

- ➔ Pour les aménagements type « fil de l'eau » et pour l'évaluation du potentiel théorique,

Pour le calcul de la puissance :

$$P \text{ [kW]} = 8 \times Q_{\text{module}} \text{ [m}^3\text{/s]} \times h \text{ [m]}$$

Pour le calcul du productible :

$$E \text{ [kWh]} = 8 \times Q_{\text{module}} \text{ [m}^3\text{/s]} \times h \text{ [m]} \times 4\,700 \text{ h}$$

ou, si la puissance est disponible,

$$E \text{ [kWh]} = P \text{ [kW]} \times 4\,700 \text{ h}$$

Toutes les données de puissance des sites existants types « Fil de l'eau » sont issues des éléments recueillis. Concernant le productible, environ 1/3 des données ont été calculées à l'aide de la formule ci-dessus, le reste étant issu des éléments recueillis.

- ➔ Pour les aménagements type « Lac » ou « Eclusées »,

Pour le calcul de la puissance :

$$P \text{ [kW]} = 8 \times 1,2 \times Q_{\text{module}} \text{ [m}^3\text{/s]} \times h \text{ [m]}$$

Pour le calcul du productible :

$$E \text{ [kWh]} = 8 \times 1,2 \times Q_{\text{module}} \text{ [m}^3\text{/s]} \times h \text{ [m]} \times 3\,500 \text{ h}$$

ou, si la puissance est disponible,

$$E \text{ [kWh]} = P \text{ [kW]} \times 3\,500 \text{ h}$$

Dans le cas du Languedoc-Roussillon, toutes les données de puissance et de productible étaient disponibles dans les éléments recueillis pour les aménagements types « Lac » ou « Eclusées ».

A.IV.2.2 Ouvrages existants et projets d'équipement

a) Situation actuelle

Le bassin versant des Gardons est équipé actuellement d'une **micro-centrale hydroélectrique « au fil de l'eau » sur le canal de Boucoiran**, au niveau du Moulin de la Roque. Elle exploite une hauteur maximale de chute de 2,40 m pour un débit maximal autorisé de 1,6 m³/s. Elle permet de produire une puissance maximale hydraulique disponible de 30 kW.

b) Potentiel d'optimisation, de suréquipement ou de turbinage des débits réservés des centrales existantes

A l'échelle de la commission Ardèche Gard, d'après l'étude à l'échelle du bassin RMC, la puissance totale est de près de 1600 MW. Ainsi, avec 30 kW, le bassin du Gard représente une part négligeable de la production.

Le potentiel d'optimisation et de suréquipement est estimé à 130 MW soit un gain de presque 10 %.

A.IV CONDITIONS MORPHOLOGIQUES/HYDROLOGIQUES ET POTENTIEL HYDROÉLECTRIQUE DU BASSIN VERSANT DES GARDONS

A.IV.1 CONDITIONS MORPHOLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES DU BASSIN VERSANT

Le potentiel hydroélectrique dépend étroitement du débit d'eau et de la hauteur de chute. Les paragraphes suivants permettent d'analyser plus en détail ces paramètres.

A.IV.1.1 Conditions hydrologiques du bassin versant

L'ensemble des cours d'eau du bassin est marqué par une hydrologie méditerranéenne qui se traduit par une forte variabilité des débits dans l'année et d'une année sur l'autre. Les conditions d'étiage sont partout naturellement sévères.

De plus, on recense certains assecs récurrents dus à des pertes karstiques sur les secteurs suivants :

- ➔ Le Gardon du Rocher de Vidal (entre Ners et Cruviers-Lascours) jusqu'au pont de Moussac,
- ➔ Le Gardon de Dions jusqu'en aval du Pont St Nicolas dans les Gorges (Source de Freigères).

D'autres assecs sont constatés sur certains secteurs de manière plus irrégulière et il existe des pertes importantes sur le Gardon d'Alès.

Ces conditions d'étiage très sévères **s'avèrent particulièrement limitantes pour la production hydroélectrique**. En effet, la production est essentiellement envisageable l'hiver et au début du printemps.

A.IV.1.2 Conditions topographiques

Les pentes sur le bassin versant excèdent rarement 1% et les débits d'eau sont très variables selon les saisons du fait d'un climat méditerranéen (situation de manque d'eau et « trop d'eau »).

Ces résultats sont une synthèse des résultats des études précisées en préambule.

A.IV.2 POTENTIEL HYDRO-ELECTRIQUE

Plusieurs types de potentiels ont été définis :

- ➔ le potentiel d'optimisation, de suréquipement, ou de turbinage des débits réservés des centrales existantes ;
- ➔ le potentiel d'aménagements nouveaux identifiés par les producteurs (hors stations de transfert d'eau par pompage –STEP-) ;
- ➔ le potentiel d'aménagements de nouvelles stations de transfert d'eau par pompage, identifiés par les producteurs ;
- ➔ le « potentiel théorique résiduel », identifié par le bureau d'étude et correspondant, en plus des projets identifiés par les producteurs, à un calcul établi par modélisation.

Tableau 106 : Potentiel d'optimisation et de suréquipement

Puissance Totale existante (MW)	Potentiel d'optimisation et de suréquipement (MW)	Potentiel de turbinage de débit réservé (GW)
1 594	130,0	0,5

D'après l'étude réalisée à l'échelle du Languedoc-Roussillon, le Gard dispose d'une puissance existante de **212 MW dont 210 MW produits par la seule centrale de Fabrègues**.

Plusieurs conclusions sont possibles :

- ➔ Le Gard représente 13 % de l'énergie produite sur l'ensemble de la commission Ardèche Gard, notamment grâce à la centrale de Fabrègues
- ➔ La puissance hors grande hydraulique dans le Gard s'élèverait à 2 MW. Dans ce contexte, la micro-centrale de Boucoiran représenterait 1.5 % de la production.

Le potentiel d'optimisation de la centrale de Boucoiran serait négligeable au regard de ces ordres de grandeurs.

c) *Potentiel de nouveaux projets*

Les données brutes utilisées pour l'étude portée par l'Agence de l'eau et l'ADEME à l'échelle du bassin Rhône Méditerranée Corse nous ont été transmises. Dans le cadre de cette étude, des sous-secteurs ont été identifiés. Ainsi, le bassin versant des Gardons équivaut au sous-secteur Gard indexé V71 et appartenant à la commission géographique Ardèche Gard.

Sur ce secteur, une analyse du potentiel de nouveaux projets spécifiques à ce sous secteur a été réalisée dans le cadre de l'étude sur le potentiel à l'échelle du bassin RMC. Les résultats bruts sont présentés dans le tableau suivant :

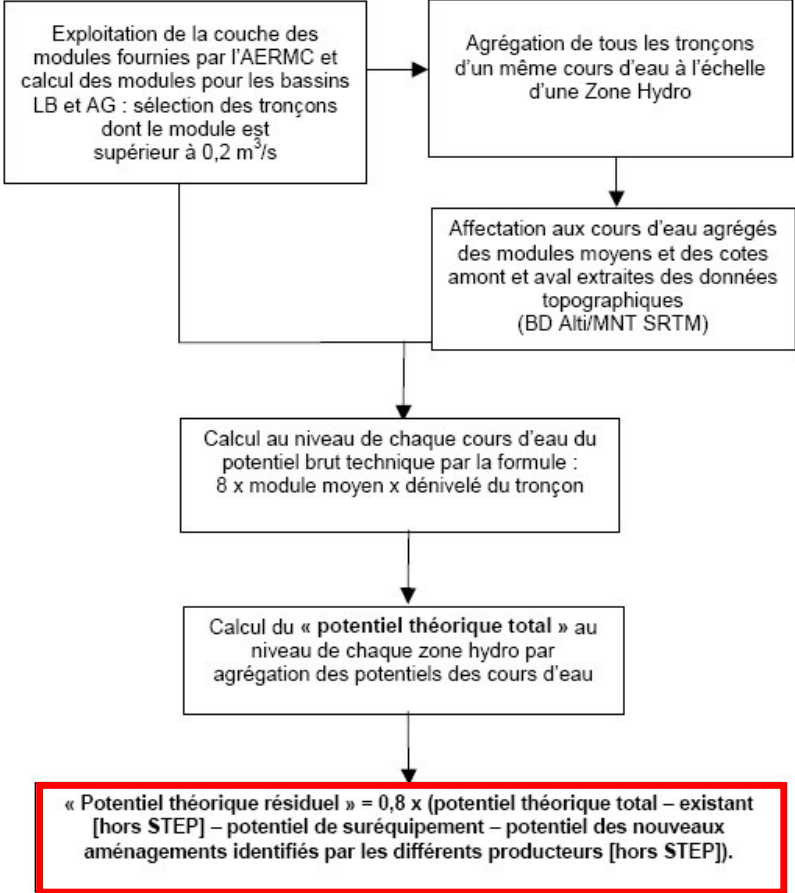
Tableau 107 : Potentiel des nouveaux projets

Catégorie environnementale	Nombre de projets	Puissance (Mw)	Productible (Gwh)
non mobilisable	5	326	1532
sous conditions strictes	5	400	1779
Total	10	726	3 311

D'après ces informations, il semblerait que **10 projets** aient été identifiés permettant de fournir une énergie de **726 MW** soit 3 fois plus que l'énergie produite par la centrale située sur le Rhône à Fabrègues. **Les données relatives à ces projets sont confidentielles et ne nous ont pas été transmises. Néanmoins**, au regard de ces éléments et des puissances moyennes des micro-centrales sur un cours d'eau tel que les Gardons, on peut supposer qu'il existe une erreur d'ordre de grandeur.

A noter néanmoins qu'il existe 2 barrages sur le secteur des Gardons : le barrage des Cambous et le barrage de Sainte-Cécile d'Andorge, tous deux exploités par le Conseil Général du Gard. Ces derniers nous ont communiqué les hauteurs de chute et débits. Pour l'heure, aucun projet relatif au potentiel hydroélectrique de ces deux barrages n'a été approfondi par le Conseil Général.

Tableau 108 : Barrage de Sainte-Cécile d'Andorge

Hauteur de chute	Débit
<p>Hauteur de 42 m</p> <p>Exploité à la cote 242 au long de l'année et la cote du barrage à la cote 228 soit une hauteur de chute de 14m.</p>	<p>Débit naturel : 3.13 m³/s (module)</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD A[Exploitation de la couche des modules fournies par l'AERMC et calcul des modules pour les bassins LB et AG : sélection des tronçons dont le module est supérieur à 0,2 m³/s] --> B[Agrégation de tous les tronçons d'un même cours d'eau à l'échelle d'une Zone Hydro] B --> C[Affectation aux cours d'eau agrégés des modules moyens et des cotes amont et aval extraites des données topographiques (BD Alti/MNT SRTM)] C --> D[Calcul au niveau de chaque cours d'eau du potentiel brut technique par la formule : 8 x module moyen x dénivelé du tronçon] D --> E[Calcul du « potentiel théorique total » au niveau de chaque zone hydro par agrégation des potentiels des cours d'eau] E --> F[« Potentiel théorique résiduel » = 0,8 x (potentiel théorique total – existant [hors STEP] – potentiel de suréquipement – potentiel des nouveaux aménagements identifiés par les différents producteurs [hors STEP]).] </pre> </div> <p>Débit réservé de 200 l/s pour le soutien d'étiage du 15 Juin au 15 septembre et la cote peut alors baisser.</p> <p>Débâts caractéristiques : VCN30 : 0.01 m³/s; QMNA 5 :0.03 m³/s</p>

Ainsi, sur la base de la formule décrite précédemment $(P(kW) = 8 * h(m) * Q(m^3/s))$, et en considérant le débit naturel, le barrage de Sainte-Cécile d'Andorge pourrait développer une puissance de **350 kW**.

Le productible associé serait, en considérant un fonctionnement sur 4700h, **de 1645 MWh**.

Tableau 109 : Barrage des Cambous

Hauteur de chute	Débit
<p>Hauteur de 25 m au dessus du terrain naturel.</p> <p>Exploité entre la cote 227 et 210 soit 17 m de hauteur de chute.</p>	<p>Débit naturel : 2.90 m³/s (module)</p> <p>Débit réservé de 200 l/s pour le soutien d'étiage à partir du 15 septembre en relais du barrage de Sainte-Cécile d'Andorge.</p> <p>Débâts caractéristiques : VCN15 : 0.08 m³/s ; VCN30 : 0.15 m³/s; QMNA 5 :0.03 m³/s</p>

Ainsi, sur la base de la formule décrite précédemment $(P(kW) = 8 * h(m) * Q(m^3/s))$, et en considérant le débit naturel, le barrage des Cambous pourrait développer une puissance de **394.4 kW**.

Le productible associé serait, en considérant un fonctionnement sur 4700h, **de 1854 MWh**.

A.IV.2.3 Potentiel brut technique d'installations nouvelles hors contraintes réglementaires et environnementales

MÉTHODOLOGIE DE DÉTERMINATION DU POTENTIEL RÉSIDUEL

Pour déterminer le « potentiel théorique résiduel », une modélisation générale du bassin permettant d'évaluer le « potentiel théorique total » a été réalisée. Ce potentiel théorique total et le potentiel résiduel ont été calculés au niveau de chaque « zone hydro » selon l'algorithme suivant. Il est rappelé que la zone hydrographique est la plus petite unité de bassin versant identifiée dans la BD Carthage. La région Languedoc-Roussillon compte environ 300 zones hydrographiques dont la surface moyenne est de l'ordre de 110 km².

Les données d'entrées utilisées sont donc pour chaque tronçon de cours d'eau :

- ➔ le dénivelé (aucun filtre de pente – beaucoup de pentes étant inférieures à 0.5 % ou 1 %)
- ➔ le module moyen (supérieur à 0.2 m³/s pour être considéré comme non négligeable)

On voit donc que :

$$\text{Potentiel théorique résiduel} = 0.8 * \text{Pot. Théorique total (1)} - \text{potentiel existant (2)} - \text{potentiel de surequippedement (2)} - \text{potentiel des nouveaux aménagements (2)}$$

Le facteur 0.8 est un facteur pour lié à l'incertitude de la méthode.

Les parties suivantes de déduire le potentiel théorique résiduel à partir du potentiel théorique total (1) et les potentiels existants ou en projet (2).

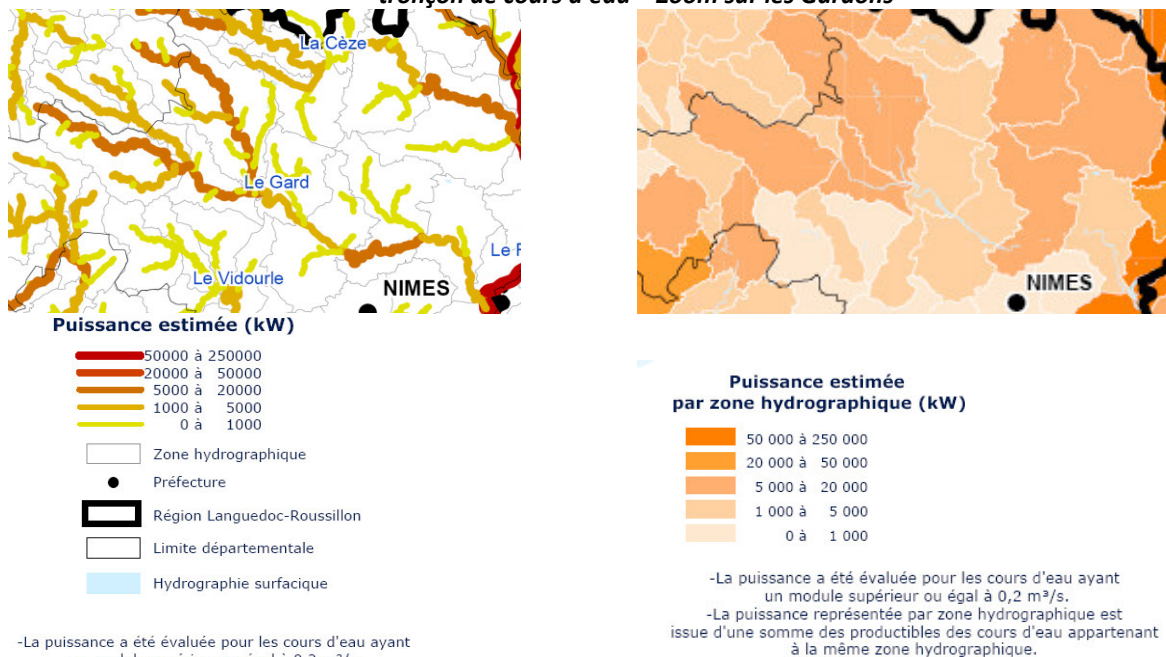
POTENTIEL THÉORIQUE TOTAL (1)

Sur le bassin versant des Gardons, les résultats issus de ces analyses sont présentées sur les cartes suivantes.

PUISSANCE POTENTIELLE THEORIQUE HYDROELECTRIQUE

Comme le montrent les figures suivantes, la puissance potentielle théorique hydroélectrique estimée sur les Gardons n'excède jamais 20 000 kW par tronçon ou par zone hydrographique d'après ces analyses et se situe le plus souvent entre 0 et 1000 kw sur les affluents. Cette puissance théorique s'assimile à un potentiel « au fil de l'eau », à savoir un débit d'équippedement égal au module.

Figure 76 : Evaluation de la puissance potentielle théorique hydroélectrique de la région Languedoc Roussillon par tronçon de cours d'eau – Zoom sur les Gardons

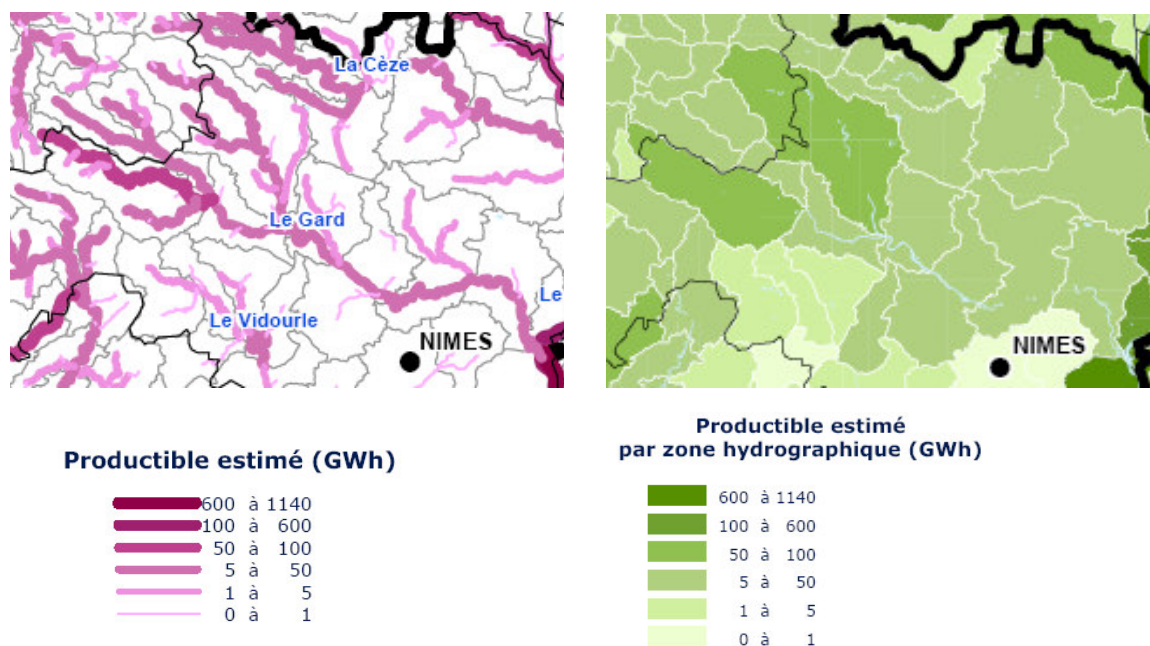


PRODUCTIBLE POTENTIEL THÉORIQUE HYDROELECTRIQUE

En considérant une durée de fonctionnement égale à 4 700 heures, on peut déduire le productible estimé par bassin.

Comme le montrent les figures suivantes, on observe alors des productibles estimés maximum de 100 à 600 GWh sur les secteurs amont du bassin ; la plaine ayant globalement des productibles estimés de 5 à 50 Gwh par zone géographique.

Figure 77 : Evaluation du productible potentiel théorique hydroélectrique de la région Languedoc Roussillon par zone hydrographique – Zoom sur les Gardons



- Le productible a été évalué pour les cours d'eau ayant un module supérieur ou égal à 0,2 m³/s.
- Le productible représenté par zone hydrographique est issu d'une somme des productibles des cours d'eau appartenant à la même zone hydrographique.

Cartes issues de l'étude sur le potentiel hydroélectrique en région Languedoc Roussillon

Ces données considèrent la production générée par l'exploitation fictive de l'ensemble du tronçon. Elles sont donc largement surévaluée par rapport à la réalité.

RAPPEL DES POTENTIELS EXISTANTS, DE SURÉQUIPEMENT, ET DE PROJETS

D'après l'étude sur le potentiel hydro-électrique de la région Languedoc-Roussillon, les potentiels du bassin sont les suivants :

- ➔ il existe une seule station d'une puissance de 30 kW.
- ➔ Les projets représentent 726 MW ¹⁹
- ➔ Soit un total d'environ 726 MW.

¹⁹ Ces ordres de grandeurs sont surprenants ; néanmoins compte tenu de la confidentialité des données liées aux industriels, il est impossible d'en savoir plus sur ces projets.

POTENTIEL RÉSIDUEL

Dans le cadre de l'étude portée par l'Agence de l'eau et l'ADEME à l'échelle du bassin Rhône Méditerranée Corse, les données brutes des potentiels résiduels des sous-secteurs nous ont été transmises. Comme précisé précédemment, le bassin versant des Gardons équivaut au sous-secteur Gard indexé V71 et appartenant à la commission géographique Ardèche Gard.

Sur ce secteur, les potentiels théoriques résiduels issus de cette étude sont les suivants :

Tableau 110 : Potentiels théoriques résiduels

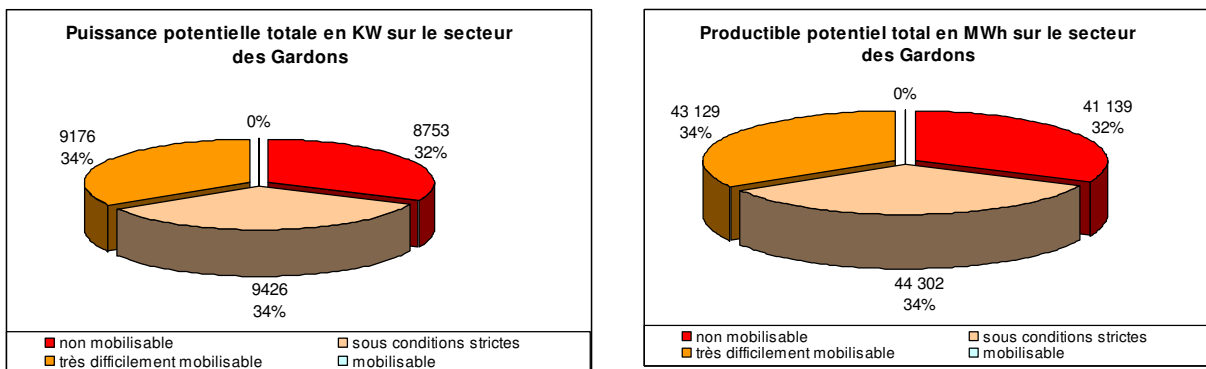
Sous secteur	Catégorie environnementale	Puissance (kW)	Productibilité (GWh)
Le Gard	Non mobilisable	8 753	41
Le Gard	très difficilement mobilisable	9 176	44
Le Gard	sous conditions strictes	9 426	44
Le Gard	Mobilisable	0	0
Total		27 355	129

On aurait ainsi un potentiel résiduel de 27 MW sur l'ensemble du bassin. Sur ces 27 MW, on constate que :

- ➔ environ 1/3 du potentiel résiduel serait situé sur les tronçons non mobilisables et donc ne pourraient pas être exploités.
- ➔ 1/3 se situe sur des secteurs difficilement mobilisables.
- ➔ 1/3 se situe sur des secteurs mobilisables sous conditions strictes. Ce dernier 1/3 pourrait éventuellement être approfondi pour déterminer si une valorisation de ces secteurs peut-être envisagée.

Les graphiques suivants montrent les puissances potentielles et productibles potentiels par catégorie sur le secteur des Gardons.

Figure 78 : puissances potentielles et productibles potentiels par catégorie sur le secteur des Gardons.



Parmi les potentiels résiduels identifiés, aucun n'est directement mobilisable. Tous sont situés dans des secteurs mobilisables très difficilement, sous conditions strictes, voire non mobilisables.

A.IV.3 STRATÉGIE GAGNANT-GAGNANT DES POTENTIELS HYDROÉLECTRIQUE

Dans le cadre de l'étude DREAL sur le potentiel hydroélectrique en Languedoc-Roussillon, une étude a été réalisée afin de mettre en place une stratégie gagnant-gagnant pour la micro-électricité.

OBJECTIFS

Cette analyse s'est intéressée aux basses chutes non équipées dont le potentiel hydroélectrique est inférieur à environ 500 kW. Elle avait pour objectif de recenser les sites qui pourraient conjuguer la réalisation d'un équipement hydroélectrique et les possibilités d'amélioration de continuité écologique (montaison, dévalaison, transports solides...).

Les ouvrages hydroélectriques déjà existants étaient considérés pour faire l'objet de sur-équipement y compris dans un secteur géographique où le potentiel hydroélectrique n'est pas (ou plus) mobilisable (dans le cas d'un nouvel ouvrage).

D'autre part, un ouvrage existant à vocation autre qu'électrique pouvait être équipé en hydroélectricité du moment que les caractéristiques de l'ouvrage ne sont pas modifiées (hauteur,...).

CHOIX DES SEUILS ÉTUDIÉS

Les critères de sélection suivants étaient appliqués pour le choix des seuils à étudier :

- ➔ **Le seuil existant ne doit pas être déjà équipé d'un point de vue hydroélectrique** (aucune donnée sur l'optimisation n'ayant été fournie par les producteurs à l'échelle de la centrale),
- ➔ **La hauteur de chute doit être approximativement comprise entre 2 et 5 m** ; en deçà, la chute risque d'être noyée la plupart du temps, au delà la mise en place de la passe à poissons est difficile ;
- ➔ **L'ouvrage ne doit pas faire partie du Lot 1 des ouvrages dits « Grenelle »** pour lesquels la continuité écologique devra être assurée avant 2012 (en revanche, les ouvrages du Lot 2 pour lesquels la continuité écologique doit être étudiée avant 2012 ont été privilégiés autant que faire se peut).

Aucun filtre n'a été appliqué sur la présence ou non d'une passe à poissons, l'information de la base « Obstacles » étant trop lacunaire.

Enfin, compte tenu des gammes des hauteurs de chutes étudiées (2 à 5 m), il a été décidé de retenir des tronçons de cours d'eau dont les modules étaient supérieurs à 5 m³/s environ afin d'assurer des puissances minimales de l'ordre de d'une centaine de kW.

Sur les Gardons, les paramètres limitants étaient notamment liés à la double condition « hauteurs de chutes » et « modules ».

Au regard de ces critères, les Gardons n'ont pas été sélectionnés parmi les cours d'eau sur lesquels une stratégie gagnant-gagnant pouvait être mise en place.

A.IV.4 CONCLUSION SUR LE POTENTIEL HYDROÉLECTRIQUE

En conclusion, les enjeux environnementaux ainsi que l'hydrologie particulière des Gardons réduisent considérablement les potentiels mobilisables.

- ➔ Tout d'abord sur le plan morphologique, le potentiel hydroélectrique est en corrélation étroite avec la pente et le débit des cours d'eau. Sur le bassin versant, ces deux paramètres sont insuffisants. En effet, la **pente des cours d'eau** se situe principalement entre 0 et 1%. Les **débits des cours d'eau** sont également faibles.
- ➔ Le bassin versant des Gardons est également concerné par de **nombreuses contraintes environnementales** qui entraînent des exigences conduisant à un potentiel hydroélectrique non mobilisable, ou très difficilement mobilisable ou sous conditions strictes sur des secteurs précis : cours d'eau classé en statut réservé à l'amont du bassin versant, cours d'eau classés à l'aval du bassin versant au titre de la présence de poissons migrateurs (alose, lamproie et anguille), Parc National des Cévennes, sites Natura 2000...

Néanmoins, quelques pistes sont à explorer dans le cadre des prochaines études :

- ➔ Bien que l'étude sur les seuils réalisée dans le cadre de la stratégie gagnant-gagnant de la DREAL n'ait pas retenu le secteur des Gardons, il serait utile de valoriser **la future étude sur les seuils prévue sur le bassin**. Dans le cadre de cette étude, il serait intéressant d'étudier au cas par cas le potentiel (hauteur de chute et débit) des seuils qui seront définis comme stratégiques. En effet, la législation autorise l'équipement des seuils existants. Cette stratégie pourrait être notamment couplée avec la mise en place de passes à poissons.
- ➔ Il existe deux barrages (Sainte-Cécile d'Andorge et barrage des Cambous) qui ne sont pas équipés de centrales. Compte tenu des puissances potentielles situées entre 350 et 400kW sur ces barrages, des études plus approfondies pourraient être lancées pour analyser l'opportunité de les équiper.

Concernant le **potentiel résiduel**, compte tenu du contexte environnemental et des problématiques de continuité écologique, il n'est pas prioritaire à étudier.

A noter que les études ayant servi de support à cette analyse ont parfois des ordres de grandeurs surprenants (notamment pour les 10 potentiels projets à mettre en œuvre sur le secteur des Gardons susceptibles d'apporter environ 730 MW). Compte tenu de la confidentialité des données, il est impossible d'en savoir plus sur ces projets. En conclusion, il semble qu'il faille considérer ces résultats avec précaution et s'affranchir de ces estimations compte tenu du fait qu'elles concernent des secteurs difficilement mobilisables.

Réalisé en collaboration avec



Les études de la révision du SAGE ont bénéficié du soutien financier de :

